

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт Дальнего Востока Российской академии наук

Ю. Д. Денисов

Японские прогнозы мирового инновационного развития

Москва
ИДВ РАН
2013

УДК 338/339(100):005.521
ББК 65.5
Д 33

*Рекомендовано к печати
Ученым советом ИДВ РАН*

Рецензенты:

д.э.н. О. Г. Голиченко, О. И. Казаков
Ответственный редактор В. М. Кудров

Д 33 Денисов Ю.Д. **Японские прогнозы мирового инновационного развития.** — М.: ИДВ РАН, 2013. — 96 с.

ISBN 978-5-8381-0234-8

Работа посвящена анализу японских прогнозов мирового инновационного развития, опубликованных в Японии в период 1982–2010 гг., а также методическим особенностям их разработки. Подробно излагается содержание проанализированной японскими экспертами научно-технической тематики, приведены оценки ее актуальности и вероятные сроки технической и производственной реализации. Дается характеристика организационных основ подготовки прогнозов, рассмотрено применение дельфийского метода в экспертных процедурах, описана обработка результатов анкетирования экспертов. Приведено содержание сформулированных японскими специалистами главных инновационных направлений, позиции Японии на этих направлениях сравниваются с позициями США и западноевропейских стран.

Работа должна представить интерес для разработчиков отечественной научно-технической и инновационной политики. Знакомство с материалами японских прогнозов инновационного развития может принести пользу при определении приоритетов как для отечественной научно-технической сферы, так и для социально-экономического развития страны. Полезной окажется монография для японоведов, изучающих проблемы и перспективы экономического развития Японии, а также для всех интересующихся вопросами развития инновационной политики.

ISBN 978-5-8381-0234-8

УДК 338/339(100):005.521
ББК 65.5

© Денисов Ю.Д., 2013
© ИДВ РАН, 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
ГЛАВА 1. Приоритеты развития японского общества и место прогнозов в их реализации.	7
1.1. Формирование общенациональных приоритетов японского общества	7
1.2. Система построения японских прогнозов инновационного развития	16
ГЛАВА 2. Прогноз Управления экономического планирования	22
2.1. Технологии, «приводящие в движение экономику»	22
2.2. Матрица «техника — технологии»	40
ГЛАВА 3. Прогнозы учреждений, ответственных за научно-техническую политику	44
3.1. Прогнозы Управления по науке и технике (до 2001 г.)	45
3.2. Прогнозы Министерства образования и науки (с 2001 г.) ..	60
Заключение	94

ВВЕДЕНИЕ

Жизнь современного общества теснейшим образом связана с энергично развивающимся инновационным процессом. Последний, как известно, основывается на непрерывном производстве и использовании нового знания, которое создается огромным контингентом высококвалифицированных специалистов во всех развитых странах мира. Инновации радикально преобразуют экономику, приближая производственный аппарат к уровню научных лабораторий и интеллектуализируя трудовую деятельность, формируют более безопасную и комфортную техносферу, способствуют сохранению природы и здоровья людей. В связи с этим роль науки как источника инноваций чрезвычайно возрастает, а проблема эффективного управления инновационным процессом становится особенно актуальной.

В настоящее время в инновационный процесс вовлечены ресурсы беспрецедентно крупных масштабов: так, только на научные исследования и разработки в мире ежегодно затрачивается около 1 трлн долл. Хорошо понимая, что передовые технологии являются основой эффективности социально-экономического развития, и правительства, и предприниматели высокоразвитых стран стремятся укреплять финансовую, кадровую и материальную базу науки. Не меньшее внимание уделяется производственной сфере, особенно энергосбережению, а также распространению высокоточных и малоотходных технологий. Одновременно совершенствуются методы контроля качества, принимаются меры по непрерывному обучению персонала и повышению его квалификации.

Япония на протяжении многих десятилетий входит в число лидеров мирового инновационного процесса, практически во всех сферах ее социально-экономического развития активно используются наиболее эффективные достижения науки и инженерного искусства, и это позволяет не только снижать производственные издержки, но и регулярно предоставлять массовому потребителю

все новые виды товаров и услуг. Именно инновации оказываются самым убедительным ответом японцев на многие вызовы, периодически испытывающие на прочность как экономику Японии, так и ее социально-политические институты.

Экономический процесс в современной Японии находится в состоянии непрерывного и органичного сращивания с научно-исследовательским процессом. В послевоенный период японцам удалось ускоренно преодолеть технологическое отставание от Запада и в пределах выбранных приоритетов сформировать производственный аппарат, сопоставимый с зарубежным. Далее этот процесс развивался вширь, охватывая новые приоритеты, и вглубь, в сторону модернизации технологий, в том числе и приобретенных по импорту. Этому способствовали крупные сдвиги в промышленной структуре, обеспечившие ускоренное развитие наукоемких производств и переход к выпуску технически сложных, высокофункциональных изделий.

Характеризуя сегодняшнюю экономику как инновационную, пожалуй, следует подчеркивать не столько нацеленность экономической деятельности на реализацию новых идей — это было и в прежние времена. Самое главное, что к настоящему времени в высокоразвитых странах приобрел энергичное развитие встроенный в экономику механизм, способный эффективно генерировать широкий поток инноваций, порождаемый, с одной стороны, прогрессом науки и техники, а с другой — все более изощренными потребностями потребительской среды. Сформировался эффективно работающий комплекс, объединяющий производство знаний и предпринимательскую деятельность в единый, согласованный процесс, базирующийся на тщательно отбираемых приоритетах.

В Японии уделяется очень большое внимание анализу перспектив инновационного развития. С этой целью регулярно разрабатываются прогнозы, в которых оценивается целый ряд параметров будущих инноваций — их актуальность, сроки появления, трудности при их создании, их влияние на общество и другие важные аспекты инновационного процесса.

Самыми известными из японских прогнозных разработок являются прогнозы, подготовкой которых руководило Управление по науке и технике. Начиная с 1971 г. было выпущено 9 таких про-

гнозов. Седьмой, восьмой и девятый, вышедшие уже после упразднения Управления, были подготовлены под общим руководством Министерства образования (Монбукагакусё). Организация, которая непосредственно обеспечивает разработку прогноза, осталась прежней – это Национальный институт научно-технической политики, переподчиненный Министерству образования.

В основе составления прогноза лежит дельфийский метод – анкетный опрос большого числа специалистов (обычно свыше 2 тыс.) и последующее их ознакомление с полученными ответами. Далее проводится второй, заключительный, тур опроса. Ответы экспертов в обоих турах систематизируются и далее публикуются. Публикуется также обширный анализ материалов прогноза. Центральным пунктом является актуальность тематики, которая определялась экспертами. Другой параметр – вероятный срок решения проблемы. Впрочем, временной аспект прогнозирования является не самым главным, гораздо важнее то, что с помощью таких прогнозов можно достаточно обоснованно выявить приоритеты инновационного развития и определить конкретные трудности, стоящие на пути реализации каждого из приоритетных направлений и, более того, каждой темы, входящей в эти направления.

Разумеется, нельзя обойти вниманием и солидный прогноз Управления экономического планирования, выпущенный в 1990-е годы.

Настоящая монография посвящена анализу важнейших особенностей японской методологии прогнозирования мирового инновационного развития, а также приведены многочисленные примеры конкретных инноваций, ожидаемых в период до 2040 г. Ввиду значительно возросшей актуальности нанотехнологической тематики позиции Японии на этом направлении рассмотрены наиболее подробно. Особое внимание уделено методическим особенностям, которые было бы полезно учесть в случае использования японских прогнозов в качестве прототипа для проведения прогнозных работ применительно к задачам, связанным с отечественным инновационным развитием.

Глава 1

ПРИОРИТЕТЫ РАЗВИТИЯ ЯПОНСКОГО ОБЩЕСТВА И МЕСТО ПРОГНОЗОВ В ИХ РЕАЛИЗАЦИИ

1.1. Формирование общенациональных приоритетов японского общества

Большое внимание к выбору приоритетов национально-го развития является одной из важнейших особенностей послевоенного периода жизни Японии. Это существенно повышает эффективность японской экономики, помогая ей выходить из многих непростых ситуаций. Следует иметь в виду и такое фундаментальное условие развития страны, как отсутствие обременительных затрат на оборону, обусловленное прочным военно-политическим союзом с США. Это дает возможность практически не расходовать интеллектуальные ресурсы на военные исследования и разработки, а промышленный потенциал почти целиком сосредоточить на выпуске продукции гражданского назначения, что, таким образом, является базовым приоритетом инновационного развития Японии. В этих условиях реализация конкретных научных и производственных приоритетов, которые выбирают для себя компании сообразно своему профилю, существенно облегчается и становится особенно эффективной.

Осуществляя селективную стратегию научно-технического и промышленного развития и подкрепляя ее импортом зарубежных технологий, который не связан для нее с серьезными политическими или экономическими ограничениями, Япония еще в 1980-е годы вышла на позиции одного из лидеров мирового инновационного развития. Вместе с тем в наши дни, испытывая серьезнейшую конкуренцию со стороны не только высокоразвитых, но и ряда развивающихся стран, японские компании вынуждены с еще большим вниманием относиться к приоритетам своего ин-

новационного курса, что требует проявлять еще больше внимания к прогнозированию научно-технического развития и точности прогнозов.

Инновационный процесс, в его современном понимании, начинается со сферы науки, техники и технологий и завершается этапом товарного производства продукции для распространения в рыночной сфере. Фундамент послевоенного государственного управления инновационным развитием, т. е. формированием национальной инновационной системы, был заложен в Японии в 1950-е годы. В 1956 г. было учреждено Управление по науке и технике (Кагаку гидзюцу тэ), призванное координировать реализацию правительственных мер в области научно-технической политики. В 1959 г. был создан Совет по науке и технике (Кагаку гидзюцу кайги) во главе с премьер-министром, предназначенный для построения базовых принципов национальной научно-технической политики и ее оперативной корректировки в соответствии с меняющимися условиями. В январе 2001 г. его преобразовали в Совет по научно-технической политике (Сого кагаку гидзюцу кайги), одновременно было упразднено Управление по науке и технике, а его функции перешли к новому правительственному органу, созданному на базе Министерства образования (Монбусё) — к Министерству образования, культуры, спорта, науки и технологий (Монбукагакусё).

Основными документами, которые вырабатывает Совет, являются рекомендации по запросам премьер-министра, инициативные рекомендации и доклады комитетов и комиссий. Так, в рекомендациях, подготовленных по запросу премьер-министра в октябре 1960 г., была сформулирована стратегически важная задача: самым серьезным образом форсировать национальные НИОКР и подготовку национальных научно-исследовательских кадров, чтобы как можно быстрее преодолеть отставание японской науки от мирового уровня. В инициативных рекомендациях Совета, датированных августом 1966 г., была подчеркнута необходимость более энергичной поддержки фундаментальных исследований и оригинальных разработок. Предлагалось активно внедрять долгосрочное планирование НИОКР и стимулировать их развитие в частном секторе. Следует отметить, что одновременно была поставлена задача преодоления зависимости от зарубежных технологий,

сложившейся за предыдущие 20 лет, которая вскоре была успешно выполнена. Отношение суммы ежегодных платежей за лицензии к суммарным годовым расходам на собственные НИОКР к концу 1970-х годов снизилось до уровня западноевропейских стран.

Следующие рекомендации Совета, подготовленные в 1970-е годы, выдвигали задачу обеспечить формирование высокоразвитой, основанной на передовых технологиях энергосберегающей технологической структуры производства, способной успешно реагировать на самые сложные изменения экономических условий. В них также подчеркивалась необходимость особого внимания к проблемам окружающей среды, а также к обеспечению гармонии между наукой и техникой, с одной стороны, и человеком и обществом — с другой. С целью повышения творческого потенциала рекомендовалось расширять международную научно-техническую кооперацию.

Особую значимость имели рекомендации 1984 г., в которых была поставлена задача — сделать основой экономического могущества Японии ее собственный научно-технический потенциал. Она была обусловлена тем, что зарубежные компании, видя в Японии серьезнейшего конкурента, сопровождали продажу патентов и лицензий, относящихся к области высоких технологий, жесткими условиями и ограничениями как по объемам продукции, так и по географии ее последующего сбыта.

В 1985 г. Совет, как бы подытоживая и обобщая свои предыдущие рекомендации, выступил с программным документом «Основы научно-технической политики», который в своем переработанном и дополненном издании (1992 г.) очерчивал главные направления развития японской науки до конца столетия. Были выделены следующие семь направлений:

- обеспечение гармонии в системе «наука и техника — человек и общество»;
- поддержка занятых в сфере науки и техники;
- увеличение расходов на НИОКР;
- развитие научно-исследовательской инфраструктуры;
- стимулирование оригинального мышления и творчества исследователей;
- интенсификация международной научно-технической деятельности;

▪ содействие научно-техническому развитию периферийных районов Японии¹.

Важнейшим официальным документом, в котором были сконцентрированы организационные принципы научно-технической деятельности в современных условиях, стал Базовый закон о науке, технике и технологиях, вступивший в силу 15 ноября 1995 г.² Он констатировал, что наука, техника и технологии формируют основы развития как японского общества, так и человечества в целом, и главная задача состоит в том, чтобы обеспечить более сбалансированное взаимодействие между различными направлениями НИР, а также тесное сотрудничество между участниками исследовательского процесса. Закон потребовал, чтобы и государственные органы, и общество в целом постоянно проводили эту идею в жизнь. Он предписывал обеспечивать тесную кооперацию между государственными НИИ, вузами и частным сектором, а также указал на обязательность поддержки и поощрения инициатив частного сектора при организации и проведении НИР.

Закон устанавливал, что основные положения государственной научно-технической политики должны систематически корректироваться и находить свое отражение в пятилетних базовых планах научно-технического развития, утверждаемых правительством после согласования с Советом по научно-технической политике. (С 1 апреля 2011 г. в Японии действует четвертый Базовый план на период 2011–2015 гг.)

В законе были отражены практически все факторы, на которых основывается современный научно-исследовательский процесс, указано, что они должны быть в центре внимания государственных структур и общества в целом, подчеркнута необходимость существенно повысить общественный интерес к науке и ее результатам.

Чтобы поддерживать интерес граждан к научно-технической деятельности как к важному и престижному виду творчества, правительство Японии уделяет большое внимание пропаганде научного знания, разъяснению его значения для жизни и благополучия общества. Начиная с 1999 г. издается специальный вариант «Белой книги по науке и технике» для школьников и студентов, распространяемый через учебные заведения, префектуральные органы образования, библиотеки и музеи. На промышленных и технических выставках создаются стенды, ориентированные спе-

циально на школьников и молодежь. Регулярно разрабатываются и публикуются прогнозы развития мировой науки и техники с оценками их влияния на общество.

Государство в Японии исходит из ясного понимания того, что наука и техника обеспечивают основы будущего развития страны. Закрепив этот тезис в Основном законе о науке, технике и технологиях, оно придало научно-технической деятельности высокий общественный статус и реализует широкую программу ее активизации.

Крупный вклад в организацию этой деятельности вносит Совет по научно-технической политике, возглавляемый премьер-министром Японии. Совет вырабатывает рекомендации по конкретным запросам премьер-министра и инициативные рекомендации, а его подкомитеты и комиссии готовят доклады по важнейшим вопросам научно-технической политики. Одним из центральных направлений деятельности Совета является выбор и корректировка приоритетов инновационного развития.

В результате анализа общемировых тенденций и социально-экономических задач, стоящих перед японским обществом, Совет в 2001 г. сформулировал основы национальной стратегии в области научно-технического развития³. В ее основе — придание ранга базового национального приоритета фундаментальным исследованиям и выделение двух крупномасштабных приоритетных областей. Первая из этих областей, непосредственно примыкающая к сфере фундаментальных исследований, включает в себя науки о жизни, информатику и телекоммуникации, нанотехнологии и материалы, экологию. Вторая область, преимущественно прикладной ориентации, представлена такими разделами, как энергетика и ресурсы, промышленные технологии, производственная и социальная инфраструктура, Земля и космос.

Представляет определенный интерес перечень приоритетов, составленный экс-премьером Я. Накасонэ и названный им «Важные задачи японской науки на XXI век». Приведем его полностью, сопроводив краткими пояснениями⁴.

1. Раскрытие причины болезни Альцгеймера и других серьезных заболеваний и их лечение (проблема обостряется старением населения Японии и требует более активного, чем теперь, изучения механизмов защиты головного мозга).

2. Разработка компьютера с функциями искусственного интеллекта (решение этой проблемы привело бы к созданию самообучающихся компьютеров, способных к творческой деятельности).

3. Раскрытие секретов духовного мира человека (ставится задача определить структуру и функции элементов и систем организма, ответственных за процесс духовной деятельности).

4. Лечение раковых заболеваний (главная ориентация на создание новых медицинских препаратов и индивидуальных методов профилактики, основанных на генной информации).

5. Практическая реализация идеи репродуктивного лечения (воспроизведение тканей и органов с их последующей пересадкой и гарантией их неотторжения).

6. Прорывы в области производства материалов (освоение методов атомной и молекулярной инженерии материалов с принципиально новыми свойствами).

7. Широкое распространение роботов в повседневной жизни (главные проблемы их создания — снижение стоимости, повышение надежности и обеспечение безопасной работы).

8. Дальнейшее форсирование информации и создание систем автоматического перевода (необходимо добиться, чтобы компьютер понимал человеческую речь в целях ее перевода на другие языки или для передачи устных команд оператора различным техническим объектам).

9. Разработка быстродействующих компьютерных технологий (повышение быстродействия суперкомпьютеров на 3 порядка в сравнении с их современными моделями).

10. Прогнозирование погоды в глобальных масштабах и управление климатом (долгосрочные прогнозы погоды и ее целенаправленное изменение для любого конкретного региона, а также предотвращение целого ряда стихийных бедствий).

11. Переход к новому этапу исследования Земли и Мирового океана (в результате чего должны быть открыты новые месторождения природных ресурсов, в частности и на территории Японии).

12. Космические исследования с широким использованием международного сотрудничества (полеты человека к Марсу и исследование мирового пространства за пределами Солнечной системы с целью получения новых знаний о Вселенной).

Перечисленные задачи связаны с созданием качественно нового образа жизни человека путем мобилизации его биологических возможностей и конструирования технических систем, соответствующих его возрастающему интеллектуальному потенциалу.

В отдельную задачу выделена разработка новых материалов. Действительно, это важнейшее условие решения всех остальных задач, ключ к созданию новых элементов техносферы и тем самым к более полному использованию ресурсов и более эффективному управлению природными процессами.

В приведенном перечне отсутствуют задачи чисто производственного плана, решение которых имело бы своим главным итогом снижение трудозатрат, повышение выработки на одного занятого, улучшение качества и т. п. В этом нет ничего удивительного, поскольку в Японии они уже с давних пор повседневно решаются на основе внутрифирменных и общегосударственных усилий, направленных на совершенствование производственных технологий.

Обеспечив себе прочные технологические и организационные позиции, японцы могут ставить перед собой грандиозные задачи, выходящие на общецивилизационные масштабы.

Представляется, что наиболее многоаспектный подход при постановке приоритетных общенациональных целей проявил в своих работах японский Национальный институт научно-технической политики⁵:

1. Продолжать лидировать в науке, технике и технологиях, т. е. добиваться здесь серьезных успехов, демонстрировать эти достижения всему миру и передавать свой опыт другим странам, являясь тем самым активным участником общецивилизационного процесса.

2. Вносить существенный вклад в познание неизученных научных областей и создание принципиально новых технологий. Для этого активно развивать и проявлять креативность, формировать модели будущего общества, наполненного новыми достижениями науки и техники. Это должно способствовать созданию положительного эмоционального настроения как в самой Японии, так и за ее пределами.

3. Активно участвовать в решении глобальных проблем. Особое внимание при этом уделять направлениям, обеспечивающим сохранение окружающей среды, продовольственную безопас-

ность, устранение последствий природных катаклизмов, включив в приоритеты и гуманитарную сферу.

4. Обеспечивать высокую международную конкурентоспособность благодаря непрерывному созданию новых производств. Для этого расширять применение самых совершенных производственных технологий и создавать условия для разработки «прорывных» технологий, осуществлять политику энергосбережения, соблюдать и использовать международные стандарты. Повышать квалификацию работников, создавать системы их подготовки и переподготовки по новым специальностям. Учитывать индивидуализацию потребительского спроса, помогать стартующим компаниям в освоении тактики, связанной с риском.

5. Формировать основы устойчивой социальной системы. Повысить внимание к участию в глобальных процессах производств, сосредоточенных в регионах, поддерживать участие городов в развитии регионов, улучшать качество жилищных условий. Обеспечивать рациональное распределение воды, пищи и энергии. Развивать отрасли, активно утилизирующие ранее произведенную продукцию по истечению ее срока службы. Создавать хорошие условия для иностранных работников. Активно поддерживая национальную культуру и традиции, проявлять благоприятное отношение к другим религиям и культурам.

6. Осуществлять оперативное реагирование на изменения в возрастной и социальной структурах населения. Для этого сформировать системы подготовки и переподготовки по новым специальностям, организовать гибкую систему найма с учетом процессов миграции персонала. Полнее использовать способности пожилых работников.

7. Обеспечивать мирные, спокойные и безопасные условия жизнедеятельности. В этих целях активно способствовать предотвращению войн, преступлений, актов терроризма. Создавать безопасные транспортные системы и сводить к минимуму последствия аварий. Анализировать перспективы науки, техники и технологий, выявлять и показывать оптимальные пути их развития и практического использования.

8. Предотвращать стихийные бедствия и минимизировать их последствия. Не допускать серьезных последствий природных и иных катастроф, повысить точность их прогнозирования.

Оперативно и эффективно реагировать на чрезвычайные происшествия.

9. Обеспечивать здоровые условия жизни общества. Создавать и использовать новые медицинские технологии. Для каждого индивидуума сделать доступной информацию о состоянии его здоровья и способах лечения. Оказывать поддержку всем, кто самостоятельно укрепляет свое здоровье, и реализовывать концепцию активного долголетия.

10. Создавать максимально благоприятные условия для расширения индивидуальных возможностей членов общества. Исключить беспокойство по поводу занятости и получения средств к жизни как у молодежи, так и у пожилых. Уравнять в возможностях мужчин и женщин. Создать условия для максимального проявления индивидуальных способностей, в том числе для инвалидов и престарелых. Понижать стоимость жизни и одновременно улучшать бытовые условия.

11. Обеспечить благоприятные условия для самовыражения и взаимопомощи в быту и общественной сфере. Создавать условия для поддержки и развития взаимного партнерства, сочетания личных интересов с общественными, способствуя этим повышению удовлетворенности своими достижениями. Поддерживать в обществе интерес к жизни и активной деятельности. Способствовать свободному и независимому развитию детей и молодежи.

12. Создать систему непрерывного и целенаправленного обучения. Разработать новые, в том числе индивидуальные, методы обучения, развивающие интеллект обучаемых и делающие процесс обучения более интересным. Привести программы обучения в соответствие с международными стандартами. Обеспечивать развитие общества на основе научных взглядов на мир.

Этот комплекс базовых национальных приоритетов, как видно из их содержания, опирающихся главным образом на социально-экономические цели развития японского общества, является также основой для приоритетов инновационного развития японского общества. Причем нетрудно заметить, что почти все перечисленные цели могут быть успешно достигнуты лишь при опоре на науку и новые технологии, на наиболее весомые достижения в этих сферах.

1.2. Система построения японских прогнозов инновационного развития

В настоящее время во всех развитых странах как на предпринимательском, так и на государственном уровнях самые серьезные усилия направляются на то, чтобы повысить достоверность оценки перспектив развития, грамотно взвесить риски, определить масштабы и источники необходимых ресурсов, другими словами — выработать наиболее эффективную стратегию действий по реализации выбранных приоритетов. Поэтому повсеместно наблюдается энергичный рост интереса к современным методам прогнозирования, являющимся, как показывает практика, высокоэффективным инструментом «предвидения» оптимального образа действий, который с высокой степенью вероятности ведет к желаемым результатам.

Лидером в применении и развитии этих методов является Япония. Прогнозы мирового научно-технического и инновационного развития разрабатываются здесь с 1971 г., имеют 30-летний горизонт прогнозирования и разрабатываются с периодичностью в 5 лет. Они играют весьма существенную роль в социально-экономическом развитии страны. Содержащуюся в них информацию активно использует в своих целях предпринимательский сектор, особенно мелкие и средние фирмы, не имеющие высокоразвитых аналитических подразделений. Из нее он извлекает данные, характеризующие актуальность новейших научно-технических тем и направлений, возможные сроки и пути их практической реализации. Изучение этих прогнозов позволяет предпринимателям заблаговременно планировать развитие своей деятельности, создавать новые производства, устанавливать партнерские связи и т.д. В то же время прогнозы исключительно важны для тех, кто формирует научную и техническую политику на общенациональном уровне, поскольку включают в себя оценки, касающиеся ресурсного и организационного обеспечения каждого из прогнозируемых направлений.

Следует обратить внимание на то, что в заглавии последних прогнозов в их англоязычном варианте вместо слова *«forecast»*, т.е. прогноз, фигурирует термин *«foresight»*, в переводе с английского — предвидение. Правда, в заглавии к японскому тексту исполь-

зуется, как и во всех предыдущих изданиях, термин *«ёсоку»*, т.е. прогноз, предвидение. Имея в виду, что слово «прогноз» пришло из греческого языка и означает «предвидение», «предсказание», нетрудно заключить, что все указанные выше термины характеризуют, по сути, одно и то же явление, один и тот же процесс, а именно — стремление заглянуть в будущее, осуществить предвидение. Следует отметить, что сегодняшний уровень прогнозирования благодаря применению экспертных оценок, выполняемых по целому ряду параметров, обеспечивают и науку, и производственную сферу исключительно важной информацией.

Для работы над каждым очередным прогнозом создается руководящий комитет, который осуществляет организационные и методические функции, составляя, в частности, перечень тематических разделов прогноза. В комитет обычно входит не менее 20 человек: руководители известных научных центров, главы промышленных компаний, президенты и профессора университетов. Работы, отвечающие профилю каждого тематического раздела, проводятся в тематических секциях, каждую из которых возглавляет один из членов комитета. Здесь, в секциях, формируется перечень конкретных научных, инженерных и организационно-технических проблем, относящихся по своей тематике к данному разделу. В состав секций входит до 15 человек, это также видные специалисты в областях и дисциплинах, закрепленных за данной секцией.

Работа секции начинается с формирования перечня конкретных проблем, в содержании которых отражается состояние на переднем крае мирового инновационного развития. Очень важно выбрать именно те проблемы, решение которых имело бы в перспективе самое серьезное влияние на общество.

Эти перечни, распределенные по тематике секций, поступают затем к независимым экспертам, работающим в соответствующих секциях, и оцениваются ими по целому ряду позиций, среди которых всегда фигурируют:

- актуальность данной проблемы для Японии (высокая, средняя, низкая, нулевая);
- предполагаемые сроки ее решения (указываются пятилетние интервалы времени в пределах 30-летнего периода);

▪ сектор, обеспечивающий базовую поддержку работ по проблеме (компания, государство, вузы, их совместное участие).

Кроме того, от прогноза к прогнозу варьировались и такие позиции:

- ожидаемые последствия практической реализации работ;
- желательные формы государственной поддержки;
- препятствия на пути реализации (технические, экономические, социальные, этические);
- страны, лидирующие в работах по данной тематике;
- целесообразность сотрудничества с зарубежными странами.

Безусловно, самой важной оценкой является актуальность проблемы – от нее зависит приоритетность соответствующих ей работ и их ресурсное обеспечение. Весьма интересна также оценка предполагаемых сроков ее решения. Вместе с тем важны и многие другие оценки, поскольку они характеризуют ее социально-экономические последствия, трудности на пути реализации, важность той или иной формы кооперации между исполнителями работ.

Все эти оценки выявляются после обработки анкет, полученных от экспертов. В бланке анкеты, которую получает каждый эксперт, он должен проставить символы, свидетельствующие о его согласии с теми или иными утверждениями, характеризующими проблему. Поскольку все теоретически возможные варианты ответов в бланке уже присутствуют, работа эксперта в техническом плане достаточно проста: из представленных вариантов ответов нужно выбрать тот, с которым он согласен. Однако в интеллектуальном плане эта работа является довольно сложной и напряженной, требующей не только мобилизовать имеющиеся знания и опыт, но в ряде случаев привлечь и дополнительные материалы.

В работе над прогнозом используется дельфийский метод, т. е. осуществляемое в два тура анкетирование большого числа экспертов (от 2 тыс. до 3 тыс. человек). Обработанные в секциях результаты 1-го тура направляются тем же экспертам для повторного рассмотрения, причем им предлагается скорректировать свои оценки с учетом мнения других экспертов. Итоги 2-го тура вновь анализируются и обобщаются в секциях, после чего формируется сводный материал, отражающий результаты, полученные во всех секциях, т. е. по всем тематическим разделам прогноза. Далее прогноз иллюстрируется диаграммами и таблицами и публикуется.

Важной особенностью указанной методики прогнозирования является то, что на начальном этапе своей работы эксперты должны охарактеризовать уровень собственной компетентности по каждой обследуемой проблеме. Если эксперт не может уверенно оценить ту или иную проблему, он указывает, что в данном случае степень его компетентности нулевая. Мнение таких респондентов не учитывается, и окончательная оценка проблемы основывается на анализе, выполненном экспертами, заявившими, что по данной проблеме их компетентность высокая, средняя или хотя бы невысокая. В отдельную строку выделяется оценка тех экспертов, уровень компетентности которых характеризуется как высокий (профессиональный). Профессионалы, по-видимому, лучше представляют себе научные и технические трудности при реализации проблемы, а соответственно и сроки реализации, однако, как правило, проявляют склонность завышать уровень ее актуальности. Это, видимо, связано с тем, что они сами принимают активное участие в работах, относящихся к данной проблеме.

Начиная с четвертого прогноза (1987 г.), в несколько сокращенном виде эти работы издаются также на английском языке, а восьмой (2005 г.) и девятый (2010 г.) выложены в Интернете на сайте института NISTEP как на японском, так и на английском языке.

Ниже указано, сколько проблем обсуждалось в каждом из прогнозов и сколько экспертов участвовало во 2-м туре их обсуждения.

Прогнозы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Количество проблем	644	656	880	1071	1149	1072	1065	858	832
Число экспертов во 2-м туре	2482	1316	1727	2007	2385	3586	3809	2659	2900

Среди работ, в которых прогнозируются важнейшие инновационные сдвиги в «техносфере», особое место занимает исследование, выполненное в конце 1990-х годов под руководством японского Управления экономического планирования группой экспертов из ведущих промышленных корпораций, университетов и исследовательских центров. Перед экспертами была поставлена задача: опираясь на оценки мирового инновационного процесса,

которые содержатся в исследованиях последнего времени, спрогнозировать, какие инновации в обозримом будущем, и в первую очередь к 2010 г., станут главным двигателем экономического прогресса, и охарактеризовать условия, обеспечивающие успех их коммерциализации.

Подготовленный экспертами перечень в итоге включил в себя 101 инновацию: микроэлектронные компоненты, компьютеры, системы связи, базы данных, производственное оборудование, материалы, установки для охраны окружающей среды, энергетическую и транспортную технику, строительные сооружения, лекарственные препараты и др. Далее, для каждой инновации был определен широкий набор параметров, характеризующих ее развитие «от идеи до воплощения». Количественно оценивалась стадия, на которой находятся исследования и разработки: фиксировалось, какая часть от общего объема работ может считаться выполненной. Сравнивались уровни, достигнутые на этапе исследований и разработок в Японии, США и Европе.

По ряду направлений были проанализированы условия, в которых будет происходить инновационный процесс: уровень финансового и кадрового обеспечения исследований и разработок; число патентов и диссертаций по данной проблематике; размеры направляемых на соответствующие работы субсидий и дотаций. По трехбалльной шкале оценивался прирост этих параметров в последние годы (низкий, средний, высокий). Аналогичным образом оценивался уровень значимости для успеха коммерциализации большой группы организационных, социальных и экономических факторов. Среди них — важность государственного участия и регулирования (помощь в финансировании исследований, подключение к ним государственных лабораторий, выработка новых юридических документов, заключение международных соглашений и др.), воздействие инноваций на окружающую среду, наличие соответствующей инфраструктуры, психологическая готовность общества к их ассимиляции. Определялось также, в какой мере на успех коммерциализации повлияют масштабы рынка и цена. Для каждой инновации был сформирован перечень ключевых технологий, т. е. теоретических основ и практических способов ее осуществления. Оценивались изменения в промышленной структуре, которые произойдут в результате коммерциализации инноваций.

Не было обойдено вниманием и влияние инноваций на природные и социальные процессы в глобальных масштабах. Конечно, в числе важнейших оценок — сроки начала коммерциализации и ожидаемые объемы их рынка (в ценах 1990 г.).

По мнению экспертов, к 2010 г. могло быть реализовано почти 2/3 итогового перечня инноваций. «Техносфера 2010 г.» должна быть обогащена 64 инновациями. Из них около 1/4 — многоотраслевого, универсального применения (элементы электронных изделий, компьютерная техника, материалы со специальными свойствами). Более половины инноваций обеспечит развитие инфраструктуры (связь, транспорт, гражданские строительные объекты). Остальное — это техника промышленного назначения (главным образом средства автоматизации и системы защиты окружающей среды).

Следующая глава посвящена этому прогнозу и его методическим особенностям.

-
1. Кагаку гидзюцу ёран. 1994. С. 107–111.
 2. Кагаку гидзюцу ёран. 1996. С. 111–123.
 3. White Paper on Science and Technology—2002. Tokyo. 2003. P. 288.
 4. *Накасонэ Я.* Государственная стратегия Японии в XXI веке. М., 2001. С. 256–262.
 5. Comprehensive Analysis of Science and Technology Benchmarking and Foresight // NISTEP Report № 99. Tokyo, 2005. P. 46–47.

ПРОГНОЗ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Чтобы получить представление о «техносфере 2010 г.», не обязательно знакомиться с каждой из 101 инноваций, описанных в прогнозе. Достаточно обратиться к той их части, которая ориентирована на многоотраслевое, универсальное использование. Причем и здесь целесообразно выделить те инновации, для которых был спрогнозирован наибольший годовой объем рынка — свыше 1 трлн иен. Если же к ним добавить такие крайне несомненные по общественному значению инновации, как новые средства производства, и привести несколько дополнительных иллюстративных примеров, то главные направления преобразований «техносферы» и их общий характер обнаружатся достаточно явно и определенно.

Представляет интерес рассмотреть с этих позиций ряд прогнозируемых инноваций подробнее, охарактеризовав их в научно-техническом, экономическом и общественном плане и сопоставив достигнутый к началу 1990-х годов уровень исследований и разработок в Японии, США и европейских странах¹.

2.1. Технологии, «приводящие в движение экономику»

Терабитные устройства оптической связи — это одновременно и самый «рыночный», и довольно близкий по срокам коммерциализации вид новой электронной (точнее, оптоэлектронной) продукции. Объем рынка — около 3 трлн иен/год, а появление продукта на рынке — до 2010 г. Во многих современных системах связи информация передается по оптическим волокнам, но при ее передаче и обработке используются электрические схемы, являющиеся своего рода «узким местом» этих систем. Как видим, скоро их можно будет заменить устройствами, действующими также на

оптоэлектронных принципах, в результате чего станет возможной передача движущихся цветных изображений, а цифровые информационные сети с комплексными услугами выйдут на уровень глобального применения. Япония лидирует по разработкам этих устройств, существенно опережая США и еще сильнее — страны Европы.

Устройства памяти терабитного класса. В отличие от «мегабитных» запоминающих устройств (в начале 1990-х годов на рынок начали поступать устройства емкостью 64 Мбит), их объем на 6 порядков выше. Традиционная кремниевая технология здесь неприемлема, необходим переход к сверхпроводящим материалам. Работы по данной тематике и в Японии, и в США находятся в самой начальной фазе. Условно, выполнено порядка 5 % от того, что должно быть сделано. Вряд ли эти устройства достигнут стадии коммерциализации до 2030 г. Но как только они появятся, радикально изменится вся техника электронных вычислений, систем хранения, ввода и передачи информации. Их рынок оценивается в 3 трлн иен/год. Главное, резко возрастут аналитические возможности всех видов информационно-вычислительной техники.

Так называемые *самовоспроизводящиеся кристаллы* (*дико дзосёку типпу*). Приходится начинать со слов «так называемые», чтобы предупредить о метафорическом характере данного термина. Кристаллы (или иначе, чипы) в действительности, естественно, не увеличиваются ни количественно, ни в геометрических размерах. Что тогда отличает их от обычных полупроводниковых кристаллов? Последние, как известно, работают по командам извне. Но «самовоспроизводящиеся кристаллы» обладают функцией самоорганизации и самоуправления, т. е. функция, которая должна быть выполнена кристаллом, и режим его работы определяются им же самим. Поскольку потребность в устройствах, способных выполнять аналитические и оценочные операции, вплоть до выработки суждений, чрезвычайно быстро возрастает, велики и масштабы рынка этих необычных кристаллов — порядка 3 трлн иен/год. Позиции японских и американских разработчиков очень близки, уровень европейских работ существенно ниже. Согласно прогнозу, их коммерциализация ожидается не ранее 2050 г.

Гораздо ближе указано время реализации для *суперинтеллектуальных кристаллов* — 2010 г. Хотя их разработки тоже только

начаты, ожидается, что особых проблем на пути к коммерциализации не возникнет. Уже сейчас создаются кристаллы, обладающие отдельными интеллектуальными функциями, такими, как распознавание речи, логические выводы, операции «нечеткой логики» и др. Суперинтеллектуальные кристаллы должны не только обладать одновременно всеми этими функциями, но и примерно на 10 порядков превосходить по всем рабочим параметрам современные полупроводниковые кристаллы. Эти чипы станут основой элементной базы средств искусственного интеллекта, и потому спрос на них будет весьма высоким и устойчивым — порядка 1 трлн иен/год.

Элементная база для оптических компьютеров, т.е. все, что обеспечивает обработку информации на основе оптических принципов, — это еще одна группа массовой продукции с годовым объемом рынка 1 трлн иен. Развитие этого направления связано со стремлением еще более повысить скорость вычислений. Прохождение сигналов по компонентам компьютерных систем может быть существенно ускорено, если это будут не электрические, а световые сигналы от лазерных излучений. Однако принципы действия этих компонентов, их устройство и методы производства предстоит еще детально разработать. Уровень, на котором находятся исследования и разработки в Японии и США, практически одинаков, в Европе он значительно ниже. До практической реализации довольно далеко: выполнено лишь порядка 5% от необходимого объема работ, закончены они будут не ранее 2020 г. Результатом станет появление качественно новых вычислительных систем, способных, например, к глобальному моделированию и высокоточному прогнозированию природных и экономических процессов.

Системы автоматического перевода также в перспективе станут массовым видом товарной продукции. Перевод специально упрощенных текстов уже не является проблемой, но в данном случае речь идет о переводе на профессиональном уровне — как письменном, так и устном. Технически задача состоит в создании высокоразвитой системы программного обеспечения, аппаратная же часть может конструироваться по-разному в зависимости от портативности исполнения. Пока не выполнена еще и пятая часть необходимых исследований и разработок, но их ход позволяет считать,

что к 2020 г. такие системы появятся на рынке с годовым объемом продаж порядка 1 трлн иен. Позиции Японии и США в данной области очень близки и намного более продвинуты, чем в Европе.

В условиях высоких темпов информатизации общества емкость запоминающих устройств является их важнейшим параметром. В настоящее время в качестве носителей информации используют главным образом магнитные диски. Но как показывают исследования, будущее за магнитооптическими дисками, у которых емкость памяти в миллиарды раз больше. Устройства памяти, использующие эти диски (оптические файлы), сейчас имеют емкость памяти до нескольких десятков гигабайт (т.е. исчисляются десятками миллиардов байт).

Терабайтные оптические файлы характеризуются в десятки раз большей емкостью: один такой магнитооптический диск содержит информацию объемом в триллионы байт. Причем, ее можно не только считывать, но и в любом месте диска стирать и записывать новую.

Предстоит выполнить еще весьма большой объем исследований и разработок — пройдена лишь десятая часть пути. Принимая уровень японских работ за 100%, американский и европейский уровни можно оценить соответственно в 50% и 10%. Широкомасштабная коммерциализация, согласно прогнозу, должна была начаться примерно в 2010 г.

Еще 3 вида электронной продукции, имеющей большие перспективы распространения: *суперпараллельный компьютер, биокомпьютер и нейрокомпьютер*. Производительность суперпараллельных компьютеров в десятки тысяч — сотни миллионов раз выше, чем у современных мощных ЭВМ. Для ее достижения радикально меняется компьютерная архитектура, обеспечивается максимальное распараллеливание обработки задач, вводимых в компьютер, и далее она решается сразу в множестве параллельных процессоров. Их число может достигать нескольких миллионов в одном компьютере. Появление таких машин — это крупный шаг к приближению возможностей ЭВМ к человеческим аналитическим возможностям. Рынок таких компьютеров, согласно прогнозу, должен был начать формироваться уже в 2010 г. Позиции Японии и США в их разработке примерно одинаковы, европейские страны далеко позади них.

Биокомпьютеры должны выйти на рынок электронной продукции в 2020 г., годовой объем их продаж не определен. Здесь позиции Японии, США и Европы пока практически одинаковы. Но разработки находятся в начальной фазе, выполнена лишь десятая часть необходимого объема. Еще не сформировался технический образ биокомпьютера, однако ясно, что он должен иметь очень высокую степень интеграции элементов и параллельную архитектуру. Главное, его функции должны осуществляться в режиме, характерном для человеческого мозга. Его прототипом станут, по видимому, отдельные компоненты нейронных компьютеров (нейрокомпьютеров), а основой элементной базы — биочипы на базе живых организмов.

Универсальные нейрокомпьютеры — это еще более далекая перспектива, они появятся, скорее всего, после 2030 г. Благодаря способности математически моделировать механизм передачи информации нервными клетками (нейронами) человеческого мозга нейрокомпьютер сможет обрабатывать информацию в режиме, подобном деятельности мозга.

В результате крупных успехов в изучении эффекта сверхпроводимости и многообещающих наблюдений этого эффекта даже в области обычных температур интенсифицируются исследования и разработки, направленные на создание принципиально новых микроэлектронных изделий — *сверхпроводящих устройств* (в их число, в частности, входят сверхпроводящие транзисторы, элементы с переходами Джозефсона, квантовые магнитные параметроны). Эти устройства привлекают к себе в первую очередь разработчиков сверхбыстродействующих компьютеров новых поколений, поскольку характеризуются чрезвычайно малым значением таких параметров, как потребляемая мощность и время переключения. Производство этих параметров у сверхпроводящих устройств на 10–12 порядков меньше, чем у современных интегральных схем. Ожидается, что их практическая реализация начнется примерно в 2020 г., а годовой объем рынка будет порядка 1 трлн иен. Выполнено лишь 10% необходимого объема исследований и разработок; Япония существенно опережает США, а в Европе делают лишь самые первые шаги.

До сих пор рассматривалась та часть будущих инноваций в области информатики и электроники, по которым Япония как

минимум не отстает от США, т. е. либо опережает, либо находится на том же уровне (в их числе можно еще упомянуть *биосенсоры*, правда, объем рынка этой продукции ожидается на порядок меньше, чем для изделий, которые рассматривались выше). Вместе с тем поскольку математическое обеспечение информатики традиционно исходит от американских разработчиков, то такие инновации, которые основываются на программном обеспечении высокого уровня, получают более сильное развитие не в Японии, а в США. Пропорция, в которой здесь соотносятся американский, японский и европейский уровни, составляет 3:2:1. Две такие системы, полномасштабная коммерциализация которых ожидается к 2020 г. при годовом объеме рынка порядка 1 трлн иен (для каждой), это *саморазмножающиеся базы данных* и *системы виртуальной реальности*.

Саморазмножающиеся базы данных (*дзико дзосё дэта бэсу*), в сущности, оправдывают свое название: эти системы действительно способны и к самостоятельному обновлению содержащихся в них данных, и к самообучению, т. е. к такому виду самоорганизации, когда вводимая в них новая информация автоматически перераспределяется по файлам, генерируя таким образом новые данные, которые в систему ранее не вводились. Конечно, для этого требуются и особого рода программное обеспечение, и высокоразвитая компьютерная техника. Значение таких систем исключительно велико: «половодье» информации будет, наконец, усмирено, жизненный процесс общества выйдет на качественно новый уровень организации.

Системы виртуальной реальности уже в наши дни находят практическое применение в авиационных тренажерах, в конструкторской деятельности, в аттракционах. Они создают эффект полного физического присутствия в той или иной заданной компьютером обстановке, которая адекватно изменяется в ответ на реакцию «присутствующего», все глубже вводя его в дальнейшее взаимодействие с системой. То, что он видит и слышит (экран и наушники вмонтированы в специальный шлем), воспринимается им как живая реальность, но на самом деле она искусственная, порожаемая компьютером. Возможно, что эти системы приобретут широкое распространение намного раньше 2020 г., и их рынок будет много больше, чем 1 трлн иен/год. Концепция подобных сис-

тем возникла еще в 1960-е годы, а к настоящему времени в связи с мощным развитием компьютерной техники и прогрессом в области создания высокоуровневого программного обеспечения они приобретают ориентацию и на массового пользователя.

Таким образом, в микроэлектронике, оптоэлектронике, биоэлектронике — как в элементной базе, так и в технике создания компьютеров — Япония, бесспорно, находится во главе мирового научно-технического прогресса. По ряду направлений она опережает и американских разработчиков, что весьма существенно: для нее наступило время, когда в основном можно рассчитывать только на себя и лишь на основе собственных достижений устанавливать взаимовыгодные контакты с зарубежными коллегами. Конечно, многие направления, о которых шла речь выше, еще только начинают развиваться, и преимущество над зарубежными разработчиками может, по сути, означать лишь то, что в Японии работы начаты несколько раньше. За время до коммерциализации, т.е. за 15–20–25 лет, позиции конкурирующих сторон могут и поменяться, тем более что аутсайдеры нередко оказываются в преимущественном положении в сравнении с лидерами. Однако отметим, что для сегодняшней Японии позиция аутсайдера чревата большим риском, чем позиция лидера.

Важно также подчеркнуть, что область, где Япония намеревается лидировать, выбрана, видимо, в результате очень хорошего анализа. *Во-первых*, это те виды продукции, которые имеют максимальные объемы рынка, т.е., как и прежде, японская электронная промышленность направляет свое внимание на сферу массового спроса. *Во-вторых*, именно эти виды продукции являются фундаментом дальнейшего общественического развития. Информационное общество только начинает строиться, его социальный заказ еще не сформировался окончательно. Однако ясно, что научно-технический потенциал и экономика этого общества должны быть адекватны ему. На это уже сегодня ориентируется быстро меняющаяся промышленная система Японии вместе с ее научным и технологическим обеспечением. И, *в-третьих*, нужно особо отметить, что появление в арсенале общества новых поколений компьютеров — это оснащение его сильнейшим инструментом для научной, инженерной, социальной сфер. С помощью этих компьютеров в конечном счете будут созданы новые средства,

новые виды транспорта, новые предметы личного потребления, новые методы лечения, восстановления сил, обучения, воспитания — т.е. качественно новые жизненные стандарты.

В этом плане заслуживает внимания инновационный потенциал сферы автоматизации производства. В его основе лежит прогресс в области информатизации и новых материалов, но вместе с тем сфера автоматизации имеет также свой специфический круг проблем. Их решение также выводит на крупномасштабную систему инноваций, которая обещала, согласно прогнозу, радикально преобразовать производственный аппарат промышленности до 2010 г. Рассмотрим кратко характер этих инноваций, а также приведем оценки специалистов Управления экономического планирования относительно позиций японских, американских и европейских разработчиков².

Заметим, что рынок промышленных средств автоматизации имеет совсем другие масштабы, нежели информационная и электронная техника, рассмотренная выше, — он в десятки, а то и в сотни раз меньше. Это вполне объясняется тем, что их потребителем является только промышленность, преимущественно машиностроение. С другой стороны, их производительность весьма высока, а материальные потоки, на переработку которых они в основном ориентированы, сравнительно невелики, словом, парк и общая стоимость этих машин не могут быть особенно большими. В этом, собственно говоря, и должен проявляться научно-технический прогресс в машиностроении: его производственный аппарат, каким бы совершенным он ни становился технологически, должен быть относительно дешевым.

Хотя общее количество ключевых инноваций для автоматизации процесса производства невелико, их всего 9, они могут быть распределены по 4 направлениям: робототехника, станочное оборудование, автоматизация проектирования, гибкое интегрированное производство. Рассмотрим последовательно эти направления и охарактеризуем японские позиции по каждому из них. *Робототехническое* направление включает в себя такие две инновации, как интеллектуальные роботы и микромашины.

Интеллектуальные роботы, как следует из статистики японской ассоциации робототехники, являются достаточно распространенным видом промышленных роботов. Однако в действи-

тельности — это терминологическое «забегание вперед», так как даже в области исследований и разработок по этой проблематике выполнена только десятая часть работ. Их отличительная особенность — способность к самопрограммированию на заданный вид работы и ее выполнение с мастерством квалифицированного рабочего. Над их созданием энергично работают не только в Японии, лидирующей в данной области. Незначительно отстают от нее США, близки позиции и европейских разработчиков. Главные трудности — осуществление высокоточных и надежных схем искусственного интеллекта не для демонстрационного, а для практического использования. Причем это трудности в основном фундаментального характера: методология программирования, техника саморегулирования, управление с самообучением, объемное зрение и др.

Микромашины рассматриваются как разновидность роботов, и не только манипуляционных, но и контролирующих. Поскольку слова «робот» и «работа» по существу однокоренные, то любое автоматически работающее устройство допустимо считать роботом, а при его исполнении в объеме нескольких кубических миллиметров оно может классифицироваться как микромашина. Инспектирование и ремонт замкнутых объемов и каналов, внутри которых микромашины могут автономно перемещаться, — это одно из перспективных направлений их использования. Огромные перспективы микромашины имеют и для медицинского применения: их возможность работать внутри органов и сосудов открывает новые страницы в методах диагностики и лечения внутренних болезней. Самые современные идеи в этой области исходят от американских разработчиков, японские работы заметно отстают, однако их уровень выше, чем в Европе.

Прогресс станочного оборудования опирается на следующие 3 ключевые инновации: системы числового программного управления от ЭВМ, оснащенные искусственным интеллектом; многоцелевые обрабатывающие центры; суперпрецизионные станки. Первая из них, которую для краткости назовем *интеллектуальные системы ЧПУ*, призвана полностью автоматизировать изготовление любых сложных деталей. По чертежу детали она определяет и рассчитывает весь ее технологический маршрут, начиная от заготовки, выбирает станки для всех видов ее обработки, а также инс-

трумент и приспособления. Далее требуется только перемещение детали между технологическими позициями, программа которого для соответствующих манипуляционных и транспортных средств также вырабатывается этой системой. Япония лидирует здесь с большим отрывом от европейских стран, в свою очередь опережающих США.

Многоцелевые обрабатывающие центры являются средством дальнейшего углубления вышеизложенной концепции. Они представляют собой универсальный блок обработки и сборки. «Рассмотрев» чертеж узла, такой обрабатывающий центр в автоматическом режиме изготавливает входящие в него детали, а затем производит сборку и соединяет их сваркой или склеиванием. Появление таких систем на производстве ожидается лишь в 2020 г., а пока работы, по существу, находятся в начальной стадии: накоплено 5 % от необходимого для коммерциализации объема знаний и технических решений. На данном этапе Япония несколько опережает США и Европу.

Суперпрецизионные станки — это область станкостроения, успехи в которой возможны лишь при напряженных исследованиях по широкому междисциплинарному фронту, сочетаемых с оригинальными инженерными решениями. Массового распространения такие станки не имеют, их сверхвысокая точность нужна для изготовления относительно небольшого ассортимента деталей, главным образом в уникальных приборах, некоторых видах энергетического оборудования, микромашинах и др. Авторы прогноза полагали, что после 2010 г. речь будет идти об обеспечении точности на уровне тысячной или даже десятитысячной доли микрона. Станки, способные обеспечить такую точность, будут представлять собой сложные обрабатывающе-измерительные комплексы, в которых будут использоваться многие новые физические эффекты (в датчиках, приборах, двигателях), а также интеллектуальные системы управления, нацеленные на заблаговременную компенсацию многочисленных факторов, вызывающих погрешности как обработки, так и измерений. Лидерами в данной области являются фирмы США и Европы, хотя успехи японских разработчиков по некоторым схемам суперпрецизионных станков тоже достаточно весомы.

Перейдем к следующему направлению — *автоматизации проектирования*, на котором просматриваются две главные иннова-

ции. Это системы формирования наглядного образа проектируемых изделий (системы образного моделирования) и интеллектуальные системы автоматизированного проектирования.

Системы образного моделирования призваны обеспечивать разработчиков новых изделий информацией, автоматически оформляемой в виде наглядного образа будущего изделия. Одновременно моделируются и процессы его производства (порядок изготовления деталей, сборки и т.д.), а также определяются стоимостные характеристики. Эти системы к 2010 г., по оценкам авторов прогноза, должны были приобрести широкое практическое применение. Возглавляют это направление американские и европейские разработчики, но уровень работ в Японии также достаточно высок.

Интеллектуальные системы автоматизированного проектирования (САПР) отличаются от современных САПР наличием у них определенных творческих способностей. Замысел создания интеллектуальных САПР состоит в полной автоматизации процесса проектирования. Получив извне информацию о назначении изделия, основных его параметрах, а также материалах, которые могут быть использованы, интеллектуальная САПР выполняет далее всю работу по проектированию. Их широкая коммерциализация начнется не ранее 2020 г. при годовых объемах рынка порядка 30 млрд иен. Межстрановое сравнение уровня исследований и разработок дает такие же результаты, как и для систем образного моделирования, т.е. в области автоматизации проектирования лидируют США и Европа, занимая очень близкие позиции. Япония, хотя и ненамного, но все же отстает, что в значительной степени связано с ограниченными масштабами финансирования исследований и нехваткой научных кадров.

Согласно своей базовой концепции, гибкое интегрированное производство — это единый оптимально сбалансированный механизм, все элементы которого, начиная с уровня конструирования, и в техническом, и в организационном плане обеспечивают всевозможные перестановки и комбинации в зависимости от изменения производственного задания. Важной инновацией, развивающей возможности гибкого интегрированного производства, должны стать **автономные распределенные системы**. Их становление как нового вида производственного оборудования ожидалось в период с 2000 г. по 2010 г. Этот процесс подготовлен

соответствующими исследованиями и разработками, которые как в США, так и в Японии находились практически на одном уровне, а в Европе шли лишь с небольшим отставанием. Главное назначение таких систем состоит в том, чтобы обеспечивать совместную работу нескольких отдельных единиц оборудования децентрализованными методами управления. В частности, речь может идти о перемещении отдельного массивного предмета несколькими роботами. Система должна учитывать все особенности траектории этого перемещения и изменения разнообразных внешних обстоятельств и вводить необходимую коррекцию в поведение каждого робота. Для этого должна производиться моментальная обработка информации от многочисленных датчиков и передача ее в больших объемах к органам управления роботом. В результате на производстве появятся новые организационно-технические образования — «бригады» роботов.

Еще одна инновация для гибкого интегрированного производства — **системы параллельного конструирования**, назначение которых состоит в радикальном сокращении времени, требующегося для создания нового изделия. Это будет достигаться путем широкого использования метода «распараллеливания» всех работ по изделию, т.е. одновременно с его проектированием будет производиться и технологическая подготовка производства, а в пределах последних также почти все работы будут выполняться одновременно. Разумеется, этот известный принцип уже давно воплощается в производство, но в широких масштабах это сделать очень сложно. Достаточно сказать, что из всего объема исследований и разработок, который необходимо было выполнить до начала практической реализации систем параллельного конструирования, сделана лишь пятая часть. Главная проблема состоит в том, чтобы осуществить автоматизацию проектно-конструкторских и собственно производственных работ на общей, единой основе. Ее решение усматривается в первую очередь в создании специальных баз данных и систем управления ими. Лидерами являются американские и европейские разработчики, однако японские специалисты отстают от них незначительно.

В целом, по всем методам производства просматривается достаточно отчетливая тенденция к повышению уровня интеллектуализации производственных машин и систем, автоматизации

умственного труда операторов. Характерно, что Япония, заявившая о себе в 1970-е годы как о лидере в области создания заводов-автоматов, безлюдных предприятий, гибких производственных систем, крупномасштабных роботизированных комплексов, имеет пока значительный отрыв от других стран лишь на таком перспективном направлении автоматизации, как соединение систем ЧПУ со средствами искусственного интеллекта. Почти по всем остальным направлениям — или небольшое опережение, или незначительное отставание, что связано с близостью уровня инновационных разработок по автоматизации производства в Японии, США и ведущих европейских странах. Другими словами, Япония не может рассматриваться как «законодатель мод» в области новых производственных систем, в этой области произошла своего рода общемировая нивелировка — во всяком случае на стадии исследований и разработок.

Прогресс в области производственной техники определяется в основном уровнем ее автоматизации, т. е., в сущности, ее оснащенностью современными средствами информатизации (компьютерами, базами данных, экспертными системами и др.). Как было показано выше, наука и техника Японии обеспечивают ей прочные позиции и в области информатизации, и в области высокоавтоматизированного машиностроительного производства. Вместе с тем перспективные инновации в области материаловедения, новых видов материалов и их конкретного использования в различных экстремальных условиях находятся в основном «под контролем» американских исследовательских лабораторий. Правда, если не касаться материалов, ориентированных на использование в космических системах и гиперзвуковых самолетах, а также подчеркнуть успехи японских разработчиков в области магнитных и сверхпроводящих материалов — здесь они лидируют, — то позиции Японии улучшатся и будут даже предпочтительнее, чем у европейских стран. Но все же США будут намного впереди: сказывается мощный потенциал американской фундаментальной науки — физики твердого тела, физики и химии полимеров и др.

Рассмотрим далее положение в сфере главных инноваций для транспорта, т. е. перспективную продукцию **транспортного машиностроения**, которая формирует облик значительной части как производственной, так и социальной инфраструктуры. Эта про-

дукция образует 4 устойчивые группы, специфика которых сложилась уже давно и настолько естественным образом, что вряд ли можно предложить еще какую-либо иную систематизацию. Это автомобильный, железнодорожный, водный и воздушный транспорт. Для каждой группы предвидится по 4 крупномасштабные инновации³.

Автомобиль, использующий спутниковую связь, уже близок к своему созданию, выполнено около 80 % объема необходимых исследований и разработок. Главная идея инновации — реализовать применительно к автомобильному транспорту принципы навигации, используемые в современном мореплавании и самолетовождении. Речь идет о создании аналогичных навигационных систем для автомобилей. В результате отпадает необходимость в картах и путеводителях, оптимизируются транспортные потоки, многосторонняя телефонная связь между автомобилями и любыми другими объектами изменит психологическую атмосферу автомобильных поездок.

Неудивительно, что США с их гигантской сетью дорог на обширном пространстве страны разрабатывают такие системы с наибольшей результативностью, сильно оторвавшись от Японии, и тем более от европейских стран.

Автомобиль на альтернативных источниках энергии занимает видное место в ряду массовой продукции будущего. Такая его разновидность, как электромобиль, уже не воспринимается как инновация, поскольку множество раз демонстрировался и известен повсеместно. Однако малое расстояние, которое он пока проходит от одной зарядки аккумуляторной батареи, сводит на нет его основные достоинства. Экологически чистые автомобили, использующие в качестве топлива спирт или водород, также еще далеки до коммерциализации. Вместе с тем успехи в создании гибридных двигательных установок (и электрический, и бензиновый двигатели) открывают электромобилу виды на более широкое применение. Особые надежды возлагаются на аккумуляторы нового поколения и такие источники электропитания, как топливные элементы. К 2010 г. рынок электромобилей оценивался в 500 млрд иен. Эти перспективы учитывают автомобилестроители многих стран мира. Однако японские разработки, по оценкам авторов прогноза, уступали американским и находились на одном уровне с европейскими.

Автомобиль следующего поколения — инновация, на первый взгляд, весьма относительная, тем более что переход к ней осуществляется непрерывно и незаметно. Однако в результате нынешние автомобили будут заменены такими машинами, которые в дополнение к экономичности, комфортабельности и безвредности выхлопных газов будут обладать также свойством безаварийности. Последнее означает, что они будут оснащены системами, исключающими возможность столкновения или наезда на препятствия, а если таковые все же будут изредка происходить, то без человеческих жертв. В разработках их конструкций позиции лучших автомобилестроительных фирм довольно близки. Япония и Европа, находясь примерно на одном уровне, несколько опережают США.

На **железнодорожном транспорте** наиболее серьезным инновационным направлением является *создание поездов на магнитной подвеске с линейным электродвигателем*. Здесь будут реализовываться два варианта: поезда со сверхпроводящим линейным двигателем для движения с очень высокой скоростью (до 500–700 км/ч.) между достаточно удаленными пунктами (например, между Токио и Осака) и поезда с линейными двигателями, работающими при обычной температуре, для перевозок на средние и ближние расстояния со скоростью до 300 км/ч. Поезда со сверхпроводящими двигателями уже подразделены на два поколения. На повестке дня — реализовать второе их поколение, где используется высокотемпературная сверхпроводимость. Именно для них скоростной предел составляет 700 км/ч.

Интерес к поездам на магнитной подвеске обычной схемы, где ограничения по величине тока не позволяют выйти на «самолетные» скорости, связан с высокой надежностью систем и большим накопленным опытом. Эксплуатационные результаты очень неплохи. Поскольку при включении двигателей поезд «всплывает» над рельсами на высоту около 1 см, то во время его движения нет шума и вибрации, скорость же выше, чем у обычных электропоездов, а потому последние постепенно начнут уступать ему свои позиции. В США работы в этой области не ведутся, но в Европе к ним проявлено большое внимание, так что Япония находится в положении догоняющего, и разрыв пока довольно велик.

Весьма перспективным направлением являются новые *системы управления железнодорожным движением*. В отличие от сов-

ременных централизованных систем они сообщают машинистам информацию о расстоянии до впереди идущего поезда, что позволяет выбирать оптимальную скорость и значительно повышает безопасность перевозок. В основе этой схемы управления лежит использование спутниковой связи, через которую контролируются параметры движения на магистралях. В этой области лидируют европейские разработчики, несколько опережая японских и более существенно — американских.

Еще одна инновация для железных дорог — создание систем *гибридных перевозок*. Они основаны на том, что автомобильные грузовые прицепы (трейлеры) проектируются для использования как по своему прямому назначению, так и для быстрой постановки на железнодорожные тележки, в результате чего они становятся как бы товарными вагонами. Таким образом, грузоперевозки, тяготеющие во многих странах к автомобильному транспорту, приобретают активную поддержку и железнодорожным транспортом. Это вносит большой вклад в борьбу с проблемами на дорогах, экономится нефтяное топливо, уменьшается загрязнение окружающей среды. В США и Швейцарии проявляется серьезный интерес к подобным системам, но еще больше он в Японии (где по дорогам движется 60 млн автомобилей и мотоциклов) — видимо, поэтому уровень японских разработок намного выше.

Весьма интересные инновации ожидаются на **морском транспорте**, результатом чего должно стать значительное повышение скорости перевозок и их удешевление. Так, *техносуперлайнер* развивает скорость до 90 км/ч. и сохраняет хорошие мореходные свойства при высоте волн до 6 м. Он может стать для Японии основным транспортным средством, обеспечивающим перевозки между Японией и странами Юго-Восточной Азии, а также на дальневосточных маршрутах. Он может использоваться и для скоростных грузоперевозок между японскими портами, облегчить нагрузку на автотранспорт. Высокие технические возможности техносуперлайнера обеспечиваются благодаря использованию эффектов подводного крыла и воздушной подушки, но для этого требуется обеспечить высокоточную систему управления пространственной стабилизации аппарата.

Автоматизация судов берет свое начало с 1961 г. К настоящему времени приобрела распространение концепция

интеллектуального судна. В дополнение к «безлюдному» отсеку двигательной установки и множеству механизмов-автоматов (что имелось уже на первых автоматизированных судах) оно имеет систему управления движением по курсу типа самолетного автопилота. Через посредство спутниковой связи с берегом формируется единый комплекс «судно – береговые службы», вся информация обрабатывается с помощью средств искусственного интеллекта, запрограммированных на использование всего опыта судовождения. Лидируют в их разработке японские судостроители, и притом с большим отрывом от американских и европейских.

На **воздушном транспорте** дальнейший прогресс опирается на группу инноваций, обеспечивающих значительное повышение скорости, высокую экономичность, приближение аэродромов к городам. Конечно, соединить эти качества воедино чрезвычайно трудно, но и ориентировать разработки на прорывы по каждому направлению в отдельности было бы неправильным. Возможно, здесь не совсем уместно говорить об инновациях в полном смысле слова, их прототипы уже достаточно хорошо известны, т. е. будут реализовываться не принципиально новые подходы. Но главное здесь – масштабы реализации, переход от экспериментальных или военных образцов авиационной техники к экономически оправданному, серийному производству гражданских самолетов.

Так, *пассажирские самолеты для массовых перевозок* должны обладать многими новыми качествами. Перегруженность аэропортов создает много проблем для авиAPERсонала, ответственного за безопасность полетов. Но если усовершенствовать самолеты, рассчитанные на 400–500 человек, и существенно повысить их пассажировместимость, то, вероятно, удастся сдержать потребность в увеличении парка самолетов и в строительстве новых аэропортов. Таким образом, на повестке дня появляется задача создания реактивного пассажирского лайнера вместимостью 800–1000 человек, который бы стал в XXI в. основным средством пассажирских перевозок на международных авиалиниях. Однако Япония здесь сильно отстает от США и стран европейского авиастроительного консорциума. Предполагаемый спрос на такие самолеты оценивается в 500 млрд иен.

Следующее направление – *сверхзвуковые транспортные самолеты*. Определенный опыт эксплуатации первых их типов уже имеется. Он, в частности, показал, что радикальное решение проблемы скоростного сообщения требует создания самолетов с намного большей скоростью. Сегодня самые отдаленные пункты могут быть связаны средствами дозвукового авиатранспорта за время около 20 часов. Между тем специалисты изучают концепцию самолета, способного совершить полет между Токио и Вашингтоном за 2 часа. Таким образом, в течение одного дня можно будет слетать из США в Японию и вернуться обратно. Однако это проект отдаленного будущего, а в ближайшей перспективе можно рассчитывать на аппараты существенно меньшей скорости. Так, в качестве проекта со сроком практической реализации к 2010 г. был выдвинут проект самолета на 200–300 пассажиров, связывающего Токио и Лос-Анджелес за 4 часа. Считают, впрочем, что более реальным является появление подобных самолетов после 2020 г., так как пока в общем объеме разработок на выполненную их часть приходится немного более 10 %. Лидируют здесь США, далее следуют европейские разработчики.

Еще одно инновационное направление для воздушного транспорта – *самолеты вертикального взлета и посадки*. Как известно, потребность в самолетах непрерывно возрастает, но мест, где можно производить посадку и высадку авиапассажиров, не так много, причем они обычно удалены от места работы или проживания. Идея безаэродромной авиации не нова, и в области военного самолетостроения концепция самолетов такого типа уже реализована. Но для воздушного транспорта нужны самолеты, где кроме пилота на борту могут находиться еще хотя бы несколько пассажиров, а то и несколько их десятков. Преимущество над вертолетами – вдвое большая скорость и дальность полета, лучшие шумовые характеристики. При прочих равных условиях вертолеты уступают самолетам и по экономичности.

Обсуждаются разные схемы самолетов вертикального взлета и посадки. Среди главных проблем – снижение шума при взлете и посадке, увеличение надежности. Но вновь надо заметить, что Япония уступает в этой области и европейским, и особенно американским фирмам.

2.2. Матрица «техника – технологии»

Весьма интересным и практически значимым вкладом описываемой работы являются указанные в ней соотношения между инновациями, представленными промышленной продукцией для рынка, и ключевыми технологиями, благодаря которым эта продукция может быть произведена. Эти соотношения наглядно отражены в табличной форме в виде матрицы «техника – технологии». В табл. 1 представлен фрагмент такой матрицы.

Левый столбец – это инновации, представленные конечной продукцией (товарными изделиями), т. е. технические инновации. Каждая из них соотносится с определенными инновациями в области тех или иных технологий, т. е. технологическими инновациями, играющими роль ключевых технологий. Зависимость технической инновации от «прорывов» на уровне технологических инноваций (ключевых технологий) отражают цифры 1 (сильная зависимость) и 2 (очень сильная зависимость).

Таблица 1

Фрагмент матрицы «техника – технологии»

Технические инновации (товарная продукция)	Ключевые технологии									
	микро-электронные	опто-электронные	био-электронные	...	программные	...	керамических материалов	металлических материалов	...	обеспечивающие экологическую чистоту
Сверхпроводящие устройства	1	-	-	-	-	-	-	1	2	-
Автомобиль нового поколения	2	-	-	-	1	-	1	2	-	1
Роботы с искусственным интеллектом	2	1	1	-	2	-	1	1	-	-

Источник: 2010–нэн гидзюцу ёсоку: [Прогноз техники и технологий: 2010 г.]. Токио, 1995. С. 28–32.

В табл. 2 представлена матрица «техника – технологии» для ожидаемых инноваций в области информатики и электроники.

Видно, например, что успех в создании оптических интегральных схем очень сильно зависит от того, насколько далеко продвинулись разработки в области микроэлектронных, оптоэлектронных и системных технологий, а также технологий полупроводников. Как только здесь будут осуществлены глубокие прорывы и будут созданы технологии, т.е. появятся соответствующие технологические инновации, наступит время для производства оптических интегральных схем – сначала опытных партий, а затем и товарных изделий.

Матрица позволяет лучше организовать ход разработок в области технологических инноваций. Видно, например, что прогресс в области шести технических инноваций сильно зависит от

Таблица 2

**Матрица «техника – технологии» для инноваций
в области информатики и электроники**

Технические инновации (товарная продукция)	Ключевые технологии									
	микроэлектронные	оптоэлектронные	биоэлектронные	системные	программные	в области керамических материалов	в области полупроводников	в области металлических материалов	в области органических материалов	в области композитивов
Устройства терабитной памяти	2					1	1	1		1
Сверхпроводящие устройства	1					1	1	2		1
Суперинтеллектуальные чипы	2				1		1			
Терабайтовые оптические запоминающие устройства		2			1					1

Продолжение табл. 2

Техниче-ские инновации (товарная продукция)	Ключевые технологии									
	мик-ро-элект-рон-ные	опто-элект-рон-ные	био-элект-рон-ные	сис-тем-ные	про-грам-мные	в об-ласти кера-ми-чес-ких мате-ри-алов	в об-ласти полу-проводни-ков	в об-ласти метал-личес-ких ма-тери-алов	в об-ласти орга-ни-чес-ких ма-тери-алов	в об-ласти ком-пози-тов
Терабитные оптические устройства связи	2								1	
Элементы и узлы оптических ЭВМ		2			1					1
Оптические интегральные схемы	2	2		2	1		2			
Молекулярные приборы		1	1	1	1		1		1	
НейроЭВМ	1				1		1			
Самополняющиеся базы данных	2				2					

Источник: 2010–нэн гидзюцу ёсоку: [Прогноз техники и технологий 2010 г.]. Токио, 1995. С. 28–29.

сдвиг в создании новых оптоэлектронных технологий – речь идет о терабайтовых оптических запоминающих устройствах.

Подготовка этих сдвигов может быть организована успешнее, когда наглядно выявлены технические области, для которых необходимы эти сдвиги. В какой-то степени это может помочь устранить параллелизм и дублирование при разработке технологий. Кроме того, хорошо видно, в каких масштабах и пропорциях должны распределяться усилия и средства на отраслевом уровне, а также на уровне крупных фирм, которые одновременно работают над созданием сразу целого ряда технических инноваций.

Интересно отметить, что в пространстве матрицы «техника – технологии» на месте индексов 1 и 2 может быть размещена информация о потребных ресурсах. Например, какой объем средств следует вложить в развитие микроэлектронных технологий для создания сверхпроводящих устройств и, соответственно, других видов техники, где микроэлектронные технологии являются ключевыми. Если затем эти данные тщательно обработать (исключить повторный счет затрат на конкретные элементы технологий, которые будут использоваться в нескольких технических объектах), то суммирования «по вертикалям» определяют необходимые суммы затрат на развитие каждой из ключевых технологий. А если вместо прогнозируемых технических объектов в ней разместить, например, виды техники, избранные в качестве приоритетов, то можно будет подсчитать затраты на технологии, необходимые для их реализации. Таким образом, матрица «техника – технологии» может быть эффективным инструментом технико-экономического анализа.

Описанная матрица, по-видимому, может быть модифицирована в зависимости от конкретных требований практики: сокращена или, напротив, еще более детализирована. В любом случае она будет обеспечивать достаточно строгое отслеживание взаимосвязей в инновационной системе «техника – технологии», учет которых весьма важен для эффективного управления инновационными процессами как на уровне фирмы, так и в отраслевом масштабе.

1. Кэйдзай-о угокасу 2010 нэн-но гидзюцу ёсоку 101: [101 инновация технологического прогноза на 2010 г., приводящая в движение экономику]. Токио, 1992. С. 10–37.
2. Там же. С. 100–117.
3. Там же. С. 136–167.

ПРОГНОЗЫ УЧРЕЖДЕНИЙ, ОТВЕТСТВЕННЫХ ЗА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКУЮ ПОЛИТИКУ

Работы над составлением этих прогнозов в период 1970–1990-х годов возглавляло Японское управление по науке и технике – правительственный орган, обеспечивавший координацию научно-технической политики в общенациональных масштабах. С начала 2001 г. головным учреждением по научно-техническому прогнозированию стало Министерство образования (Монбукагакусё), однако непосредственное руководство разработкой прогнозов по-прежнему осуществляет Национальный институт научно-технической политики (NISTEP – National Institute of Science and Technology Policy), являющийся одним из структурных подразделений министерства.

Анализируемые проблемы подразделялись обычно на 4 вида: выяснение механизма изучаемого явления; создание опытного образца; начало практического использования новой техники или технологии; переход к их широкому применению.

Начиная с восьмого прогноза отдельно прогнозируются время технической реализации проблемы и время ее «общественного освоения». Поэтому, несмотря на некоторое уменьшение общего числа обсуждаемых проблем, информативность прогнозов возросла.

По результатам экспертных оценок в прогнозах выделяются группы наиболее актуальных проблем, что позволяет быстро ознакомиться с одним из их главных итогов – выявлением потенциальных приоритетов общенационального значения.

Для оценки сроков завершения работ по каждой из обсуждавшихся проблем производилась специальная статистическая обработка экспертных оценок. Так, указанные каждым экспертом интервалы времени рассматривались как случайные величины,

и к ним применялись приемы математической статистики, т.е. для каждой проблемы строился график распределения предполагаемых различными экспертами дат ее реализации, что позволяло определить медиану и квартили. Крайние «левые» и «правые» участки оси времени, отвечающие квартилям «оптимистических» и «пессимистических» оценок, отбрасывались.

3.1. Прогнозы Управления по науке и технике (до 2001 г.)

В период до 2001 г. под руководством Управления по науке и технике было опубликовано 6 прогнозов, первый из которых был выпущен в 1971 г. Третий прогноз (до 2010 г.) был подробно проанализирован в монографии, посвященной основным направлениям НТП в Японии¹, однако имеет смысл привести далее некоторые сведения о его форме и содержании.

Координационный комитет, руководивший работой над этим прогнозом, опубликованном в 1982 г., состоял из 18 человек, его возглавлял вице-президент НИИ комплексных исследований компании «Мицубиси». В него входили профессора университетов, директор Института Номура – одного из наиболее авторитетных аналитических центров Японии, руководители научно-технических обществ, журналисты и комментаторы. В работе принимал участие известный писатель-фантаст Сакэ Комацу.

Объекты обследования были распределены по 13 тематическим направлениям: энергетические, минеральные и водные ресурсы; сельскохозяйственные, лесные и морские ресурсы; быт и образование; окружающая среда и безопасность жизнедеятельности; здравоохранение и медицина; «науки о жизни»; городское хозяйство, строительство и архитектура; транспорт и транспортные перевозки; связь, информатика и электроника; освоение космического пространства; освоение Мирового океана; новые материалы; производство и труд.

Каждое направление было закреплено за отдельной секцией, возглавлявшейся одним из ее членов. В состав секций входило от 5 до 9 человек.

Первое анкетное обследование было проведено в декабре 1981 г. а второе – в июле 1982 г. При первом анкетировании были получены ответы от 1962 экспертов, что составило 87,5 % от обще-

го числа специалистов, которым были направлены бланки анкет. При втором анкетировании ответы были получены от 1727 человек (от 88 % адресатов).

Приведем в качестве примера характеристики развития ресурсных тематических направлений, вытекающие из ответов экспертов. Так, прогнозировалось, что прогресс техники и технологий в сфере энергетических, минеральных и водных ресурсов будет проходить в условиях нарастающего дефицита этих ресурсов. Особенно серьезными станут энергетические проблемы, в частности связанные с атомной энергетикой – с проблемами обработки использованного ядерного топлива, а также с введением в действие реакторов-размножителей на быстрых нейтронах. Как особо актуальная была выделена тематика, относящаяся к разведке и добыче нефти на морском шельфе, технологии газификации каменного угля, более широкое использование геотермальной и солнечной энергии.

В области минеральных ресурсов особого внимания требовало эффективное решение экологических проблем, связанных с добычей и использованием полезных ископаемых. При эксплуатации водных ресурсов отмечалась важность комплексного подхода к их освоению, реализация природоохранных мер, обеспечение эффективности водопользования.

Сегодня приходится признать, что эксперты существенно переоценили возможности науки и техники на энергетическом направлении. Так, они спрогнозировали на вторую половину 1990-х годов широкомасштабное применение реакторов-размножителей на быстрых нейтронах, а на начало первого десятилетия XXI в. – реализацию энергетических систем, основанных на технологиях сжижения каменного угля, а также широко использующих солнечную энергию. К 2010 г., по их оценкам, должны были получить широкое распространение магнетогидродинамические генераторы для выработки электроэнергии, а также ядерные реакторы на ториевом топливе. Однако эти проблемы и в наши дни еще далеки от своего решения.

Проблемы, проанализированные в рамках направления, посвященного сельскохозяйственным, лесным и морским ресурсам, охватывали весьма широкую тематику: обеспечение продовольствием и его хранение, энергосберегающие технологии, технику

безопасности, контроль качества, мероприятия по улучшению питания населения, сохранение морских ресурсов, обеспечение древесины и др. Согласно результатам обследования, в прогнозируемый период в производственных процессах и в развитии указанных видов ресурсов должны были приобрести широкое распространение биотехнологии.

В прогнозе отмечено возрастание актуальности такой тематики, как предупреждение стихийных бедствий на основе метеорологических прогнозов: указывалось, что эта проблема должна быть решена к 2005 г. До 2010 г., по оценкам экспертов, ожидался переход к производству новых пищевых и кормовых культур с высоким содержанием усвояемых веществ, а также ожидалось решение вопросов организации «рыбных пастбищ», благодаря которым повысится обеспеченность населения рыбопродуктами.

Исследования и разработки по данному направлению предлагалось проводить в основном собственными силами. Половину проблем следовало решать на основе государственных НИОКР, а другую половину – при участии государства и частных компаний.

Набор тематических разделов, по которым распределяются анализируемые экспертами проблемы, изменяется от прогноза к прогнозу. Так, перечень разделов *четвертого прогноза* (до 2015 г.) имел следующий вид:

1) вещества и материалы, методы их обработки; 2) информатика, электроника и программное обеспечение; 3) живые системы (науки о жизни); 4) космос; 5) Мировой океан; 6) науки о Земле; 7) сельское, лесное и рыбное хозяйство; 8) минеральные и водные ресурсы; 9) энергия; 10) производство и труд; 11) здравоохранение и медицина; 12) образование, культура и быт; 13) транспорт; 14) связь; 15) урбанизация и строительство; 16) окружающая среда; 17) безопасность жизнедеятельности.

В этом прогнозе была особо отмечена актуальность тематики, посвященной живым системам, здравоохранению и медицине.

При подготовке *пятого прогноза* (до 2020 г.), который был опубликован в 1992 г., эксперты оценивали каждую из проблем с точки зрения превосходства или отставания Японии от зарубежных стран и отвечали на вопрос о том, какой путь решения проблемы предпочтителен – самостоятельные исследования

или научно-техническая кооперация с зарубежными странами. При анализе прогноза было несложно выделить несколько десятков проблем, по которым констатировались одновременно отставание Японии и целесообразность международной научной кооперации. Это, безусловно, могло помочь зарубежным исследователям, добившимся успехов в работе над этими проблемами, соответствующим образом сориентироваться в плане возможного установления взаимовыгодных научно-технических связей с японской стороной.

В последующих прогнозах вопрос о целесообразности кооперации с зарубежными исследователями перед экспертами не ставился. Но поскольку для каждой проблемы обычно указывалось, где она решается наиболее успешно (в США, Евросоюзе, Японии, странах Азии, других странах), то по доле экспертов, выбравших тот или иной вариант ответа, вполне можно определить, на каком географическом направлении Япония проявила бы интерес к научно-технической кооперации.

Значительный интерес представляет та часть пятого научно-технического прогноза, в которую выделены темы, связанные с крупномасштабной интеллектуализацией практической деятельности, получением и применением более полного и совершенного знания. Все это находит свое выражение в расширяющейся «софтизации» общественных процессов, отражающей непрерывное возрастание роли информационных ресурсов, в особенности нового знания.

Говоря более строго, — это исследования и разработки по изысканию принципиально новых аналитических и инструментальных методов взаимодействия с объектами природы и технической сферы. Всего в прогнозе выделено 225 таких проблем со сроками их реализации до 2020 г. Авторы прогноза распределили их по трем направлениям: изыскание новых принципов, создание новых базовых технологий, разработка прикладных методов.

В сущности, первые два направления вполне можно рассматривать как так называемые ориентированные фундаментальные исследования. В отличие от чистых фундаментальных исследований они нацелены на анализ качественно новых эффектов не в широком их проявлении, а в определенных границах, отдель-

ных сегментах естественной или технической среды. Выбор этих сегментов основывается на многих факторах: здесь и естественное структурирование сложного феномена на основе результатов, полученных на этапе чистых фундаментальных исследований, и приоритетность изучения определенных его сторон исходя из актуальности для практики, и ресурсные соображения.

Несомненный интерес представляют результаты экспертного обследования той части указанных проблем, которым более половины экспертов присвоили ранг высокой актуальности. Если охарактеризовать эти проблемы в обобщенном плане, то следует отметить, что около 40% из них приходится на изыскание методов и средств точного прогнозирования природных процессов. Результатом должно стать более полное и точное знание о погоде, проявлениях стихийных сил, морских течениях, температуре Мирового океана и др. Примерно такова же доля проблем, в которых выясняется механизм естественного интеллекта и реализация ряда его процессов в «интеллектуальных» роботах, системах автоматизации и при моделировании производственных и хозяйственных процессов.

Актуализация экспертами этой тематики, в принципе, вполне естественна. Поиск направляется на глобальные природные объекты, живое вещество, использование закономерностей высоко-развитой материи в технических системах. Внимания заслуживает не только высокий уровень поставленных задач, но и выделение этой проблематики в особую целевую категорию — повышение уровня общественного знания и оснащенности общества интеллектуальной техникой.

Конкретное представление о содержании этих проблем дают материалы, приведенные ниже в табл. 3, составленной на основе материалов данного прогноза и их анализа с точки зрения наличия необходимых научных и организационных предпосылок для успешного решения указанных проблем.

Особый интерес представляет уже сам факт, что механизмом, с помощью которого осуществляется воздействие науки на современное общество, японские аналитики полагают интеллектуализацию практической деятельности.

Таблица 3

**Тематика исследований и разработок,
обеспечивающих качественно новый уровень интеллектуализации
практической деятельности общества (прогноз до 2020 г.)**

Тематические разделы	Содержание поставленных задач	Необходимые предпосылки
Земля и Мировой океан	Создание методов среднесрочного метеорологического прогнозирования (на 7–10 дней вперед) для конкретных участков земной поверхности малых размеров, порядка 100 кв. км. Разработка методов общего метеопрогнозирования на срок от 1 до 6 месяцев. Более точное прогнозирование процессов в земной коре и Мировом океане. Создание более эффективных приборов и систем для зондирования поверхности Земли со спутников, существенное повышение точности прогнозирования ливней, буранов, оползней, а также изменений параметров Мирового океана, извержений вулканов, землетрясений, изменений температуры воды (для повышения эффективности морского промысла).	Углубление теоретических концепций. Активное привлечение фундаментального слоя естественных наук. Существенное усовершенствование аналитических методов и приборной техники.
Живые системы	Выяснение механизмов работы головного мозга по построению логических выводов, а также запоминания информации и извлечения ее из памяти. Установление взаимосвязи между активностью нейронов головного мозга и процессом мышления. Разработка нейрокомпьютера, в рабочем процессе которого реализуются высшие функции головного мозга. Определение параметров белковых структур при получении белков из аминокислот и определение функциональных характеристик белков по параметрам их структуры.	Углубление фундаментальных исследований. Форсирование прикладных исследований. Развитие аналитических методов и усовершенствование приборной техники.
Информатика и электроника	Быстрая и безошибочная разработка больших массивов программного обеспечения.	Создание основ искусственного интеллекта нового поколения

Продолжение табл. 3

Тематические разделы	Содержание поставленных задач	Необходимые предпосылки
Информатика и электроника	Выяснение механизмов запоминания, понимания и обучения и их использование при создании новых компьютеров. Выяснение механизма выработки и принятия решений на основе теоретического анализа работы мозга. Создание автономных микроустройств для перемещения по кровеносным сосудам. Введение в организм приборов для диагностики и лечения заболеваний, а также контроля за состоянием здоровья. Создание роботов, обеспечивающих уход за больными	Развитие прикладных методов микромеханики. Существенное повышение надежности и безопасности мехатронных систем.
Город и строительство	Развитие техники составления местных метеорологических прогнозов, использующих спутниковые и наземные средства, и обеспечение на этой основе эффективной работы систем контроля, прогнозирования, предупреждения и эвакуации. Реализация в общенациональных масштабах локальных информационных сетей, обеспечивающих предупреждение о предстоящих землетрясениях. Разработка специальных систем передачи прогнозов и информации для населения больших городов с учетом законов социальной психологии и особенностей поведения в экстремальных условиях, обеспечивающих предупреждение паники при землетрясениях, пожарах и т.д. Обеспечение прогресса в области рационализации и безопасности сложных видов строительных объектов (туннелей, гидросооружений и пр.) путем применения роботов и специальных строительных машин. Создание интеллектуальных роботов для быстрого и безопасного выполнения строительных работ.	Синтез информатизации и метеорологической диагностики. Создание методов организации и управления в экстремальных условиях. Форсирование инженерных методов автоматизации.

Продолжение табл. 3

Тематические разделы	Содержание поставленных задач	Необходимые предпосылки
Город и строительство	Широкое распространение жилых домов, оборудованных роботами и другой автоматической техникой для обслуживания проживающих.	
Транспорт	Распространение систем управления дорожным движением, обеспечивающих оптимизацию транспортных потоков с учетом характера транспортных средств, а также скорости и плотности их движения. Разработка системы управления воздушным движением, основанной на четырехмерном контроле (три координаты самолета и время) и позволяющей значительно увеличить плотность движения с одновременным повышением его безопасности. Распространение систем управления движением (включая взлет и посадку) на регулярных авиамаршрутах с использованием средств искусственного интеллекта и тем самым значительное повышение безопасности полетов. Реализация спутниковых систем контроля воздушного движения в глобальных масштабах. Распространение в глобальных масштабах систем, обеспечивающих метеорологические прогнозы на 10 дней вперед.	Развитие оптимизационных методов управления. Форсирование техники искусственного интеллекта. Подъем на глобальный уровень систем метеопрогнозирования и контроля воздушного пространства.
Сельское, лесное и рыбное хозяйство	Реализация систем, основанных на технике искусственного интеллекта и компьютерном моделировании, для обеспечения сохранности лесов, сохранения качества почвы и воды и повышения экологической культуры сельского и лесного хозяйства. Разработка методов предотвращения ущерба от заморозков, основанных на высокоточных средне- и долгосрочных прогнозах погоды. Разработка методов моделирования процесса воспроизводства морских организмов в прибрежной зоне и открытом море и оценка на их основе возможных масштабов рыбного промысла в различных морских зонах.	Выработка алгоритмов оптимизации экологических систем. Развитие прикладных методов в области физики атмосферы. Развитие методов моделирования биологических процессов в Мировом океане.

Продолжение табл. 3

Тематические разделы	Содержание поставленных задач	Необходимые предпосылки
Сельское, лесное и рыбное хозяйство	Прогнозирование развития на 10–20-летний период важнейших рыбных ресурсов и обеспечение хозяйственного регулирования в системе «рыбные ресурсы – рыболовство».	
Минеральные и водные ресурсы	Значительное снижение числа человеческих жертв благодаря усовершенствованию методов прогнозирования горных обвалов, оползней и др. Создание комплексной системы, обеспечивающей прогнозирование ливневых дождей и управление дамбами для исключения опасных затоплений. Разработка «безлюдных» методов добычи полезных ископаемых с помощью роботов. Разработка высокоточных методов оценки влияния на окружающую среду микродоз различных химических веществ	Развитие прикладных методов в области физики Земли и атмосферы. Автоматизация экстремальных процессов. Развитие аналитических методов и усовершенствование приборной техники.
Социальные условия	Создание систем безопасности для спасения находящихся в особо высоких зданиях при землетрясениях, пожарах и пр. Создание многоцелевых роботов для ухода за лежачими больными и немощными.	Механизация экстремальных процессов. Существенное повышение надежности и безопасности мехатронных систем.
Космос	Создание роботов, обладающих высоким уровнем искусственного интеллекта и снабженных рукой с большим числом степеней свободы, для выполнения сложных работ в космосе. Разработка космического робота, способного производить самодиагностику и собственный ремонт и тем самым восстанавливать свои функции.	Разработка алгоритмов самоорганизации сложных систем.
Производство	Разработка систем автоматизации производства (офисов и заводов) на базе компьютеров, в значительной степени обладающих функциями мозга живых организмов.	Прикладные аспекты теории и техники искусственного интеллекта.

Продолжение табл. 3

Тематические разделы	Содержание поставленных задач	Необходимые предпосылки
Производство	Выпуск карманных аппаратов для автоматического звукового перевода, позволяющих вести разговор с иностранным собеседником.	
Окружающая среда	Возможность точного прогнозирования подъема вод Мирового океана вследствие потепления климата Земли.	Развитие прикладных методов в области физики Земли и атмосферы.
Связь	Разработка устройства для автоматического, в режиме реального времени, перевода телефонного разговора между говорящими на английском и японском языках.	Форсирование микроэлектронных систем.

Составлено по: 2020-нэн но гидзюцу: [Техника и технологии 2020 г.]. Токио, 1992. С. 30-46.

Начиная с **шестого прогноза** (до 2025 г.), опубликованного в 1997 г., для каждой обсуждаемой проблемы начали вычислять особый параметр, так называемый «индекс актуальности». При его подсчете суммируются:

- доля экспертов (%), считающих тему высокоактуальной;
- доля экспертов, оценивших проблему как среднеактуальную, которая умножается на коэффициент 0,5;
- доля экспертов, определивших актуальность проблемы как невысокую, которая умножается на коэффициент 0,25.

Данные шестого прогноза выявляют следующую картину (после формулировок темы в скобках указывается ее индекс актуальности)²:

1. Широкое использование в промышленности, на транспорте и в быту нетрадиционных источников энергии, альтернативных существующим, — геотермальных, ветровых и солнечных, а также вторичных тепловых энергоресурсов (94).

Большинство экспертов считают, что лидерами в этой области являются Япония и США. Дальнейший прогресс, по их мнению, определяется уровнем государственного финансирования, которое желательно увеличить. Отмечается, что при решении этой

проблемы необходимо очень строго учитывать интересы охраны окружающей среды. Наиболее вероятный срок ее решения в странах-лидерах, определяемый путем усреднения индивидуальных экспертных оценок, — 2018 г.

2. Практическое применение СБИС с объемом памяти на одном кристалле 256 Гбит (94).

В решении данной проблемы наибольших успехов добились Япония и США. Государственная финансовая поддержка, усиление кадрового потенциала и развитие экспериментальной базы определены в качестве главных направлений поддержки работ по этой проблеме. Вероятный срок ее решения — 2014 г.

3. Практическое использование солнечных элементов, обеспечивающих удельную стоимость энергоустановок менее 100 иен/вт (93).

Лидируют Япония и США. Целесообразно обеспечить поддержку исследований по таким направлениям, как дополнительное государственное финансирование, усиление кадрового потенциала и укрепление взаимодействия между научной и промышленной сферами. Вероятный срок решения проблемы — 2012 г.

4. Практическое применение технологий массового производства кристаллов (чипов) с шириной линий менее 0,01 мкм (93).

Странами-лидерами являются Япония и США. Поддержка желательна по тем же направлениям, что и для предыдущей проблемы. Вероятный срок ее решения — 2013 г.

5. Снижение стоимости запусков космических аппаратов с помощью ракет-носителей в 10 раз по сравнению с существующим уровнем (93). По мнению экспертов, на этом направлении лидируют США. Вероятный срок решения проблемы — 2014 г.

6. Широкое использование комплексной системы, объединяющей в единый цикл этапы проектирования, производства, сбора отслуживших изделий и повторного использования их компонентов (92).

Лидируют в решении этой проблемы страны Западной Европы. В Японии, как полагают эксперты, на этом направлении необходимо значительно усилить взаимодействие между наукой и промышленностью, а также увеличить объемы государственного финансирования исследований. Вероятный срок реализации этой системы — 2012 г.

7. Разработка методов прогнозирования землетрясений силой более 7 баллов за несколько дней до их начала (92). Безусловным лидером является Япония, но для успешного решения проблемы необходимо усиление кадрового потенциала. Предполагаемый срок ее решения – 2023 г.

8. Разработка солнечных элементов, длительно сохраняющих свои высокие рабочие свойства: эффективность преобразования световой энергии в электрическую через 10 лет должна быть не ниже 15 % (92).

Лидируют Япония и США. Поддержка желательна по тем же направлениям, что и для третьей проблемы. Вероятный срок ее решения – 2010 г.

9. Практическое применение многослойных солнечных элементов с коэффициентом преобразования световой энергии в электрическую более 50 % (91).

В качестве стран-лидеров определены Япония и США. Основные меры, необходимые для успешного развития этих работ: улучшение взаимодействия между научной и промышленной сферами, увеличение государственного финансирования, укрепление кадрового потенциала. Вероятный срок решения проблемы – 2016 г.

10. Практическое применение «крупноформатных» солнечных элементов из аморфного кремния с коэффициентом преобразования более 20 % (91).

Лидируют Япония и США. Основные меры поддержки те же, что и для предыдущей проблемы. Вероятный срок ее решения – 2011 г.

Перечисленные выше проблемы, имеющие наиболее высокий индекс актуальности (более 90), дают весьма конкретное представление о рекомендуемых японскими экспертами первоочередных направлениях научно-технического развития.

В материалах **шестого прогноза** было выделено 100 проблем с наивысшими значениями индекса актуальности. При этом на «головные позиции» вышли технологии защиты окружающей среды (25 проблем) и технологии информатизации (24 проблемы). Существенная доля приходится на живые системы (17 проблем). Заметно представлены технологии предупреждения опасных стихийных явлений и технологии «новой энергетики» (по 11 проблем).

Несомненно, было бы интересно узнать, в какой мере сбываются японские научно-технические прогнозы, или, говоря более строго, насколько достоверными оказались сроки реализации событий по каждой проблеме, обозначенной в прогнозе. Ответить на этот вопрос, естественно, можно лишь путем сопоставления спрогнозированных сроков с истинными; правда, для этого нужно дождаться времени реального наступления событий, представленных в темах прогноза. А поскольку горизонт прогнозирования составляет 30 лет, то в полном объеме необходимые сопоставления могут быть проведены лишь к концу этого периода. В ходе подготовки материалов шестого прогноза такая работа была успешно проведена. В частности, специально рассматривался вопрос, были ли реально осуществлены события, которые, согласно первому прогнозу, должны были реализоваться до 1996 г.³

Как отмечалось выше, первый японский научно-технический прогноз был опубликован в 1971 г. В нем были проанализированы 644 проблемы, причем до 1996 г. прогнозировалось решение 588 проблем. Сопоставление с практическими реалиями показало, что полностью было решено 26 % проблем, а частично – 38 %. Иначе говоря, почти 2/3 от общего числа проблем, сформулированных в первом прогнозе, было полностью или частично решено в спрогнозированные сроки.

Интересно отметить, что процент проблем, решенных в предсказанные сроки, существенно меняется, во-первых, в зависимости от тематического раздела, к которому они принадлежат, и, во-вторых, от прогнозируемого времени реализации. Наиболее высокий процент проблем, работы по которым успешно и в полном объеме завершились в предсказанные сроки, отмечен по разделу «Информатизация» – 34 %. Далее следуют разделы «Промышленность и ресурсы» – 29 %, «Сельское хозяйство и пищевые продукты» – также 29 %, «Медицина и здравоохранение» – 19 % и «Социальные условия» – 15 %. Если провести сопоставление тематических разделов, учитывая и частично завершённые темы, то они выстроятся в ином порядке: «Медицина и здравоохранение» – 82 %, «Сельское хозяйство и пищевые продукты» – 77 %, «Информатизация» – 65 %, «Промышленность и ресурсы» – 55 %, «Социальные условия» – 54 %. (Раздел «Социальные условия» включал в себя такие области, как защита окружающей среды, об-

разование, транспорт, организация перевозок и дорожное движение, городское хозяйство и строительство, досуг и др.)

Оказалось, что процент проблем, решенных в предсказанные сроки, наиболее высок, если эти сроки не очень сильно удалены в будущее. Так, для периода 1971–1980 гг. совпадение прогнозных сроков с реальными обнаружено для 45 % проблем (для 86 %, если учитывать частичное решение), для 1981–1985 гг. — 37 % (76 %), для 1986–1990 гг. — 20 % (59 %), для 1991–1995 гг. — 9 % (35 %).

Прогнозы, выполненные в Японии, способствовали тому, что и в других странах внимание к научно-техническому прогнозированию существенно возросло. Причем в качестве его методической основы за рубежом стали использовать именно японские прогнозы. Таков, например, английский прогноз, выполненный в рамках программы «Форсайт» и опубликованный в 1995 г.⁴ В нем непосредственно отмечается, что при его разработке активно учитывался японский опыт, причем следует заметить, что английские специалисты в определенной степени усовершенствовали японскую методику. Так, весьма интересной представляется рубрикация 15 тематических разделов английского прогноза: сельское хозяйство, природные ресурсы и окружающая среда; химические вещества; связь; строительство; авиационная, космическая и военная техника; энергия; финансовое дело; пищевые продукты; здравоохранение, науки о жизни; информационные технологии и электроника; учеба и досуг; производство, бизнес; материалы; торговля, снабжение; транспорт.

Оригинально сформулированы и позиции, по которым эксперты оценивали каждую из проблем:

- степень воздействия на прирост национального богатства, т. е. «экономическая актуальность» (четыре уровня);
- степень воздействия на качество жизни, т. е. «социальная актуальность» (четыре уровня);
- ожидаемые сроки реализации;
- необходимость сотрудничества с зарубежными партнерами (не требуется); целесообразно с европейцами; целесообразно в глобальном масштабе);
- английские позиции в сравнении с зарубежными в сферах исследований и разработок, генерирования инноваций, производства или услуг, эксплуатации и коммерциализации;

- препятствия на пути реализации (социокультурные, технические, производственные и коммерческие, ограниченные возможности финансирования, невысокая прибыль на инвестированный капитал, проблемы стандартизации и прав на интеллектуальную собственность, недостаточный уровень профессиональной подготовки для разработок и освоения рынка).

Таким образом, актуальность каждой проблемы оценивалась дважды — как в экономическом, так и в социальном аспектах. Затем выводилось среднее арифметическое показателей «экономической» и «социальной» актуальности и определялась «социально-экономическая актуальность».

Оригинальный подход был проявлен в Германии. Здесь экспертам было предложено проанализировать проблемы, составившие содержание *пятого японского прогноза*, т. е., по существу, повторить его, не знакомясь с ответами японских экспертов. Естественно, все оценки научно-технических проблем требовалось дать применительно к германским условиям. Результаты работы были представлены по такой же форме, как это было сделано в Японии, — в виде подробных таблиц, диаграмм и графиков. Интересно, что была обнаружена хорошая корреляция между японскими и германскими оценками проблем по уровню актуальности. Конечно, различие в актуальности одних и тех же проблем для разных стран является вполне естественным. Оно обнаружилось и в данном случае и послужило основанием к тому, чтобы сделать следующий шаг — выполнить совместный японско-германский прогноз, результаты которого были опубликованы в 1995 г.⁵ Проблемы сугубо национальной специфики в нем отсутствовали, а их общий перечень был составлен наполовину японскими и наполовину германскими специалистами.

Ввиду сложности организации подобной работы на межстрановом уровне было решено ограничиться четырьмя тематическими разделами: материалы, их получение и обработка; информатика и электроника; науки о жизни; окружающая среда.

Актуальность каждой проблемы эксперты оценивали исходя из следующих пяти критериев: развитие науки и техники; экономический рост; сохранение окружающей среды; прогресс в развивающихся странах; общественное развитие. В итоге были получены интересные и важные результаты, выявляющие главные

приоритеты мирового научно-технического развития. Это – искусственный интеллект, сверхпроводимость, нанотехнологии (на три порядка «миниатюрнее» микротехнологий), солнечные элементы, переработка отходов и др.

3.2. Прогнозы Министерства образования и науки (с 2001 г.)

Седьмой прогноз (на период до 2030 г.) был опубликован в 2001 г. Его тематические разделы сформированы следующим образом: 1) информатика и связь; 2) электроника; 3) живые системы; 4) здравоохранение и медицинское обслуживание; 5) сельское, лесное, рыбное хозяйство и производство пищевых продуктов; 6) Земля и Мировой океан; 7) космос; 8) ресурсы и энергия; 9) окружающая среда; 10) материалы и их обработка; 11) промышленное производство; 12) сфера обращения продукции; 13) бизнес и управление; 14) городское хозяйство, строительство и общественные работы; 15) транспорт; 16) сфера услуг.

В данном прогнозе список 100 наиболее актуальных проблем возглавляют технологии защиты окружающей среды и живые системы (по 26 проблем). За ними следуют технологии раздела «Информатика и связь» (21 проблема).

Приведем в качестве примера группу проблем из седьмого прогноза (до 2030 г.), которые, по оценкам экспертов, входят в «первую десятку» наиболее актуальных⁶.

Наивысшее значение индекса актуальности имеет проблема «Предсказание землетрясений силой от 7 баллов и выше за несколько дней до их возникновения». Решение этой проблемы ожидается к 2024 г. (далее сроки реализации указываются в скобках). Ее индекс актуальности равен 95. Две проблемы, имеющие индекс актуальности 94, связаны с устранением промышленных отходов. Это – практическое использование технологий безопасного удаления высокорadioактивных твердых отходов (2021 г.) и десятикратное уменьшение общего объема направляемых на скрапирование частей отслуживших свой срок промышленных изделий (2015 г.).

Четыре проблемы характеризуются индексом актуальности, равным 93. Три из них относятся к разделу «Живые системы (Науки о жизни)». Это определение и классификация генов, с которыми связаны заболевания диабетом, гипертонией и атеросклерозом

(2013 г.), разработка методов, позволяющих по параметрам ДНК определять новые функции протеинов (2009 г.), и практические использования эффективных средств борьбы с метастазами рака (2017 г.). Еще одна проблема с этим же индексом актуальности – широкое распространение информационных систем с надежной защитой от несанкционированного доступа (2010 г.).

Две проблемы имеют индекс актуальности 92 – создание информационных систем, обеспечивающих пользователей информационными потоками на уровне 150 Мбит/сек. при размерах месячной оплаты услуг порядка 20 долл. (2009 г.) и разработка метода оценки безопасности подземного хранения высокорadioактивных отходов (2016 г.).

Завершается «первая десятка» проблемой с индексом актуальности 91. Это практическое применение технологий массового производства кристаллов (чипов) с шириной линий менее 0,01 мкм (2015 г.).

Согласно **седьмому прогнозу**, 3/4 экспертов сочли достаточно опасным в природоохранном плане получение новых разновидностей сельскохозяйственных культур и расширение рыбных ресурсов на основе использования данных о геноме. Кроме того, 2/3 экспертов сочли результаты этих работ потенциально опасными для здоровья потребителей. У половины экспертов вызывают серьезную озабоченность разрабатываемые технологии захоронения емкостей с двуокисью углерода в Мировом океане на глубинах более 3 тыс. метров. Более половины относятся отрицательно к развитию методов компьютерного «считывания» информации непосредственно из головного мозга. Примерно 3/4 экспертов не одобряют создание технологий генного и психологического тестирования клиента для оценки того, насколько ему можно доверять при проведении операций страхования имущества или личного автотранспорта.

Следует отметить, что от прогноза к прогнозу происходит довольно серьезная «миграция» одинаково сформулированных проблем с одной позиции на другую. Так, например, проблема, которая в **шестом прогнозе** занимала по актуальности седьмую позицию, в следующем прогнозе оказалась на первой позиции. На 3-е место по актуальности в **седьмом прогнозе** вышла проблема, занимавшая в шестом прогнозе 21-е место. Аналогичным образом, на четвер-

той позиции оказалась проблема, занимавшая 32-е место, а на пятой — занимавшая 16-е место.

В 2005 г. Национальный институт научно-технической политики опубликовал результаты работы над **восьмым прогнозом** — на период до 2035 г. В следующем году он был опубликован и на английском языке. Он вышел в свет примерно за один год до введения в действие третьего базового плана научно-технического развития Японии (на 2006–2010 гг.), что позволило разработчикам этого плана использовать материалы прогноза в качестве своего рода карты мирового научно-технологического пространства. Было решено и в дальнейшем синхронизировать выпуск прогнозов с подготовкой очередных, рассчитанных на пятилетний период базовых планов научно-технического развития. Это позволило бы углубить содержание планов и улучшить их детализацию, а также повысить их роль в качестве средств управления инновационным развитием.

В **восьмом** прогнозе из 100 наиболее актуальных проблем 18 относится к разделу «Технологии для социальной инфраструктуры». Следует заметить, что этот тематический раздел введен в прогноз впервые. На раздел «Промышленное производство» пришлось 14 проблем, раздел «Космическое пространство, Земля и Мировой океан» вместил 15 проблем, а «Окружающая среда» — 10.

Таким образом, тематика наиболее актуальных исследовательских направлений, определяемая прогнозом, достаточно ясно показывает, в чем состоит в тот или иной период времени «социальный заказ» науке, а в конечном счете и производству со стороны японского общества. Отчетливо просматривается приоритетность проблем, касающихся организации жизнедеятельности японцев, решение которых повышало бы качество жизни, обеспечивало безопасность и гармонию с природой и обществом. Такова особенность японских прогнозов — большое внимание, уделяемое в них оценкам предполагаемого влияния научно-технических достижений будущего на природу и окружающую среду, на безопасность жизнедеятельности общества, а также на его культуру и этику.

В отличие от предыдущего в этом прогнозе было четко выделено 130 конкретных инновационных направлений, для каждого из которых было составлено подробное описание, раскрывающее как его содержание, так и социально-экономическую значимость.

Предложенные экспертам конкретные темы явились результатом аналитической работы 170 специалистов, входивших в состав 13 тематических комиссий. Общий контингент экспертов насчитывал 2300 человек.

Составители прогноза поставили перед собой задачу не только выявить наиболее актуальную и тем самым приоритетную, по мнению экспертов, тематику, но и установить соответствие между действующей в Японии общей системой приоритетов инновационного развития и соответствующими им инновационными направлениями. В результате была построена матрица «инновационные направления — приоритеты», фрагмент которой приводится в табл. 4.

Особую наглядность и методическую ценность имеет матрица в ее полном объеме, когда в ней представлены все инновационные направления, отраженные в прогнозе. Как полагает руководитель работы над прогнозом, на протяжении многих лет возглавляющий работы над форсайт-проектами, профессор Т. Кувахара, эти направления обобщают содержание общенациональных приоритетов инновационного развития, от которых зависит и уровень конкурентоспособности страны, и ее способность решать внутренние социально-экономические проблемы.

В рамках восьмого прогноза экспертам было предложено оценить 858 научных, инженерных и организационно-технических проблем, входящих в 13 тематических разделов научной, технической и организационной деятельности: информатика и телекоммуникации (связь); электроника; живые системы; медицина, здравоохранение, качество жизни; сельское, лесное и рыбное хозяйство, продовольствие; космическое пространство, Земля и Мировой океан; энергия и ресурсы; окружающая среда; нанотехнологии и материалы; промышленное производство; организация производственных процессов; технологии для социальной инфраструктуры; социальные ориентиры технологического развития⁷.

Каждый из вышеупомянутых тематических разделов, в свою очередь, подразделялся на ряд направлений (выше они были названы инновационными). В общей сложности, как уже отмечалось, в прогнозе было выделено 130 таких направлений, каждому из которых эксперты также давали оценку. Эти оценки обобщались и представлялись в графическом виде. Оценивалось влия-

Таблица 4

Фрагмент матрицы «Инновационные направления – приоритеты»

Инновационные направления	Науки о жизни	Информатика и связь	Экология	Нанотехнологии и материалы	Энергетика и ресурсы	Промышленные технологии	Инфраструктура	Земля и космос	Прочее
Высокопроизводительные компьютеры		▪							
Системы искусственного интеллекта		▪							
Новые принципы информатики и связи		▪							
Системы хранения информации		▪		▪					
Электроника для систем безопасности		▪					▪		
Молекулярная и органическая электроника		▪		▪					
Биоэлектроника	▪	▪		▪					
Информатика для медицины	▪	▪							
Превентивная медицина	▪								
Исследования мозга	▪								
Нанобиология	▪			▪					
Технологии освоения Мирового океана			▪					▪	
Глубинные исследования Земли			▪					▪	
Космические транспортные средства								▪	
Системы преобразования энергии			▪		▪				
Новые принципы атомной энергетики					▪				
Возобновляемые энергетические источники			▪		▪				
Методы оценки ресурсов					▪				
Технологии переработки отходов			▪		▪				
Предотвращение природных катастроф			▪				▪		

Продолжение табл. 4

Инновационные направления	Науки о жизни	Информатика и связь	Экология	Нанотехнологии и материалы	Энергетика и ресурсы	Промышленные технологии	Инфраструктура	Земля и космос	Прочее
Наноанализ и наноизмерения				▪					
Технологии нано- и микро-обработки				▪		▪			
Производственные системы «человек-робот»						▪			
Новые транспортные системы							▪		
Системы производства знаний									▪
Методы оценки технологий									▪

Источник: The 8-th Science and Technology Foresight Survey. Tokyo, 2005. P. 88.

ние каждого инновационного направления на научное развитие Японии, на ее экономику и социальную сферу. Японский уровень исследовательской деятельности на каждом из этих направлений сравнивался с уровнем аналогичных работ за рубежом – в США, Европе и Азии. Во всех случаях в качестве представителя Европы и Азии выбиралась страна, имевшая лучшие достижения на анализируемом направлении. Следует заметить, что на всех направлениях Япония среди азиатских стран была оценена экспертами как лидер в сфере исследований и разработок.

Ниже излагаются основные результаты оценок, данных экспертами каждому из 130 инновационных направлений, после чего в качестве примера приведены экспертные оценки ряда конкретных проблем. Десять проблем в прогнозе не отнесены ни к одному из инновационных направлений.

Информатика и телекоммуникации

1. *Обработка сверхбольших массивов информации* (4 проблемы). Направление характеризуется достаточно активным воздействи-

ем на экономическое развитие и существенным междисциплинарным влиянием, причем значимость его в обозримый период еще более возрастет. Уровень развития близок к американскому и выше европейского.

2. *Высокопроизводительные компьютерные системы* (5 проблем). Относительно умеренное воздействие на экономику и социальную среду, но достаточно благоприятное влияние на другие направления и дисциплины. В перспективе некоторое возрастание значимости. Небольшое отставание только от США.

3. *Интеллектуальный человеко-машинный интерфейс* (9 проблем). В среднесрочном плане проблематика приобретет довольно высокую актуальность как в экономическом, так и в социальном плане. Однако пока она имеет относительно умеренную важность. Заметно отставание от США, но с Европой равные позиции.

4. *Управление дистанционной передачей образов и ощущений* (14 проблем). Социально-экономическое влияние средней значимости, но в среднесрочном плане оно возрастет. Небольшое отставание от США.

5. *Обеспечение информационной безопасности* (10 проблем). Достаточно актуально для создания безопасных условий жизнедеятельности. Возрастает социально-экономическое влияние. Заметное отставание от США, однако устойчивый паритет с Европой.

6. *Информационные технологии для социальной сферы* (12 проблем). Социально-экономическая роль относительно велика, особенно быстро будет возрастать социальная значимость. Отставание от США и паритет с Европой.

7. *Новые принципы информатики и телекоммуникаций* (6 проблем). Достаточно ограниченный вклад в социально-экономическую сферу, более заметен он для научных областей. Вполне перспективны в обозримом будущем. Заметное отставание от США и небольшое от Европы.

8. *Сети, управляющие взаимодействием между любыми объектами* (8 проблем). Ускоренно выходят на позиции достаточно актуальных технологий в научном, экономическом и социальном плане. Отставания от США практически нет.

9. *Программное обеспечение для сверхбольших систем* (6 проблем). Заметное влияние на социально-экономическое и научно-

техническое развитие, которое будет возрастать. Несокращающееся значительное отставание от США и небольшое от Европы.

Электроника

10. *Интегральные схемы, альтернативные кремниевым* (4 проблемы). Пока достаточно высокая актуальность в научном плане и умеренная – в экономическом. Еще ниже социальная значимость. Ожидается рост этих показателей. Небольшое отставание от США.

11. *Новые поколения кремниевой электроники* (9 проблем). Достаточно высокий вклад в научно-техническое и экономическое развитие. В меньшей степени проявляется влияние на социальные аспекты. В обозримой перспективе ситуация не изменится. Небольшое отставание от США.

12. *Оптические и фотонные устройства* (11 проблем). Достаточно высокий и продолжающий нарастать вклад в научно-техническое и экономическое развитие. Ожидается рост влияния на качество жизни. Уровень исследований выше, чем в США.

13. *Беспроводная электроника* (4 проблемы). Достаточно высокий и быстро растущий уровень влияния на развитие общества. Исследования практически на уровне США.

14. *Биоэлектроника* (4 проблемы). Основной вклад – в научно-техническое развитие, но в скором времени последует активное воздействие на экономическую и социальную сферы. Довольно заметное отставание от уровня американских исследований.

15. *Молекулярная и органическая электроника* (4 проблемы). Активные исследования и разработки, однако умеренное влияние на экономику и общество. В обозримой перспективе достаточно энергичное развитие. Отставание от США по результативности исследований.

16. *Системы хранения информации* (4 проблемы). Результативные разработки и серьезный экономический эффект. Резервы дальнейшего роста невелики. Уровень разработок выше американского.

17. *Средства отображения информации* (5 проблем). Положительное влияние на науку, экономику и качество жизни, которое сохранится и далее. Заметное превосходство разработок над американскими.

18. *Высокоэффективные источники энергии* (3 проблемы). Привлекают достаточно большим влиянием на прогресс в науке и экономике. Некоторое превосходство разработок над американскими.

19. *Цифровая бытовая аппаратура* (4 проблемы). Довольно большое влияние на экономику, которое продолжит свой рост при одновременном повышении качества жизни. Заметное превосходство над США.

20. *Электроника повсеместного применения* (3 проблемы). Набирающие темпы распространения миниатюрные приборы и информационные системы, обеспечивающие сопровождение жизненного процесса. Состояние разработок на уровне США.

21. *Электроника для робототехники* (3 проблемы). Быстро растут научные, экономические и социальные перспективы. Заметное превосходство над США.

22. *Автомобильная электроника* (3 проблемы). Основной вклад в развитие автомобильной отрасли и качество жизни. Имеет хорошие перспективы. Заметное превосходство над США.

23. *Электроника для систем связи* (3 проблемы). Представляет растущий научный, экономический и социальный интерес. Небольшое отставание от США.

24. *Электроника для систем безопасности* (5 проблем). Социально-экономические перспективы основаны на форсировании параметров, обеспечивающих безопасность. По разработкам — позади США, на уровне Европы.

Живые системы

25. *Фундаментальные исследования для создания новых медикаментов* (8 проблем). Пока преобладает научная значимость получаемых результатов. Ожидается серьезное влияние на все социально-экономические аспекты. Весьма заметное отставание от США и в некоторой степени от Европы.

26. *Фундаментальные работы по созданию новых методов лечения* (7 проблем). Ситуация полностью аналогична п. 25.

27. *Формирование и развитие мозга* (3 проблемы). При некотором научном прогрессе социально-экономические результаты все же не очень заметны. В перспективе будет способствовать улучшению качества жизни. Заметное отставание от США и в некоторой степени от Европы.

28. *Особо сложные функции головного мозга* (3 проблемы). Ситуация полностью отвечает п. 27.

29. *Природа аномальных состояний головного мозга* (3 проблемы). Результаты исследований в первую очередь должны сказаться на безопасности жизнедеятельности и качестве жизни. Заметное отставание от США и Европы.

30. *Технологии воспроизводства клеток, тканей и органов* (7 проблем). В среднесрочной перспективе смогут оказывать заметное влияние на социально-экономическую сферу. Ощутимое отставание от США.

31. *Приборная техника для биологии* (7 проблем). Как в научном, так и в социально экономическом плане особо заметного влияния не оказывает, в перспективе оно несколько возрастет. Отставание от США по некоторым технологиям.

32. *Управление биологическими функциями высшего порядка* (7 проблем). Весьма умеренные проявления в социально-экономической сфере с тенденцией к возрастанию. Ощутимое отставание от США.

33. *Информационная биология* (7 проблем). Начинают формироваться новые научные темы и производственные области, но в социальном плане прогресс весьма умеренный. Отставание по ряду направлений от США.

34. *Биологическое воздействие на окружающую среду* (9 проблем). В научном и экономическом плане тенденции недостаточны активные, но их стимулируют перспективы повышения качества жизни и безопасности. Определенное отставание от США.

35. *Биологические процессы на наноуровне* (4 проблемы). Энергичное развитие научной тематики с тенденцией коммерциализации достижений в новых производствах. Небольшое отставание от США.

Медицина, здравоохранение, качество жизни

36. *Персонализированная медицина* (18 проблем). Проявляется весомый и растущий вклад в качество и безопасность жизнедеятельности, ожидается повышение активности ряда производств. Заметное отставание от США по отдельным направлениям.

37. *Изучение и использование механизмов биозащиты* (12 проблем). Возрастающий вклад социального плана при отно-

сительно медленном проявлении экономических факторов. Несокращающееся отставание от США.

38. *Улучшение положения тяжелобольных и инвалидов* (11 проблем). Забота о повышении качества жизни и безопасности стимулирует ряд научных и производственных направлений. По многим направлениям отставание от США.

39. *Применение информационных технологий в медицине* (4 проблемы). Существенное и достаточно быстрое развитие научных исследований и ряда производств, повышение безопасности и качества жизни. Небольшое отставание от США.

40. *Существенная гуманизация отношений между медицинской средой и больными* (9 проблем). Пока имеет довольно слабое влияние на научную и производственную сферы, хотя могла бы заметно улучшить качество жизни. Не приходится ожидать серьезного ускорения ее развития. Значительное отставание от американских и европейских разработок.

41. *Превентивная медицина* (11 проблем). Проявляет возрастающее влияние не только на качество жизни, но и на исследовательскую и производственную деятельность. На многих направлениях отставание от США.

42. *Борьба с инфекционными болезнями* (6 проблем). Ситуация вполне аналогична п. 41.

43. *Медицина для стареющего общества* (9 проблем). По сравнению с п. 41 и 42 — более активное влияние на экономический процесс. Отставание как от американских, так и от европейских разработок.

Сельское, лесное и рыбное хозяйство, продовольствие

44. *Взаимовлияние между биоразнообразием и экосистемами* (8 проблем). Интерес к проблеме растет, но результаты незначительны, существенного экономического выхода пока нет. Исследования несколько отстают как от американских, так и от европейских.

45. *Биологические подходы к решению экологических проблем* (7 проблем). Происходит равномерное освоение всего спектра научных и социально-экономических проблем. Уровень разработок мало отличается от американского и несколько ниже европейского.

46. *Производственные технологии, улучшающие природопользование* (8 проблем). Обладают относительно невысоким потенциалом развития науки, но способствуют созданию новых производств и улучшению качества жизни. Разработки на уровне США, но немного отстают от европейских.

47. *Системы здорового питания* (11 проблем). Быстро развиваются в научном и производственном плане, внося заметный вклад в улучшение качества жизни. Разработки соответствуют уровню США и Европы.

48. *Постгеномные и биоинформационные продовольственные технологии* (12 проблем). Интенсивно развиваются в лабораторных условиях, но в социально-экономической сфере пока малорезультативны. Перспективны в среднесрочном плане. Отстают от США и Европы.

Космическое пространство, Земля и Мировой океан

49. *Технологии исследования планет* (4 проблемы). Стимулируя научные исследования, они не имеют и не будут иметь сколь-либо заметного влияния на экономику и качество жизни. Отставание от США значительное, от Европы — несколько меньшее.

50. *Поиск процессов жизни в космосе* (3 проблемы). При высоком уровне научных исследований не имеет реального социально-экономического эффекта. Уровень исследований ниже американского и ближе к европейскому.

51. *Исследование физики космоса* (5 проблем). Значительный научный интерес и определенное воздействие на ряд других дисциплин сочетаются с невысокими социально-экономическими результатами как в настоящее время, так и в среднесрочном плане. Некоторое отставание от США.

52. *Космический транспорт и космические станции* (6 проблем). Обеспечивая вклад в науку, направление представляет весомый интерес и для экономики, но социальный эффект невелик. Значительное отставание от США.

53. *Практические функции, реализуемые с помощью спутников* (4 проблемы). Данное направление имеет достаточно большое научное значение и играет весомую, непрерывно возрастающую роль в экономическом плане. Значительное отставание от США и Европы.

54. *Высокоточные наблюдения за состоянием Земли* (14 проблем). Существенный вклад в науку и в обеспечение безопасных условий жизнедеятельности. Дальнейшее возрастание влияния на социальную сферу. Уровень исследований и разработок почти сравнялся с европейским и довольно близок к американскому.

55. *Проявления жизненных процессов в экстремальных условиях* (2 проблемы). В основном представляют чисто научный интерес. Некоторое отставание от Европы и заметное — от США.

56. *Исследования земных глубин* (7 проблем). Достаточно высокий научный интерес и очень небольшой экономический. Могут способствовать созданию более безопасных условий жизнедеятельности. Небольшое отставание от США, при небольшом превосходстве над Европой.

57. *Исследования Мирового океана и его дна* (6 проблем). В основном развивают научные области, а в экономическом и социальном плане являются пока не очень значительными, но в перспективе станут более актуальными. Очень небольшое отставание от США, но некоторое превосходство над Европой.

58. *Общесовициализационные аспекты использования космоса, Мирового океана и Земли* (10 проблем). Данное направление оказывает главное влияние на повышение безопасности жизнедеятельности и качество жизни. Существенно влияет на научное и экономическое развитие. Уровень научно-технических достижений близок к американскому и несколько превосходит европейский.

59. *Использование космических и других «экстремальных» технологий в иных сферах деятельности* (15 проблем). Существенно продвигает науку и технику и стимулирует развитие ряда производств. Заметное отставание от США и небольшое — от Европы.

Энергия и ресурсы

60. *Новые схемы АЭС* (5 проблем). Характеризуются умеренным влиянием как на научно-техническую, так и на социально-экономическую сферу. Разработки на уровне США и Европы.

61. *Использование термоядерных реакций* (1 проблема). Относительно невысокое влияние как на углубление, так и на расширение научных исследований. Небольшая, но тем не менее возрастающая экономическая и социальная значимость. Уровень исследований соответствует европейскому и несколько превышает американский.

62. *Энергетические установки на водородном топливе* (5 проблем). Представляют определенный, заметно возрастающий интерес в научном и экономическом плане. Уровень исследований соответствует американскому и выше европейского.

63. *Топливные элементы* (4 проблемы). Тематика приближается к достаточно высокому уровню научной и экономической значимости. В области исследований и разработок – впереди США и Европы.

64. *Децентрализация в энергосистемах* (5 проблем). В обозримой перспективе будет играть существенную роль в энергетике. Уровень исследований выше, чем в США и Европе.

65. *Использование возобновляемых энергоресурсов* (6 проблем). Средний уровень значимости как в научно-техническом, так и в экономическом аспекте, однако имеются определенные перспективы. Уровень исследований и разработок соответствует европейскому и выше американского.

66. *Углеродные технологии* (3 проблемы). Актуальность и перспективы аналогичны п. 65. Уровень разработок выше американского и европейского.

67. *Эффективное преобразование и использование энергии* (6 проблем). Представляют заметный, возрастающий интерес в научно-техническом и экономическом плане. В части исследований и разработок существенное превосходство над США и Европой.

68. *Методы оценки и разработки ресурсов* (10 проблем). Представляет умеренный, но растущий интерес как в научно-техническом, так и в социально-экономическом плане. Уровень исследований и разработок ниже, чем в США и Европе.

69. *Системы переработки отходов* (6 проблем). Основной интерес представляют в экономическом, хозяйственном плане. Существенна и непрерывно возрастающая социальная роль. Уровень исследований и разработок превосходит европейский и заметно выше американского.

Окружающая среда

70. *Исследования процессов глобального масштаба* (9 проблем). Углубляют и расширяют сферу научных работ, формируют новые хозяйственные отрасли. В научно-техническом плане на уровне США, с небольшим отставанием от Европы.

71. *Оптимизация формирования городской среды* (10 проблем). Основное влияние оказывает на безопасность жизнедеятельности и качество жизни, внося определенные изменения и в экономические процессы. Научно-технический уровень соответствует американскому и несколько ниже европейского.

72. *Обеспечение экологической безопасности* (11 проблем). Активно влияет на научные дисциплины и экономическую деятельность, улучшая качество жизни. Уровень исследований ниже американского и европейского.

73. *Разработка экономических индикаторов воздействия на окружающую среду* (8 проблем). Обеспечивает повышение качества жизни, а также рационализацию производственной структуры. Исследования отстают от американского и европейского уровня.

74. *Формирование экологических ограничений, накладываемых на жизнедеятельность* (4 проблемы). Окажет разностороннее влияние на науку и экономику, улучшит качество жизни. Уровень разработок выше американского, но ниже европейского.

75. *Предупреждение природных и техногенных катастроф* (3 проблемы). Обеспечивает повышение безопасности жизнедеятельности, а также рационализацию и условия функционирования ряда производств. Уровень исследований и разработок ниже американского и европейского.

76. *Гидрология и управление водными ресурсами* (10 проблем). Определенное влияние на научно-исследовательскую проблематику и промышленную деятельность. Уровень исследований и разработок соответствует американскому и европейскому.

Нанотехнологии и материалы

77. *Моделирование наноматериалов* (3 проблемы). Быстро возрастает научная значимость и расширяются области исследований. Развертываются новые производственные направления. Разработки ведутся на уровне европейских стран с некоторым отставанием от США.

78. *Наноизмерения и наноанализ* (8 проблем). Активно влияют на развитие научных дисциплин и экономическую деятельность. Исследования соответствуют уровню США и опережают европейские.

79. *Нанотехнологии в производственных процессах* (6 проблем). Оказывают существенное и непрерывно возрастающее влияние на научную и экономическую сферы. Уровень исследований и разработок выше, чем в США и Европе.

80. *Нанотехнологии для получения новых материалов и веществ* (11 проблем). Научная актуальность и производственные перспективы аналогичны п. 79. Уровень разработок выше, чем в США и Европе.

81. *Управление структурой материалов на наноуровне* (14 проблем). По вкладу в науку и производство полная аналогия с п. 79 и 80. Уровень исследований и разработок выше, чем в США, и заметно выше европейского.

82. *Наноприборы и сенсорные наноустройства* (6 проблем). Работы в данной области оказывают заметное влияние на науку и быстро расширяют перспективы производства. Уровень исследований выше европейского и почти сравнялся с американским.

83. *Нанозлектронномеханические системы* (5 проблем). По сравнению с п. 82 характеризуются несколько меньшим воздействием на науку и производство, но развиваются практически такими же темпами. Уровень исследований выше европейского и равен американскому.

84. *Нанотехнологии для сферы экологии и энергетики* (5 проблем). Помимо быстро возрастающего влияния на науку и экономику приобретают большое социальное влияние, в частности на качество жизни. Уровень исследований и разработок заметно выше, чем в США и Европе.

85. *Нанобиологические устройства* (7 проблем). По научной актуальности и воздействию на экономическую деятельность аналогия с п. 79–81, при значительно более высоком влиянии на социальную сферу. Исследования соответствуют европейскому уровню и отстают от американского.

86. *Нанотехнологии и качество жизни* (5 проблем). Пока умеренное, но возрастающее влияние как на науку и экономику, так и на социальную сферу. В обозримой перспективе — существенный прогресс в улучшении качества жизни и безопасности жизнедеятельности. В области исследований — отставание от США и Европы.

Промышленное производство

87. *Высокоинформатизированные производственные технологии* (6 проблем). Вносят заметный вклад в промышленное развитие и будут активно влиять на него и в дальнейшем. Способствуют возникновению новых научных направлений. Уровень исследований и разработок близок к американскому и выше европейского.

88. *Виртуальные технологии в проектировании* (5 проблем). Представляют определенный интерес в научном и особенно в производственном плане. Разработки на уровне Европы и несколько уступают американским.

89. *Производство продукции с высокой добавленной стоимостью* (5 проблем). По вкладу в науку и производство соответствует п. 88. Уровень разработок выше американского и европейского.

90. *Микро- и наномашинные технологии* (6 проблем). Обеспечивают заметный вклад в научное и производственное развитие, который будет возрастать и далее. Уровень разработок выше американского и европейского.

91. *Технологии производства, ориентированные на будущую утилизацию продукции* (8 проблем). Наибольший эффект в социальной сфере, в то же время активное влияние проявляется и в экономике. Уровень разработок соответствует европейскому и выше американского.

92. *Производственные системы «человек – робот»* (10 проблем). Заметное и ускоряющееся воздействие на научную, экономическую и социальную сферы. Уровень исследований и разработок существенно выше, чем в США и Европе.

93. *Производственные технологии, реализуемые в необычных условиях* (3 проблемы). Характеризуются относительно небольшим, но уверенно возрастающим влиянием на науку и производство. Исследования и разработки практически на уровне Европы, с отставанием от США.

94. *Использование наукоемких технологий в гражданском строительстве* (6 проблем). Характеризуется существенным влиянием на экономику и прогрессом в социальной сфере. Уровень разработок выше, чем в США и Европе.

95. *Специальные технологии обработки поверхностей* (6 проблем). Характеризуются весомым, возрастающим вкладом в развитие науки и производства. Уровень разработок выше, чем в США и Европе.

Организация производственных процессов

96. *Оптимизация региональных производственных условий* (5 проблем). Оказывает существенное влияние на качество жизни и экономический процесс, которое заметно возрастет в обозримой перспективе. Исследования отстают от американских и европейских.

97. *Техника управления знаниями* (7 проблем). Активно развивается на основе научной методологии, и в обозримой перспективе приобретет достаточно большое влияние на производство. Уровень исследований ниже американского и европейского.

98. *Техника принятия решений и управление в компаниях* (10 проблем). Оказывает достаточно большое влияние на экономику, а в перспективе усилится и ее социальное влияние. Уровень исследований ниже американского и европейского.

99. *Методы управления на государственном уровне* (6 проблем). Характеризуются умеренными масштабами влияния на экономику, которое более ощутимо в социальной сфере. В обозримой перспективе это влияние должно возрасти. Уровень исследований ниже американского и европейского.

100. *Методы управления рисками и финансами* (6 проблем). Оказывают существенное влияние на экономику и социальную сферу. По мере совершенствования методологии их влияние будет возрастать. Уровень исследований ниже американского и европейского.

101. *Методы управления людскими ресурсами* (7 проблем). Оказывают существенное влияние на развитие производства и качество жизни, которое в обозримой перспективе возрастет. Исследования отстают и от американских, и от европейских.

102. *Организация конкуренции и кооперации* (4 проблемы). В плане социально-экономического воздействия – полная аналогия с п. 101. Уровень исследований ниже американского и ближе к европейскому.

103. *Повышение производительности в сервисных отраслях* (5 проблем). Ситуация аналогична п. 101 и 102. Уровень исследований ниже американского и европейского.

104. *Гармонизация деятельности с социальной и природной средой* (4 проблемы). Наряду с рационализацией экономической деятельности оказывает существенное влияние на безопасность

жизнедеятельности и качество жизни. В обозримой перспективе эти воздействия станут еще более значительными. Исследования соответствуют американскому уровню и несколько отстают от европейского.

105. *Усиление влияния искусства и культуры на производственные направления и технологии* (5 проблем). Это влияние, пока весьма умеренное, в обозримой перспективе должно усилиться и привести к образованию новых производств и повышению качества жизни. Уровень исследований несколько ниже, чем в США и Европе.

Технологии для социальной инфраструктуры

106. *Развитие социальной инфраструктуры малонаселенных территорий* (6 проблем). Характеризуется умеренным влиянием на экономику и в основном влияет на безопасность и качество жизни. В обозримой перспективе обеспечит весомый вклад в развитие новых производств и усилит свое социальное влияние. Уровень исследований, будучи ниже европейского, довольно близок к американскому.

107. *Методы повышения надежности и безопасности эксплуатации технических систем* (8 проблем). Их развитие имеет достаточно высокую экономическую и еще большую социальную значимость, характеризующуюся непрерывным возрастанием. Уровень исследований выше, чем в США и Европе.

108. *Методы оценки состояния и эффективной реконструкции объектов инфраструктуры* (5 проблем). Характеризуются достаточно высоким влиянием на безопасность жизнедеятельности и качество жизни. В дальнейшем это влияние несколько возрастет. Исследования ведутся на уровне американских и европейских работ.

109. *Технологии, расширяющие возможности пожилых людей* (7 проблем). Имеют достаточно большое влияние в социальном плане и обеспечивают развитие новых производств, что в обозримой перспективе станет еще более заметным. Исследования по своему уровню близки к американским и несколько отстают от европейских.

110. *Методы учета особенностей и ресурсов окружающей среды* (6 проблем). Характеризуются заметным, постепенно возрастающим влиянием как факторы социально-экономического разви-

тия. Исследования близки к американскому уровню и несколько отстают от европейских.

111. *Технологии надежного и качественного водообеспечения* (6 проблем). Отличаются умеренным экономическим эффектом и достаточно большим влиянием на безопасность жизнедеятельности и качество жизни. В обозримой перспективе эти воздействия станут более заметными. Исследования на уровне США и Европы.

112. *Использование свойств окружающей среды для повышения качества жизни* (6 проблем). Заметно влияет на безопасность жизнедеятельности и качество жизни, формируя одновременно некоторые новые виды производств. В дальнейшем эти эффекты будут усиливаться. Исследования соответствуют уровню США и практически на уровне Европы.

113. *Технологии скрытого наблюдения для обеспечения безопасности* (2 проблемы). Характеризуются достаточно большим, постепенно возрастающим влиянием на безопасность жизнедеятельности и стимулируют развитие новых производств. Исследования немного отстают от американских и европейских.

114. *Технологии предотвращения природных и техногенных катастроф* (14 проблем). Оказывают довольно большое влияние на безопасность жизнедеятельности и качество жизни, которое в обозримой перспективе несколько возрастет и будет способствовать повышению экономической активности. Уровень исследований заметно выше, чем в США и Европе.

115. *Развитие общественных мер по совершенствованию условий жизни* (5 проблем). Характеризуется достаточно большим социальным эффектом, который в обозримой перспективе дополнительно возрастет. Исследования несколько отстают от американских и европейских.

116. *Разработка новых типов транспортных средств* (12 проблем). Обеспечивает заметный вклад в социально-экономическое и научное развитие, характеризующийся постоянным возрастанием. Уровень исследований и разработок несколько выше, чем в США и Европе.

117. *Создание систем, повышающих безопасность транспорта* (3 проблемы). Активно способствует формированию более безопасных условий жизнедеятельности. Исследования и разработки несколько превосходят американские и европейские.

118. *Транспортные технологии, снижающие воздействие на окружающую среду* (10 проблем). Имеют заметное, постоянно усиливающееся влияние на социально-экономическое развитие. Уровень исследований и разработок выше американского и европейского.

119. *Разработка усовершенствованных логистических систем* (2 проблемы). Имеет умеренное влияние на производство и качество жизни, но в обозримой перспективе оно возрастет. Уровень исследований и разработок практически равен американскому и европейскому.

Социальные ориентиры технологического развития

120. *Обеспечение высокого качества жизненных условий* (6 проблем). Заметно способствует созданию безопасных условий жизнедеятельности и улучшению качества жизни. В обозримой перспективе начнет оказывать достаточно большое влияние на экономику. Уровень исследований соответствует европейскому и несколько ниже американского.

121. *Обеспечение безопасности проживания в городах* (9 проблем). Вносит существенный вклад в создание безопасных условий жизнедеятельности и значительно повышает качество жизни, что в обозримой перспективе будет проявляться еще заметнее. Исследования несколько отстают от европейских и более существенно — от американских.

122. *Обеспечение эффективного доступа к социальным службам* (5 проблем). Оказывает заметное и быстро возрастающее влияние на социальную сферу и способствует развитию новых производств. Уровень исследований несколько ниже американского и европейского.

123. *Обеспечение поддержки инвалидов и престарелых* (4 проблемы). В социально-экономическом плане и в межстрановом аспекте положение аналогично п. 122.

124. *Широкое применение результатов исследований головного мозга* (4 проблемы). В заметной степени способствует развитию науки, однако оказывает умеренное влияние на социально-экономическую сферу. В обозримой перспективе оно заметно возрастет. Уровень исследований несколько ниже американского и близок к европейскому.

125. *Решение проблем, связанных с процессами интернационализации* (5 проблем). Заметное положительное воздействие на социальную сферу. В обозримой перспективе аналогичное влияние проявится и в отношении производственного сектора. Исследования заметно отстают от американских и европейских.

126. *Разработка технологий для сферы образования и обучения* (4 проблемы). Оказывает умеренное влияние на все сферы, но в обозримой перспективе оно заметно возрастет. Уровень исследований несколько ниже, чем в США и Европе.

127. *Максимальное приближение реставрационных технологий к первоначальным* (4 проблемы). Направление характеризуется не очень большим, однако возрастающим влиянием на социально-экономическую сферу. Вносит определенный вклад в развитие науки. Уровень исследований соответствует американскому и европейскому.

128. *Эффективные системы производства знаний* (5 проблем). Оказывают заметное и возрастающее влияние на научную и социально-экономическую сферы. Исследования несколько отстают от европейского и в еще большей степени от американского уровня.

129. *Создание технологий для индустрии культурных развлечений* (4 проблемы). Достаточно заметное воздействие на организацию новых направлений экономической деятельности. В обозримой перспективе оно усилится, охватит научную сферу и проявится также в повышении качества жизни. Уровень разработок намного выше американского и европейского.

130. *Методы оценки технологий и их взаимодействия с обществом* (6 проблем). Характеризуются умеренным влиянием на научную и производственную деятельность и достаточно заметным — на социальную сферу. В обозримой перспективе наряду с его ростом в названных областях станет достаточно заметным воздействие на сферу науки. Исследования заметно отстают от уровня США и Европы.

Как видно из изложенного, рассмотренный «набор» из 130 инновационных направлений является своего рода универсальным перечнем областей деятельности, которые можно рассматривать в качестве наиважнейших для устойчивого развития общества. Вполне правомерно предположить, что именно в пределах этого

перечня заключены наиболее важные, критические технологии общенационального уровня. Поэтому для выявления этих технологий следовало бы обращаться к этому перечню.

Как уже отмечалось, важнейшей задачей проведенного обследования являлось определение наиболее актуальной тематики, т. е. конкретных приоритетов «на микроуровне». Приведем примеры таковых из всех 13 тематических разделов последнего японского прогноза. По итогам второго тура экспертного обследования все они характеризуются максимальным значением индекса актуальности в рамках своего раздела.

Информатика и коммуникации. Создание высоконадежной сетевой системы, исключающей несанкционированный доступ к информации и тем самым обеспечивающей ее секретность (индекс актуальности 93).

Все 120 экспертов, рассматривавших эту проблему, указали, что лидируют в ее решении США и что она, возможно, будет решена в начале следующего десятилетия. Характеризуя техническую часть проблемы, 56 % экспертов отметили необходимость более активного государственного участия — финансовой поддержки соответствующих работ, организации более тесного междисциплинарного взаимодействия между исследователями трех основных научных секторов — компаний, университетов и государственных НИИ, а также укрепления кадрового потенциала. Для широкого практического применения обсуждаемой системы государство также должно использовать некоторые свои рычаги: налоги, субсидии, госзаказы — так считают 62 % экспертов.

Электроника. Создание датчика перемещений земной коры, позволяющего предсказывать землетрясение за несколько минут до его начала (индекс актуальности 93).

Возможность создания такого прибора обсуждала группа из 90 экспертов. Почти все они считают, что именно Япония является лидером в работе над этой проблемой и что она будет решена в середине следующего десятилетия, причем 84 % экспертов считают необходимым активную государственную поддержку исследований. Направления поддержки — те же, что и в предыдущем случае, плюс развитие исследовательской инфраструктуры. На этапе внедрения таких приборов в практическую сферу, как полагают 78 % экспертов, снова потребуются помощь государства.

Живые системы. Разработка эффективных методов предотвращения метастазов рака (индекс актуальности 89).

Проблему обсуждали 173 эксперта, практически все в качестве лидера указали США. Крайним сроком ее решения представляется 2025 г., однако еще не менее 10 лет потребуются для широкого распространения этих методов. Лишь около 10 % экспертов являлись профессионалами в этой области, и именно они, в отличие от остальных экспертов, указали на безусловную необходимость государственной поддержки при изучении этой проблемы, особенно подчеркнув необходимость кадрового и финансового обеспечения работ.

Медицина, здравоохранение, качество жизни. Выяснение патогенеза атеросклероза (индекс актуальности 92).

В обсуждении проблемы участвовал 91 эксперт. Возможно, в научном плане она будет решена к 2015 г., однако пока не выяснено, когда это решение начнет использоваться на практике. В качестве безусловного лидера в исследованиях названы США. Необходимость государственной поддержки работ не особенно велика, однако весьма целесообразно усилить финансирование и кадровое обеспечение.

Сельское, лесное и рыбное хозяйство, продовольствие. Выяснение степени риска при использовании вредных химикатов (тяжелых металлов, веществ, поражающих эндокринную систему и др.) на основе изучения результатов их длительного воздействия на людей и животных, на сельскохозяйственные культуры и на экосистему в целом (индекс актуальности 93).

Обобщенное мнение 185 экспертов состоит в том, что, возможно, проблема будет решена до 2015 г., но потребуется еще около 10 лет, прежде чем решения будут внедрены в повсеместную практику. В исследованиях лидируют США и Европа. Признается необходимой активная помощь государства в проведении исследований — в части финансирования, кадрового обеспечения, развития исследовательской инфраструктуры.

Космическое пространство, Земля и Мировой океан. Создание системы обеспечения безопасности жизнедеятельности, включающей в себя спутники наблюдения и связи, глобальные системы позиционирования (GPS), беспилотные летательные аппараты и др., которая осуществляет мониторинг земной поверхности и пе-

редает информацию о крупных катастрофах и их последствиях в соответствующие центры (индекс актуальности 98).

В обсуждении проблемы участвовали 183 эксперта. Сделан вывод о том, что в 2010-е годы такая система начнет практически применяться. В ее разработке лидируют США, заметный вклад вносит Япония. Крайне необходима правительственная поддержка разработок, причем одновременно по нескольким направлениям — дополнительное финансирование, укрепление кадрами, развитие научно-исследовательской инфраструктуры, объединение усилий государственных НИИ, университетов и компаний.

Энергия и ресурсы. Разработка технологий удаления отработавших ядерных материалов с высоким уровнем радиоактивности (индекс актуальности 90).

Группа из 116 экспертов считает вероятным сроком практического применения технологий 2030-е годы. В их создании лидируют США и Европа. Отмечается необходимость энергичной государственной поддержки как на этапе разработки, так и при практическом внедрении. Эксперты, являвшиеся специалистами в данной области, подчеркнули необходимость совершенствования исследовательской инфраструктуры, большей финансовой и кадровой поддержки.

Окружающая среда. Разработка методов прогнозирования аномальных погодных явлений, обусловленных климатическими изменениями и вызывающих катастрофические последствия (индекс актуальности 94).

По мнению группы из 122 экспертов, эти методы начнут практически применяться в 2020-е годы. Наиболее продвинутые разработки — в США. Существенная поддержка государства требуется как в ходе разработки, так и при внедрении результатов в общественную практику. В частности, нужна более активная финансовая и кадровая поддержка.

Промышленное производство. Организация производственных процессов, использующих источники энергии с незначительным выделением двуокси углерода (индекс актуальности 95).

Обобщенное мнение 128 экспертов состоит в том, что в начале 2020-х годов промышленность начнет широко использовать экологически чистые энергоресурсы (энергия Солнца и ветра, геотермальные источники, топливные элементы), системы совмест-

ного производства тепла и электричества, отходящую теплоту и др. В исследованиях и разработках лидирует Япония. Чрезвычайно важно, чтобы государство оказывало этим работам финансовую поддержку и способствовало их внедрению, используя соответствующие стимулирующие механизмы.

Организация производственных процессов. Более активное включение женщин в трудовые процессы путем более сбалансированной системы их занятости на службе, в семье, в период ухода за детьми и т.д. (индекс актуальности 90).

Группа из 74 экспертов определила середину 2010-х годов как вероятный срок решения этой проблемы. Указана важность активного государственного содействия, в первую очередь путем использования надлежащего стимулирования (налоги, субсидии и др.).

Технологии для социальной инфраструктуры. Разработка методов высокоточного предсказания количества дождевых осадков, позволяющих надежно прогнозировать наводнения и оползни (индекс актуальности 95).

По мнению группы из 83 экспертов, такие методы начнут применяться к 2020 г. В исследованиях и разработках лидирует Япония. Отмечается важность их активной государственной поддержки — финансового содействия и усиления координации между университетами, компаниями и НИИ. Эта координация будет необходима и на этапе практического внедрения этих методов, как и различные формы государственного стимулирования.

Социальные ориентиры технологического развития. Создание системы, позволяющей быстро и с высокой точностью определять сколь угодно малое количество взрывчатых веществ, радиоактивных материалов, лекарственных средств и патогенных микроорганизмов в местах большого скопления людей (индекс актуальности 86).

На основании оценок, выполненных группой из 78 экспертов, такие системы войдут в общественный обиход в 2020 г. Лидером в их создании являются США, но успешные разработки имеются и у Японии. Существует необходимость усилить их государственное финансирование и организационную поддержку, которая требуется также и на этапе внедрения.

Нанотехнологии и материалы. Создание производственных технологий, позволяющих производить обработку с точностью до одного нанометра (индекс актуальности 90).

Группа из 104 экспертов полагает, что применение этих технологий в производстве станет возможным к 2020 г. В качестве лидера в их разработке названа Япония. Нет серьезной необходимости в государственной поддержке ведущихся разработок, хотя дополнительное финансирование принесло бы определенную пользу. Однако на этапе внедрения государству следовало бы сыграть роль координатора для устранения трений межотраслевого и междисциплинарного плана.

Исключительное внимание, которое проявляется во всем мире к нанотехнологиям, и серьезные проекты, развернутые в этой области в Японии, побудили американскую аналитическую компанию РЭНД произвести оценку реальных возможностей японских разработчиков в области нанотехнологий. Компания предложила группе специалистов охарактеризовать наиболее весомые японские результаты в области нанотехнологий за последние 5–10 лет, сравнить их с лучшими зарубежными достижениями, а также оценить тенденции в развитии японских научных центров и отметить их особенно значимые работы⁸.

По мнению опрошенных специалистов, в последнее время успехи Японии в области создания новых материалов, имеющих широкие перспективы применения в самых разнообразных технических системах, стали достаточно заметны. Была отмечена высокая оснащенность японских лабораторий современным оборудованием — как в университетах, так и в промышленных компаниях. Вместе с тем при общении с японскими учеными и инженерами обращала на себя внимание их преимущественная ориентация на совершенствование уже достаточно известных процессов, нежели на поиск принципиально новых подходов. Причем постоянно обнаруживалось стремление японских коллег искать и находить практическое применение едва ли не каждому новому результату исследований. Большое впечатление производило их внимание к «мелочам», которые в значительной степени оказывались ответственными за конечный результат. Но при этом нередко японские специалисты, отлично зная, каким образом можно получить необходимый результат, не очень ясно представляли себе механизм процессов, ведущих к этому результату. При объяснении тех или иных явлений они предпочитали прибегать к аналогиям, не затрагивая их сущности.

В плане постановки исследований было отмечено стремление избегать повышенного риска и не браться за работы, которые с большой степенью вероятности могут оказаться нерезультативными. Предпочтением у японцев пользуются исследования в рамках уже апробированной тематики, особенно если уже видны пути последующего практического применения результатов. Практической направленности исследований способствует начавшееся в последнее время укрепление связей между лабораториями университетов и промышленностью. Во многих случаях эти связи более тесные, чем в США.

Что касается кадрового обеспечения, обратила на себя внимание недостаточность вспомогательного персонала: высококвалифицированные специалисты вынуждены выполнять много рутинной работы, в результате чего у них остается меньше времени на творческие процессы. При сравнении уровня ведущих японских и американских ученых нельзя было отдать безусловное предпочтение американцам: и в Японии есть ученые столь же высокого класса. Однако проблема японской науки заключается в том, что их довольно мало, тем более для страны со столь большой численностью населения.

Таким образом, был сделан вывод, что существенное расширение мировой научной тематики благодаря появлению и актуализации нанотехнологического направления вряд ли выделит Японию в качестве автора особо значимых научно-технических «прорывов». Хотя на этом направлении у нее будет немало успехов, слабые стороны ее научно-исследовательской системы, о которых шла речь выше, несомненно, будут снижать ее эффективность.

Вместе с тем высокотехнологичный производственный аппарат японской промышленности и доведенная до высшего уровня совершенства техника обеспечения качества являются реальными гарантиями будущих успехов в постановке на поток и выпуске нанотехнологической продукции.

Высокая степень автоматизации технологических процессов, обеспечивающая идеальное соблюдение предписанных технологий, в сочетании с мастерством работников японской промышленности, безусловно, позволяют Японии стать лидером в производстве нанотехнологических товаров подобно тому, как в про-

шлом она стала лидером в производстве практически всех видов электронной техники. Несомненно, японские компании с успехом смогут реализовать и с успехом освоенные ими схемы выхода на массовое производство этих видов продукции, что обеспечит снижение ее стоимости и тем самым — повышение конкурентоспособности.

Следует заметить, что нанотехнологическая продукция «в чистом виде» (например, нанотрубки, нанопорошки, нанобиочипы и др.) будет представлена главным образом в виде отдельных компонентов, предназначенных для последующего использования в товарах конечного спроса. Собственно наноконпоненты как в весовом, так и в стоимостном выражении будут характеризоваться достаточно скромными цифрами, однако объемы товаров, использующих наноконпоненты, окажутся весьма значительными, поскольку благодаря присутствию в них указанных конпонентов будут иметь существенно «продвинутые» технические характеристики и обладать более высокими потребительскими свойствами. Поэтому рынок многих традиционных товаров должен будет подвергнуться серьезной перестройке: их будут производить с использованием нанотехнологических конпонентов, причем в выпуске этих товаров, по-видимому, преуспеют именно японские фирмы, способные быстрее других вносить в выпускаемую продукцию любые разумные усовершенствования.

В марте 2010 г. был опубликован **девятый** японский прогноз (до 2040 г.), в котором были проанализированы 832 проблемы⁹. В работе над ним во втором туре участвовали 2239 экспертов. Тематические разделы этого прогноза, а также анализируемые экспертами проблемы были сформулированы таким образом, чтобы знакомиться с ними было полезно не только специалистам, но и самому широкому кругу лиц, интересующихся проблемами инновационного развития. Перечень тематических разделов прогноза был представлен в следующем виде:

1. Электроника, связь и нанотехнологии в информационном обществе.
2. Развитие технологий обработки информации.
3. Био- и нанотехнологии на службе человечеству.
4. Внедрение информационных технологий в медицину.

5. Исследования Земли и Вселенной, использование науки и техники для расширения сфер человеческой деятельности.

6. Глубокие преобразования в технологиях энергетики.

7. Использование водных, минеральных, продуктовых и прочих ресурсов, необходимых человечеству.

8. Технологии, способствующие охране окружающей среды и созданию безотходного общества.

9. Базовые технологии для развития наносистем, методов обработки материалов и измерительной техники.

10. Производственные технологии, способствующие развитию промышленности и общества и формирующие базис для развития науки и технологий.

11. Совершенствование методов и процессов управления на основе новейших достижений науки и техники.

12. Инфраструктурные технологии, лежащие в основе жизненной и производственной деятельности.

Для каждого тематического раздела эксперты указали страны, с которыми Японии было бы полезно усилить научно-техническое сотрудничество. Лидерами в списке таких стран являются США и страны Западной Европы. Далее с существенным отставанием следует Китай, значительно опережающий Республику Корея и Индию. Для России относительно высокий рейтинг отмечен лишь по тематике, связанной с природными ресурсами и освоением космоса.

Ниже представлены наиболее актуальные научно-технические проблемы, относящиеся к девятому тематическому разделу прогноза и отвечающие областям «Наноматериалы» (проблемы 1–7), «Новые практические технологии» (8–17) и «Измерения и стандарты» (18–20). В скобках через косую черту указаны выявленные в прогнозе сроки их принципиального технического решения и сроки их внедрения в социально-экономическую сферу: видно, что ожидаемый период внедрения результатов исследований и разработок в общественную практику составляет от 6 до 11 лет.

1. Новые функциональные материалы, созданные на основе объединения их исходных конпонентов путем управления структурой на наноуровне (2017 г. / 2023 г.).

2. Сверхточные полупроводниковые технологии ангстремного порядка (обработка, анализ, тестирование, in-situ мониторинг), обусловленные выходом на передний план лучевых методов (ион-

ных, электронных, лазерных) и новых систем управления оборудованием (2018 г./ 2027 г.).

3. Изоляционные материалы для использования в сверхбольших интегральных схемах, имеющие диэлектрическую проницаемость менее 1,5 (2018 г. / 2025 г.).

4. Технологии массового производства топлива и биопластиков из различных материалов растительного и микробиологического происхождения (2018 г. / 2025 г.).

5. Детали машин, работающие без смазки, и не требующие ухода подшипниковые узлы (2019 г. / 2028 г.).

6. Трехмерные наномасштабные технологии обработки для промышленного применения (2018 г. / 2025 г.).

7. Методы улучшения качества поверхностей трения, более чем вдвое продлевающие ресурс деталей (2019 г. / 2026 г.).

8. Крупноформатные тонкопленочные солнечные батареи с КПД более 20 %, отличающиеся невысокой стоимостью (2019 г. / 2027 г.).

9. Экологичные материалы с высоким коэффициентом преобразования и сохранения энергии для эффективного использования в конструкции возобновляемых источников энергии (2021 г./2030 г.).

10. Искусственные кровеносные сосуды с возможностью регенерации тканей, создаваемые из биоразлагаемых материалов, таких, как полимолочная кислота (2018 г./2026 г.).

11. Термоэлектрогенератор с коэффициентом преобразования энергии выше 10 % (2022 г. / 2031 г.).

12. Антитромботические протезы клапанов и сосудов, не требующие применения антикоагулянтов (2019 г./2027 г.).

13. Полупроводниковый лазер, работающий в глубоком ультрафиолете (2019 г. / 2026 г.).

14. Светоизлучающие поверхности из высокомолекулярных органических материалов, используемые для освещения вместо флуоресцентных ламп (2016 г. / 2023 г.).

15. Светоизлучающие устройства, не содержащие экологически вредных компонентов (2019 г. / 2028 г.).

16. Высокоэффективные топливные элементы для автомобилей, создаваемые без использования редких металлов (2020 г./ 2030 г.).

17. Технологии получения водорода из воды с использованием солнечного света, обеспечивающие эффективность преобразования энергии более 5 % (2024 г. / 2031 г.).

18. Методы определения износа металлических материалов средствами неразрушающего контроля, позволяющие оценить остаточный ресурс этих материалов (2018 г. / 2026 г.).

19. Оборудование для автоматического анализа массивов олигосахаридов, включая ответвления и связи (более 20 сахаров в массиве) (2020 г. / 2031 г.).

20. Реализация стандартов безопасного использования материалов капсул и доз помещаемых в них лекарств (ожидается в 2023 г.).

Представляют несомненный интерес перспективные технологии, относящиеся и к другим разделам тематического перечня. В скобках указаны вероятные сроки их технической реализации, а также продолжительность перехода к их широкому практическому применению:

- Технологии быстрого производства (RPM, Rapid Product Manufacturing), позволяющие на основе трехмерного изображения в течение 10 мин. создать опытную пресс-форму, а затем с ее использованием – и опытный образец изделия (2016 г. / 6 лет).

- Производственные системы с изменяющимися структурами, позволяющие производить широкую номенклатуру продукции, которые могут быть внедрены более чем на 50 % предприятий (2017 г. / 6 лет).

- Технологии бесконтактной передачи энергии на расстояние нескольких метров для автономно работающих роботов (2017 г./ 8 лет).

- Технологии изготовления изделий окончательной формы (путем литья, спекания, формовки) с точностью до 1 мкм (2017 г./ 7 лет).

- Сверхточные полупроводниковые производственные технологии ангстремного (0,1 нм) порядка (обработка, анализ, тестирование), возникновение которых обусловлено выходом на передний план лучевых и сенсорных технологий (2018 г. / 9 лет).

- Системы связи между автомобилями, предотвращающие лобовые столкновения и другие ДТП (2018 г. / 8 лет).

▪ Технологии создания компонентов машин и механизмов, не требующих в процессе эксплуатации специального ухода и смазки (2019 г. / 9 лет).

▪ Технологии, которые позволят превращать в повторно используемые материалы до 90 % массы выводимого из эксплуатации оборудования (2019 г. / 8 лет).

▪ Технологии создания сверхпрочных конструкционных материалов со сверхвысокой коррозионной стойкостью, в которых будут использоваться методы обработки на наноуровне. В частности, эти технологии могут применяться при строительстве мостов с пролетами более 4 км и при создании глубоководного оборудования (2020 г. / 9 лет).

▪ Медицинские технологии, использующие наночипы и микросенсоры, которые вживляются в организм или перемещаются по кровеносным сосудам, обеспечивая обмен информацией и осуществляя управляющие функции (2021 г. / 9 лет).

▪ Сверхъемкие запоминающие устройства (с емкостью 1 млн гигабайт и более), которые будут принципиально отличаться от запоминающих устройств, работающих по принципу флэш-памяти, и использовать принципы атомной и молекулярной самоорганизованной памяти (2022 г. / 8 лет).

▪ Технологии производства водорода из каменного угля, при которых не происходит выделения углекислого газа в атмосферу (2023 г. / 8 лет), а также получение его из воды путем использования солнечной энергии (2024 г. / 7 лет).

▪ Полимерные материалы, обладающие при комнатной температуре электропроводностью меди (2026 г. / 7 лет).

▪ Технологии поддержки проектирования и разработок с использованием введенных в компьютерную память мыслей человека, которые будут фиксироваться путем сканирования волн, эмитируемых его мозгом (2027 г. / 8 лет).

4. *Loveridge D., Georghiou L., Nedeva M.* United Kingdom Technology Foresight Programme. Manchester, 1995.

5. Science and Technology in Japan. 1996. № 58. P. 44.

6. The Seventh Technology Foresight Survey. NISTEP Report № 71. Tokyo, 2001. P. 16–21.

7. The 8-th Science and Technology Foresight Survey. NISTEP Report № 97. Tokyo. 2005. P. 11–20.

8. Science and Technology Research and Development Capacity in Japan. RAND Technical Report. Santa Monica-Arlington-Pittsburgh, 2004. P. 15–20.

9. The 9th Science and Technology Foresight. Delphi Survey. NISTEP Report № 140. Tokyo, 2010.

1. *Денисов Ю.Д.* Основные направления научно-технического прогресса в современной Японии. М.: Наука, 1987. С. 28–39.

2. The Sixth Technology Forecast Survey. NISTEP Report № 52. Tokyo, 1997. P. 16.

3. Ibid. P. 108–113.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Успехи Японии в инновационном развитии, безусловно, связаны с большим вниманием, которое здесь проявляется к изучению тенденций в сфере науки, техники и технологий. Думается, что ознакомление с содержанием японских прогнозов мирового инновационного развития позволяет лучше уяснить, в каких направлениях и какими темпами развиваются наука, техника и технологии в наиболее развитых странах современного мира. Это, в свою очередь, может способствовать более обоснованному выбору приоритетов и «прорывных» направлений при выработке национальной инновационной политики.

Представляет также интерес объективно оценить, какую часть научно-технических проблем из последнего японского прогноза и в какие сроки могли бы решить отечественные специалисты. Это позволило бы попутно произвести своего рода инвентаризацию имеющихся ресурсов научно-технического и инновационного развития и выяснить, какие меры необходимо предпринять для их вывода на более высокий уровень.

Существенно и то, что знакомство с проблематикой, привлекающей особое внимание японских ученых, позволило бы уточнить и расширить программы дальнейших исследований, проводимых в рамках российско-японского научно-технического сотрудничества.

Научное издание

ДЕНИСОВ
Юрий Дмитриевич

**Японские прогнозы
мирового инновационного развития**

Редактор Н. И. Иванова
Корректоры Н. И. Иванова, С.А. Суднищикова
Верстка С. А. Суднищиковой
Оформление Т. В. Иваншиной

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт Дальнего Востока Российской академии наук
117218, Москва, Нахимовский проспект, 32.

Подписано к печати 25.02.2013.
Формат 60 x 84/16.
Печ. л. 6. Тираж 150 экз.
Заказ № 9.