

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК**  
**ИНСТИТУТ НАУЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ**  
**ПО ОБЩЕСТВЕННЫМ НАУКАМ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**

**ЦЕНТР ИНФОРМАТИЗАЦИИ,  
СОЦИАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
И НАУКОВЕДЧЕСКОГО АНАЛИЗА**

**НАУКОВЕДЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
2006**

**СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ**

Москва  
2006

ББК 73  
Н 34

*Центр научно-информационных исследований  
по науке, образованию и технологиям*

Ответственный редактор  
д-р. филос. наук, профессор *А.И.Ракитов*

Н 34 **Науковедческие исследования:** Сб. науч. тр. / Отв.  
ред. Ракитов А.И.; РАН. ИНИОН. Центр науч.-информ.  
исслед. по науке, образованию и технологиям; Центр  
информатизации, социально-технол. исслед. и науковед.  
анализа. – М., 2006. – 230 с.  
**ISBN 5-248-00257-5**

В предлагаемом сборнике публикуются научно-информационные исследования, осуществленные на базе Интернет-науковедения, научометрии, экономики и социологии науки и высшего образования. Они содержат сравнительный анализ состояния приоритетных направлений науки, высоких технологий и высшей школы России и других развитых стран. В научный оборот введено много данных, ранее не фигурировавших в отечественной научоведческой литературе. Сборник рассчитан на тех, кто разрабатывает государственные стратегии развития, исследует и формирует инновационную экономику и подготавливает кадры, необходимые для их реализации.

In this edition we propose scientific researches made on the basis of Internet science of science, economics, sociology of science and of higher education. They contain comparative analysis about the prime trends in sciences, higher technology and higher school in Russia and other countries. Declared many new datas earlier not realized. The edition may be useful for the development of the strategy of science and innovation.

ББК 73  
ISBN 5-248-00257-5

© ИНИОН РАН, 2006

## ***СОДЕРЖАНИЕ***

Введение .....	4
<i>Ю.В.Грановский.</i> Анализ критических технологий приоритетного направления «Новые материалы и химические технологии».....	13
<i>Ю.В.Грановский.</i> Высшее образование в обществе, основанном на знаниях. ....	62
<i>А.А.Ярилин.</i> Развитие новых биотехнологий и их применение при лечении заболеваний человека.....	85
<i>В.Н.Журавлев.</i> Науковедческий анализ исследований по приоритетному направлению «Авиационные технологии».....	145

## **ВВЕДЕНИЕ**

В середине XX в. стало совершенно ясно, что будущее экономики зависит от наиболее важных и современных передовых высоких технологий и лежащих в их основе фундаментальных академических исследований, непосредственно определяющих безопасность страны, ее военную мощь и способность с минимальными потерями добиться максимального успеха в локальных, региональных и глобальных конфликтах. К ним относятся работы, обеспечивающие дальнейший прогресс ядерной энергетики, создание новых конструкций ракет и реактивных двигателей, совершенствование систем информации и коммуникаций, развитие транспорта (прежде всего, авиации), судостроения (включая атомные субмарины), точного приборостроения и машиностроения, робототехники, биологии (прежде всего генной инженерии), фармакологии и медицины (включая новые принципы и методы диагностики и терапии), создание искусственных материалов с заданными свойствами и т.д.

Высокие технологии выполняют функцию своеобразного локомотива, тянувшего за собой множество других технологических систем, содействуют совершенству и перманентной модернизации всех видов производства и повышению уровня его инновационности. От них зависит развитие всей экономики, экологическое благополучие, благосостояние и здоровье населения, устойчивое развитие гражданского общества. Благодаря им создаются новые предприятия и новые рабочие места, расширяется фронт научно-исследовательских работ, подготавливаются высококвалифицированные научные, профессорско-преподавательские, конструкторские и менеджерские кадры. Передовые страны отличаются быст-

рым накоплением, хранением и использованием результатов научных исследований, полученных с помощью естественных, социальных и гуманитарных наук. На базе науки развиваются производственные технологии, обеспечивающие устойчивое социально-экономическое развитие. Устойчивость создается минимизацией социальных конфликтов, финансовой стабильностью, спадом социально-политической напряженности, подъемом производства и обслуживания, успешной работой государственных институтов и пр.

Если ранее взаимодействие науки и технологий было эпизодическим, то во второй половине XX в. оно становится постоянным. В странах-лидерах роль науки как генератора высоких технологий общепризнана, и эта роль учитывается в государственной политике [12, 14]. Именно уровень развития и динамизм инновационной сферы – науки, новых технологий, научно-технических отраслей и компаний – определяет границы между богатыми и бедными странами. Формирование национальных инновационных систем (НИС) стало главным фактором долгосрочного роста мировой экономики. Успешное функционирование НИС требует наличия сильной науки и образования, эффективного взаимодействия государства и частного сектора. Приоритет государственной политики в развитии науки, образования, технологий, в формировании благоприятных условий для создания, накопления и распространения в экономике новых знаний – важнейший фактор сбалансированного развития всех элементов НИС [3].

На развитие науки и создание новых технологий требуются огромные средства. Без выявления стратегических направлений научно-технической политики невозможно рационально использовать ограниченные ресурсы и привлечь дополнительные средства из разных источников. Предпринимаемые в ряде западных стран усилия направлены на определение приоритетов научно-технического развития, обеспечивающих высокую конкурентоспособность продукции на мировом рынке, повышение качества жизни граждан и устойчивое экономическое развитие на ближайшие 10–20 лет. Рекомендации разрабатываются на основе анализа материальных и интеллектуальных ресурсов страны, возможности их укрепления и развития. Существенно, что выделение приоритетных направлений не означает, что прекращается финансирование и поддержка других

научных направлений. Но приоритетные направления в этом отношении все же имеют преимущество [1, 11, 15, 16].

В интересах организации рациональной государственной поддержки перманентного научно-технического прогресса в США и в других высокоразвитых постиндустриальных странах стали формировать и постоянно корректировать перечни высоких технологий, опирающихся на новейшие научные достижения и рыночную конъюнктуру. Появление новых высокоэффективных технологий приводит к росту «наукоемкости» многих отраслей промышленности. Этот процесс отличается освоением результатов научно-технической деятельности, высокими затратами на НИОКР, большой динамичностью производства, что выражается в постоянном обновлении производства, изменении количественных и качественных показателей, совершенствовании управления, увеличении доли участия высококвалифицированного научного, инженерно-технического и производственного персонала.

Таким образом, экономика должна строиться на фундаменте знания. Это требует поддержки научных центров, разрабатывающих высокоэффективные технологии. По такому пути развивались инновационные исследования в США, Великобритании, Германии и других развитых странах. Помимо поддержки центров необходимо создание системы выявления инновационно перспективных разработок на стадии поисковых исследований, продвижения этих разработок до уровня инновационных проектов, привлекательных для инвестирования; анализ мировых рынков продукции и услуг и формирование на основе этого анализа «портфеля технологий»; контроль жизненного цикла технологий на стратегически важных направлениях; объединение потенциалов гражданского сектора экономики и военно-промышленного комплекса [1, 11].

Ясно, что отбор, оценка, государственная правовая и финансовая поддержка высоких технологий, особенно в такой стране, как Россия, являются первостепенными политическими и экономическими проблемами, от решения которых во многом зависит будущее страны, благосостояние нации, национальная безопасность, конкурентоспособность национальной продукции, позиция на шкале глобального могущества. Внимание руководства страны к приоритетным направлениям и высоким технологиям нашло отражение в утвержденных 30 марта 2002 г. президентом России «Основах по-

литики Российской Федерации в области развития науки и технологий на период до 2010 г. и дальнейшую перспективу» [5, 10]. В этом документе отмечено, что целью государственной политики в области науки и технологий является переход к инновационному пути развития страны на основе избранных приоритетов, а также поддержка научных исследований и экспериментальных разработок в приоритетных направлениях развития науки, технологий и техники с учетом мировых тенденций в этой сфере. Приоритетные направления развития фундаментальных исследований определяются научным сообществом исходя из национальных интересов России. Важнейшие прикладные исследования и разработки нацелены на решение комплексных научно-технических и технологических проблем и ориентированы на конечный результат, способный стать инновационным продуктом. В разделе «Основ...», посвященном совершенствованию государственного регулирования в области развития науки и технологий, подчеркнуто, что государственная политика исходит из необходимости формирования и реализации приоритетных направлений развития науки и высоких технологий федерального, регионального и отраслевого значения. Они формируются в целях обеспечения реализации важнейших инновационных проектов. Приоритетные направления и высокие технологии подлежат периодической корректировке.

В нашей стране наиболее распространены термины «*приоритетные направления*» (ПН) и «*критические технологии*» (КТ). Приоритетные направления – это области исследований и разработок, обеспечивающие ускоренное научно-техническое, социальное и промышленное развитие страны, достижение основных социально-экономических целей. Каждое приоритетное направление объединяет некоторое множество критических технологий. Это, как правило, межотраслевые технологии, нацеленные на решение основных задач приоритетных направлений. Они и призваны сыграть решающую роль в социально-экономическом развитии страны. Пример – информационно-компьютерные технологии [17].

От решения проблемы отбора, оценки государственной правовой и финансовой поддержки высоких технологий во многом зависит будущее страны, благосостояние нации, национальная безопасность, конкурентоспособность отечественной продукции. Перечень приоритетных направлений и критических технологий

является ориентиром для государственной финансовой и правовой поддержки науки и технологических разработок. Поэтому важно понять, какие критерии и механизмы следует использовать для отбора технологий.

Поскольку эмпирические исследования состояния и перспектив развития отечественных научных исследований и базирующихся на них критических технологий в нашей стране почти не проводились, оценка и выбор критических технологий производятся субъективно, с помощью так называемых экспертных оценок. Данный метод широко используется в нашей стране и за рубежом. Из-за субъективного характера экспертных оценок возможно включение в перечень критических технологий, фиксирующих устаревшие разработки и технологии, не обеспеченные ресурсами. В то же время критические технологии, жизненно важные для России, могут «остаться за бортом» [6]. Трудности составления перечня усугубляются неразработанностью многих правовых и организационных механизмов согласования и отбора национальных целей развития страны и соответствующих им приоритетов в области науки и экономики. Многие вопросы решаются келейно под влиянием лоббирования «научных генералов», что далеко не всегда соответствует государственным нуждам и интересам. К тому же признание важности тех или иных технологий для экономики и обороны страны отнюдь не означает, что они могут быть реализованы быстро, эффективно, на современном уровне и что для такой реализации страна располагает финансами, кадрами и материально-техническими ресурсами. В конечном счете это приводит лишь к торможению развития даже в тех сферах исследовательской инженерной деятельности, где при ином подходе к делу мы могли бы рассчитывать на лидерство и значительный экономический эффект.

Поэтому перспективны и иные подходы для решения актуальных задач развития науки, техники, образования. Один из них – научноведческий подход, позволяющий получить объективную оценку уровня НИР, НИОКР и высшего образования. Его эффективность определяется комплексным изучением науки [3, 6], при котором в состав научноведения входят знания, относящиеся к философии науки, экономике науки, психологии научного творчества, научометрии, исследованиям по истории и общей динамике

науки и т.д. В качестве эквивалента науковедения иногда используется термин «метанавука», что позволяет рассматривать общие научные проблемы без их дисциплинарного членения. Достижения современной науки могут быть поставлены на службу человечеству с помощью современного науковедения. В развитых странах науковедческая деятельность рассматривается как деятельность государственной важности. В США в течение последних десятилетий Национальным научным фондом регулярно издается уникальный справочник «Индикаторы науки и техники» о состоянии науки, образования и технологических разработок, их финансировании и влиянии на экономику и социальную сферу в развитых и развивающихся странах мира. Аналогичные издания в форме отчетов, докладов и аналитических исследований публикуются организациями Европейского союза. Издание этих материалов показывает, что передовые страны остро нуждаются в теоретическом и эмпирическом обосновании политических решений, относящихся к развитию науки, технологии и образования [13]. В особое направление науковедения выделились количественные методы изучения процесса развития науки – научометрия. В научометрии наука рассматривается как сложная самоорганизующаяся система, управляемая своими информационными потоками. В этой информационной модели науки публикации служат носителями информации, журналы – каналами связи, библиографические ссылки – кодовым языком научной информации, отражающим влияние публикаций на развитие информационных потоков [9].

Исследовательская группа ФГНУ «Центр “ИСТИНА”» под руководством доктора философских наук, профессора Ракитова А.И. в 1999–2003 гг. занималась науковедческим анализом ряда суперприоритетных направлений науки и высоких технологий из перечня приоритетных направлений и критических технологий (КТ) Минпромнауки РФ (см. табл.) [7, 8].

Выбор КТ определялся их производственным, экономическим и социальным значением, а также личным опытом научных сотрудников, проводивших исследования. Результаты оценки КТ представлены в отчетах, переданных в Минпромнауки РФ, частично опубликованы в открытой печати [2, 3, 6, 18].

Наряду с изучением отдельных КТ решалась проблема создания общей науковедческой методологии анализа суперприоритет-

ных направлений научных исследований и высоких технологий. Рассматривались разработки методик выбора наиболее важных направлений науки и высоких технологий, представляющих наибольший интерес для развития отечественной экономики, социальной сферы, удовлетворения государственных нужд и государственной безопасности, а также охраны окружающей среды, обеспечивающей жизнедеятельность человека, разработки методик сравнительного анализа выбранных суперприоритетных направлений научных исследований и высоких технологий в России и развитых странах. Собирался и анализировался большой фактический материал, позволяющий оценивать научные результаты по числу опубликованных работ, частоте их цитирования, интенсивности диссертационных защит, эффекту от внедрения в соответствующую сферу экономики, здравоохранения, медицины, техники и т.д. Проведенные работы отличались системным выстраиванием Интернет-науковедения, позволяющего оперативно получать актуальную информацию, быстро обрабатывать полученные данные и анализировать результаты с помощью современных вычислительных средств [3].

Постановка данных задач диктуется важностью создания отечественной инновационной экономики, построения общества, основанного на знаниях. Это требует постоянной корректировки и модернизации национальных приоритетов науки, технологии, высшего образования. Учитывая ограниченные бюджетные средства, выделяемые на эти цели государством, наиболее рациональной стратегией является концентрация ресурсов на небольшом числе суперприоритетов высшей государственной важности, так как «размазывание» ресурсов по всем направлениям неизбежно приведет к хроническому отставанию в сфере науки, технологий, образования и реальной экономики.

Таблица

### Критические технологии, изучаемые в 1999–2003 гг.

Приоритетное направление	Критические технологии
Технологии живых систем	Технологии иммунокоррекции Генодиагностика и генотерапия Технологии биоинженерии Синтез лекарственных веществ и пищевых добавок
Новые материалы и химические технологии	Синтетические сверхтвердые материалы Материалы для микро- и наноэлектроники Металлы и сплавы со специальными свойствами Технологии на основе сверхпроводимости
Космические и авиационные технологии	Авиационная и ракетно-космическая техника с использованием новых технических решений

Те области науки и технологий, в которых Россия имеет достижения мирового уровня, должны служить ориентирами при подготовке элитных специалистов и радикальной модернизации кадрового потенциала науки.

Отличительной характеристикой данного исследования является использование современных методов науковедения, наукометрии, информационно-сетевых технологий (Интернет-науковедение).

### Список литературы

- Бендиков М.А. Современные проблемы развития наукоемкой промышленности России // Науковедение. – М., 1999. – № 4.
- Грановский Ю.В. Науковедческий анализ критических технологий по новым материалам и химическим продуктам // Науковедческие исследования: Сб. науч. тр. / Отв. ред. Ракитов А.И.; РАН. ИИОН. Центр науч.-информ. исслед. по науке, образованию и технологиям; Центр информатизации, социал., технол. исслед. и науковед. анализа. – М., 2003.
- Грановский Ю.В., Ракитов А.И., Ярилин А.А. Критический научоведческий анализ критических технологий // Наука в России: Современное состояние и стратегия возрождения. – М.: Логос, 2004.

4. Иванова Н.И. Наука в глобальных инновационных процессах // Наука в России: современное состояние и стратегия возрождения. – М.: Логос, 2004.
5. Клебанов И. Критическая технология // Эксперт. – М., 2002. – № 1–2.
6. Критические технологии с позиций науковедения (на примере анализа технологий сверхтвёрдых материалов и иммунокоррекции) / Грановский Ю.В., Преображенский А.Я., Ракитов А.И., Ярилин А.А. // Науковедение. – М., 2002. – № 1.
7. Министерство промышленности, науки и технологий РФ. Перечень критических технологий Российской Федерации. – Режим доступа: [http://www.extech.msk.su/s\\_e/min\\_s/prior/krit\\_tech.php](http://www.extech.msk.su/s_e/min_s/prior/krit_tech.php).
8. Министерство промышленности, науки и технологий РФ. Приоритетные направления развития науки, технологий и техники Российской Федерации. – Режим доступа: [http://www.extech.msk.su/s\\_e/min\\_s/prior/razv\\_sci.php](http://www.extech.msk.su/s_e/min_s/prior/razv_sci.php).
9. Налимов В.В., Мульченко З.М. Наукометрия. Изучение развития науки как информационного процесса. – М.: Наука, 1969. – 192 с.
10. Основы политики Российской Федерации в области развития науки и технологий на период до 2010 г. и дальнейшую перспективу // Поиск. – М., 2002. – 4 апр.
11. Ракитов А.И. Заглядывая в будущее // Наука и жизнь. – М., 1998. – № 2.
12. Ракитов А.И. Наука в эпоху глобальных трансформаций // Наука в России: состояние и перспективы / Под ред. Ракитова А.И. – М.: ИНИОН, 1997.
13. Ракитов А.И. Новой науке – новое науковедение (от парадигмы к синтагме) // Науковедческие исследования: Сб. науч. тр. / Отв. ред. Ракитов А.И.; РАН. ИНИОН. Центр науч.-информ. исслед. по науке, образованию и технологиям; Центр информатизации, социал., технол. исслед. и науковед. анализа. – М., 2003.
14. Ракитов А.И. Роль науки в устойчивом развитии общества // Наука в России: состояние и перспективы / Под ред. Ракитова А.И. – М.: ИНИОН, 1997.
15. Управление наукой в странах ЕС. – М.: Наука / Интерпериодика, 1999. – Т. 4. – 288 с.
16. Хансен В. Взаимосвязь изменений в научно-технических показателях и требований, предъявляемых к научно-технической модели // Управление наукой в странах ЕС. – М.: Наука / Интерпериодика, 1999. – Т. 4.
17. Яковец Ю.В. Технологическое будущее России и приоритеты перспективной инновационной политики // Науковедение. – М., 1999. – № 4.
18. Ярилин А.А. Науковедческий анализ развития критических биомедицинских технологий. Иммунокоррекция, генодиагностика, генотерапия // Науковедческие исследования: Сб. науч. тр. / Отв. ред. Ракитов А.И.; РАН. ИНИОН. Центр науч.-информ. исслед. по науке, образованию и технологиям; Центр информатизации, социал., технол. исслед. и науковед. анализа. – М., 2003.

**Ю.В.Грановский**

**АНАЛИЗ КРИТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ  
ПРИОРИТЕТНОГО НАПРАВЛЕНИЯ  
«НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ»\***

Одной из характеристик приоритетных направлений (ПН) является способность коренным образом изменять структуру производства и социальные условия жизни людей. Критические технологии ПН «Новые материалы и химические технологии» отвечают этому условию. По экспертным оценкам, в ближайшие 20 лет 90% материалов будут заменены новыми, что существенно повлияет на уровень развития техники. Динамика роста мирового рынка новых материалов в конце XX в. и более 20% мировых патентов на изобретения именно в этой области показывают перспективность исследований по новым материалам и химическим технологиям.

Критические технологии данного ПН обеспечивают разработку, синтез и получение исходных данных для промышленного производства важнейших химических продуктов и материалов с улучшенными потребительскими свойствами в максимально короткие сроки. При этом снижаются затраты на НИОКР, увеличивается экологическая безопасность продуктов и технологий, минимизируются затраты на создание и эксплуатацию производства.

Достижения в ПН определяются общим уровнем отечест-

---

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 04-06-80252).

венных фундаментальных исследований. В конце ХХ в. общий уровень российских фундаментальных исследований оценивался группой отечественных ученых, среди которых были 20 академиков и 26 членов-корреспондентов РАН. Эксперты определили, что примерно в 70% актуальных проблем всех областей фундаментальной науки российские работы признаны в мировом научном сообществе, соответствуют или определяют мировой уровень. Одним из показателей высокого качества работ служит широта и разнообразие международных связей. Совместные исследования с головными зарубежными организациями проводятся по более чем трети решаемых проблем, имеются гранты на выполнение международных программ и проектов. Передовые позиции отечественной фундаментальной науки завоеваны высокой квалификацией исследователей. Однако в связи с резким сокращением объема финансирования в 90-х годах слабеет кадровый потенциал науки, падает уровень технической оснащенности, ухудшается информационное обеспечение. В стране нет ни одного ПН, полностью обеспеченного современным оборудованием [8].

По оценкам независимых экспертов, в области новых материалов Россия имеет достаточно высокий уровень исследований и ряд достижений в отдельных направлениях. Ни по одному направлению нет значительного отставания от мирового уровня. В каждом из них имеются разработки, не уступающие мировым. В стране сохранена база для производства новых материалов. Во многих регионах России успешно работают сотни научных коллективов, способных синтезировать новые материалы и разрабатывать новые экономичные, экологически чистые, ресурсосберегающие технологии.

Библиометрический анализ, проведенный на основе баз данных Института научной информации США за 1993–1997 гг., показал, что доля публикаций по материаловедению в мировом потоке статей равна 3,32%. Эта область исследований по данному параметру занимает 8-е место после клинической медицины, физики, химии, техники, биологии и биохимии, наук о растениях и животных, нейронаук. В этом информационном потоке США имеют 26,9% публикаций, Япония – 15, Германия – 9, Великобритания – 7,2, Франция – 6, Россия – 4,6%. Таким образом, наша страна по числу публикаций занимала 6-е место. Доля отечественных работ по материаловедению выше среднего вклада России в науку в целом (3,69%) [10].

Эра современного технологического прорыва требует материалов с особыми свойствами, позволяющими работать в экстремальных условиях. Например, в нефтегазовой индустрии создание морских буровых платформ связано с использованием высококачественных сталей, покрытий, сплавов и пр. Бурный рост атомной энергетики требует новых материалов с особыми свойствами, поскольку уже в настоящее время на одну атомную электростанцию расходуется более 300 т специальных сплавов на основе циркония, ниобия, эрбия. Изготовление термоядерного реактора по международному проекту связано с потреблением 40 тыс. т специальной нержавеющей стали и нескольких тысяч тонн сплавов ниобия с оловом.

Научный задел составляют опытные разработки и образцы: нанокристаллический сплав на основе железа обладает магнитными свойствами аморфного кобальтового сплава; припои на основе железа и марганца с аморфной структурой имеют показатели, значительно превосходящие широко применяемые припои на основе серебра; алюминиевые сплавы с нанокристаллической структурой сравнимы по удельной прочности с титановыми сплавами; композиты на основе интерметаллических соединений по удельной жаропрочности на 50% превосходят лучшие никелевые сплавы, что позволяет перейти к созданию принципиально новых конструкций летательных аппаратов с неохлаждаемыми элементами двигателя и т.п. [3, 13].

Как отмечено во введении, к исследованным критическим технологиям относятся: синтетические сверхтвердые материалы; материалы для микро- и наноэлектроники; металлы и сплавы со специальными свойствами; технологии на основе сверхпроводимости.

## **Критическая технология «Синтетические сверхтвердые материалы»**

Синтетические сверхтвердые материалы (СТМ) коренным образом изменяют технологию обработки различных изделий, способствуют созданию новых условий труда, повышают технический уровень и снижают себестоимость продукции, открывают новые пути к интенсификации и автоматизации производственных процессов.

К СТМ относят материалы с твердостью по Виккерсу выше 40 ГПа. Наиболее твердые вещества, алмаз и кубический нитрид

бора, проявляют данное свойство практически одинаково, независимо от дисперсности, компактности и размерных характеристик.

Твердость материалов – это свойство сопротивляться деформированию или разрушению при силовом воздействии. Она характеризуется числом твердости, определяемым сопротивлением при контактном деформировании. Материал деформируют телами различной формы, чаще всего твердыми наконечниками, инденторами. Индентор либо вдавливается в поверхность, либо перемещается на ней под нагрузкой, образуя борозду.

Существуют несколько способов определения чисел твердости. Один из самых распространенных – метод Виккерса. В этом случае индентор представляет собой правильную четырехгранную пирамиду с углом между гранями  $136^\circ$ . Число твердости определяется как отношение нагрузки на индентор к площади (размеру) отпечатка:  $H = k(P/d^2)$ , где  $k$  – константа,  $P$  – нагрузка (кг),  $d$  – диагональ отпечатка (мм). Число твердости измеряется в  $\text{кг}/\text{мм}^2$ , или в гигапаскалях ГПа ( $1000 \text{ кг}/\text{мм}^2 = 9,807 \text{ ГПа}$ ). По шкале твердости Виккерса сталь имеет твердость около 10 ГПа, корунд – 20 ГПа, кубический нитрид бора – около 50 ГПа, алмаз – 70–100 ГПа.

Особо важную роль приобретают СТМ в связи с ростом применения в промышленности высокопрочных металлов, сплавов и труднообрабатываемых неметаллических материалов, с повышением требований к точности обработки, чистоте и качеству поверхности деталей машин и приборов. Алмазный инструмент эффективен для резки стекла, мрамора, гранита и пр. При этом сроки службы инструментов возрастают в десятки раз, не менее чем на порядок повышается производительность труда, увеличивается долговечность обрабатываемых изделий. Использование композиционных алмазосодержащих материалов при бурении значительно снижает материальные и трудовые затраты в пересчете на единицу разведанных запасов. Широко распространены сверхтвердые абразивные материалы для чистовой обработки поверхности деталей. При этом используются алмазные шлифовальные круги, цилиндрические головки для внутреннего шлифования, алмазные надфили и хонбрушки, отрезные пилы и пр. Применение синтетических алмазов и нитрида бора рассматривается как качественно новый этап в технологии механической обработки.

Алмаз способен пропускать инфракрасные лучи и выдерживать большие перепады температур и давления, что делает его перспективным материалом для приборов, работающих в космических условиях. Высокая чувствительность алмаза к радиации и изменению температуры используется в алмазных дозиметрах и термометрах. Алмазно-металлические композиции применяют при изготовлении износостойких покрытий и высокоточных инструментов.

В конце прошлого века получили широкое развитие исследования по применению алмаза в электронной технике. Это связано с его уникальными электрическими, теплофизическими и оптическими свойствами. Алмазные диоды и транзисторы выдерживают высокую температуру, имеют повышенную электрическую мощность и радиационную стойкость. Разработаны алмазные микросхемы для ЭВМ, теплоотводы и акустические мембранные на алмазных пленках. Алмаз используется и в оптоэлектронике для быстродействующих коммутаторов, генераторов мощных импульсов и т.п.

По оценкам американских экономистов, применение сверхтвёрдых материалов увеличивает промышленный потенциал США примерно в два раза [5].

## **Критическая технология «Материалы для микро- и наноэлектроники»**

Микроэлектроника (МЭ) – это часть электроники, изучающая процессы взаимодействия элементарных частиц с электромагнитными полями. В МЭ создаются приборы, в которых эти процессы применяются для преобразования электромагнитной энергии с целью обработки, хранения и использования информации. Микроэлектроника справедливо считается катализатором научно-технического прогресса. Применяемые в ней приборы имеют малые размеры. Она тесно связана с разработкой интегральных схем (ИС) – конструктивно законченных изделий, включающих электрически связанные между собой устройства (транзисторы, диоды, конденсаторы и пр.), изготовленные в одном технологическом цикле. Успехи в развитии МЭ связаны с решением проблем компьютеризации, информатизации, создания новейших систем связи, бытовой, медицинской и иной аппаратуры. Наибольшее распространение получили ИС, изготовленные на одной полупроводни-

ковой пластине по так называемой планарной технологии. Поэтому из всех направлений МЭ (молекулярной, вакуумной, полупроводниковой, квантовой и т.д.) по размаху исследований и использованию достижений фундаментальной и прикладной науки на первое место вышла полупроводниковая электроника, хотя границы между направлениями четко не очерчены и часто трудно отнести ту или иную работу к определенному направлению.

В проводимом анализе, в соответствии с отмеченными тенденциями развития этой области исследований, основное внимание уделено полупроводниковым материалам, используемым при изготовлении электронных приборов.

Все полупроводниковые материалы можно разделить на элементарные вещества и химические соединения. К элементарным полупроводникам относятся кремний, германий, модификации углерода (алмаз и графит), бор, олово и пр. Наибольшее применение в МЭ нашел кремний, главным образом в виде монокристаллов.

Термины «наноматериалы», «наноструктуры», «наноэлектроника» и т.п. появились в научной периодике в 90-х годах. Наноматериалы имеют хотя бы для одной из фаз линейные размеры менее 100 нанометров (один нанометр равен  $10^{-9}$  м). От крупнокристаллических твердых тел наноматериалы отличаются тепловыми, механическими и иными свойствами. Отличия объясняются возрастанием вклада квантовых эффектов по мере приближения размера частиц к атомным масштабам. Исследования по наноматериалам, наносистемам и наноприборам направлены на создание новой технологии XXI в. – *нанотехнологии*, способной перевести электронику на качественно новый уровень. Работы развиваются в таких направлениях, как изучение нанокластерных реакций и полупроводниковых нанокластеров, получение наносистем методами молекулярного синтеза, химической сборки и т.д. Рабочими элементами в нанотехнологии служат отдельные атомы и молекулы. Прогресс в этом направлении основан на успехах в развитии и применении новой инструментальной техники – сканирующей и силовой микроскопии, спектроскопии высокого разрешения и пр., в создании методов организации упорядоченных состояний материи, часто копирующих процессы, происходящие в живых системах [3].

В США принята программа «Национальная нанотехнологическая инициатива», на финансирование которой из федерального

бюджета в 2001 г. было выделено 495 млн. долл. (в два раза больше чем в 2000 г.). Половина этой суммы предназначена для фундаментальных исследований [11].

## **Критическая технология «Металлы и сплавы со специальными свойствами»**

К металлам и сплавам со специальными свойствами относятся: износостойкие и теплостойкие порошковые сплавы; магнито-мягкие аморфные, нанокристаллические, микрокристаллические сплавы, включая электротехнические стали и магнитострикционные сплавы на основе железа; магнито-твёрдые (деформируемые) сплавы, получаемые из порошков прессованием и спеканием; сплавы с заданными физическими свойствами.

Металлы и сплавы со специальными свойствами применяются во всех видах современной космической техники и электромашиностроения, в металлургии, машиностроении, приборостроении, в электронной, телевизионной, бытовой и медицинской аппаратуре. Они обладают высокими рабочими характеристиками, температурной и временной стабильностью. При их применении сокращается расход стратегически дефицитных материалов – кобальта, никеля, ванадия, молибдена и пр. – на одну тонну сплава. Металлы и сплавы со специальными свойствами в основном создаются методами порошковой металлургии. Материалы и изделия получают спеканием или горячим прессованием заготовок из перемешанных порошков компонентов. По сравнению с другими способами (литье, резание и т.д.) методы порошковой металлургии позволяют экономить металлы, требуют минимальных затрат рабочего времени, площадей и пр. Изготавляемые изделия могут иметь разнообразную конфигурацию, любые со-пряжения, причем, чем сложнее деталь, тем выше экономический эффект. Спеченные изделия обычно отличаются лучшими механическими характеристиками.

Основные материалы, получаемые методами порошковой металлургии, разделяются на следующие классы:

- инструментальные материалы (твёрдые сплавы, сверхтвёрдые сплавы и пр.) используются при обработке металлов резанием, в бурении и т.д.;
- конструкционные материалы (жаропрочные, композици-

онные и т.д.) применяются в авиации, ракетной технике, машиностроении и т.д.;

– триботехнические материалы (антифрикционные, фрикционные) используются в узлах трения на транспорте, в машиностроении и т.д.;

– материалы со специальными физическими свойствами (магнитные, жаропрочные, износостойкие) применяются в электронике, радиотехнике и т.д. [1].

Интенсивный рост продукции порошковой металлургии отмечен в Германии, Италии, Австрии, Швейцарии. В значительной степени он связан с увеличением объема производства автомобилей, где детали из спеченных изделий находят все большее применение. Мировой объем продаж деталей, полученных методами порошковой металлургии, возрос с 3,8 млрд. долл. в 1994 г. до 4,9 млрд. в 1998 г. Помимо автомобильной промышленности спеченные изделия все шире применяются в системах передач, выхлопных и тормозных системах и пр. Развитие порошковой металлургии идет по пути усложнения конструкций получаемых деталей, повышения их механических и эксплуатационных характеристик [4, 9].

### **Критическая технология «Технологии на основе сверхпроводимости»**

В сверхпроводниках при температурах ниже критических исчезает электрическое сопротивление. В сильноточной прикладной сверхпроводимости разрабатываются устройства, генерирующие, передающие, преобразующие и потребляющие электроэнергию в промышленном масштабе. Это кабели переменного тока, индуктивные накопители, трансформаторы и пр. В слаботочной прикладной сверхпроводимости создаются устройства для ускорителей и детекторы частиц высоких энергий, магниты для томографии и т.д. По прогнозным оценкам, широкое применение сверхпроводников в сильноточной прикладной сверхпроводимости позволит повысить эффективность использования электроэнергии на 5–7% и на столько же сократить потребление первичных энергоносителей. Учитывая масштабы потребления электроэнергии, применение сверхпроводников сулит огромный экономический эффект.

В России предстоит увеличить выработку электроэнергии в

связи с ростом промышленного производства, необходимостью улучшения качества жизни населения и увеличения экспорта электроэнергии за рубеж. При этом требуется замена значительной доли (более 70%) выработавшего свой ресурс электроэнергетического оборудования. Предстоит постройка новых, реконструкция или обновление действующих станций, что не было сделано своевременно из-за просчетов инвестиционной политики в области электроэнергии, спада производства в электромашиностроении. В хозяйственную деятельность будут вовлечены и бедные, и труднодоступные источники минерального сырья и природного топлива. Совокупность экологических требований приводит к концентрации выработки электроэнергии на крупных энергетических станциях. Эта задача реализуема, если будет снижена стоимость транспортировки электроэнергии по сравнению с традиционными линиями электропередач [16].

Помимо энергетики сверхпроводники оказывают большое влияние на развитие электроники, а электроника, в свою очередь, определяет уровень развития приборостроения гражданского и оборонного значения, информационных и телекоммуникационных технологий. Поэтому, по прогнозным оценкам, в 2020 г. уровень продаж изделий сверхпроводниковых технологий может возрасти более чем в сто раз [17].

Из краткого рассмотрения четырех КТ приоритетного направления «Новые материалы и химические технологии» следует однозначный вывод об их громадной важности для экономики России. Необходимо добавить, что в докладе Национальной группы по анализу критических технологий США при Управлении научно-технической политикой Белого дома по выбору направлений и областей КТ по критериям содействия экономическому процветанию и национальной безопасности (1995) к одному из важнейших семи направлений отнесены материалы и их структуры. Япония в начале 80-х годов определила 14 основных направлений, в число которых входили новые материалы и сплавы. К концу десятилетия по технологическим возможностям Япония опережала другие страны по полупроводниковым материалам и сверхпроводимости, сохраняя примерный паритет с США по композиционным материалам и материалам с высокой энергетической плотностью [2, с.27, 37–39].

## **Источники информации**

Из всех источников информации релевантная информация в основном получена с помощью ключевых слов. Здесь использованы:

1) база данных с поисковой системой на оптических дисках американского реферативного журнала «Chemical Abstracts». Отбирались рефераты статей, обзоров, патентов (табл. 1);

Таблица 1

### **Использование базы данных реферативного журнала «Chemical Abstracts»**

Критическая технология	Годы	Число рефератов
Синтетические сверхтвердые материалы	1998–1999	467
Материалы для микро- и наноэлектроники	2000	148
Металлы и сплавы со специальными свойствами	2000	496

2) база данных с поисковой системой Американского института научной информации «Указатель научных ссылок», доступная по Интернету (табл. 2); кроме рефератов с библиографической информацией получена информация о цитируемости отечественных ученых – докторов наук, работавших в области получения, изучения и применения синтетических сверхтвердых материалов, а также технологий на основе сверхпроводимости; получены данные по цитируемости членов редакционной коллегии отечественного журнала «Материалы электронной техники» и членов организационных комитетов конференций «Кремний-96» и «Кремний-2000»; для числа ученых в последнем столбце табл. 2 в скобках приведены годы, за которые собиралась информация о цитировании из «Указателя научных ссылок»;

3) база данных с поисковой системой по отечественным патентам Федерального института промышленной собственности Роспатента, доступная по Интернету (табл. 3); в полученной информации приведены: авторы; дата подачи заявки; дата публикации формулы патента; название; патентообладатель; реферат;

4) база данных с поисковой системой Всероссийского научно-технического информационного центра (табл. 4); получена рефера-

тивная информация о кандидатских и докторских диссертациях, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах, проведенных в России и финансируемых из государственного бюджета; для диссертаций помимо фамилий диссертантов и названий работ приведены рефераты, ключевые слова, искомые ученые степени, номера специальностей, шифры советов, даты и места защите; похожая информация приведена и для отчетов;

Таблица 2

**Использование базы данных  
Американского института научной информации**

Критическая технология	Годы	Число рефера- тов	Число ученых и годы, для которых получены дан- ные по цитируемости их работ
Синтетические сверхтвердые материалы	1999–2000	126	38 (1975–2000)
Материалы для микро- и наноэлектроники	2000	74	38 (1996–2001)
Технологии на основе сверхпроводимости	2000	–	78 (1975–2003)

Таблица 3

**Использование базы данных по патентам  
Федерального института промышленной собственности**

Критическая технология	Годы	Число патентов
Синтетические сверхтвердые материалы	1994–2000	180
Материалы для микро- и наноэлектроники	1994–2001	248
Металлы и сплавы со специальными свойствами	1994–2001	120
Технологии на основе сверхпроводимости	1999–2003	147

Таблица 4

**Использование базы данных Всероссийского научно-технического информационного центра**

Критическая технология	Годы	Число диссертаций	Число отчетов
Синтетические сверхтвердые материалы	1990–2000	145	192
Металлы и сплавы со специальными свойствами	1995–2001	85	244
Технологии на основе сверхпроводимости	1990–2002	315	457

5) база данных по отечественным и зарубежным патентам Роспатента за 2002 г. (для КТ «Технологии на основе сверхпроводимости»); отобраны 562 патента, для каждого патента приведены: класс и подкласс по Международной системе классификации; номер, выпуск и год издания бюллетеня «Изобретения стран мира», откуда выбран патент; дата регистрации патента; страна патентования и номер патента; авторы и заявитель; дата регистрации заявки и регистрационный номер; реферат;

6) отечественная база данных по сверхпроводимости (<http://www.issph.kiae.ru>), доступная по Интернету (для КТ «Технологии на основе сверхпроводимости»); база данных формируется с 1987 г.; до середины 90-х годов в нее отбирались публикации только по высокотемпературной сверхпроводимости; с 1995 г. в базу попадала информация и по низкотемпературной сверхпроводимости; эксперты отбирали публикации из 600 периодических изданий, из них 100 изданий на русском языке; на начало 2003 г. база данных содержала более 60 тыс. документов [13];

7) справка из Высшей аттестационной комиссии РФ о числе кандидатских и докторских диссертаций по теме за 1997–1999 гг. (для КТ «Материалы для микро- и наноэлектроники»);

8) российские журналы «Сверхтвердые материалы» за 1979–1981 гг., 1990 г., «Материалы электронной техники» за 1998–2001 гг.;

9) поисковые системы Интернета «Rambler», «Yandex».

## **Анализ мировых информационных потоков**

В данном разделе рассматривается задача создания методики сравнительного анализа выбранных суперприоритетных направлений научных исследований и высоких технологий России и развитых стран. Здесь и далее приняты следующие сокращения для критических технологий: синтетические сверхтвердые материалы – СТМ; материалы для микро- и наноэлектроники – МЭ; металлы и сплавы со специальными свойствами – МС; технологии на основе сверхпроводимости за 1995 г. – СП(1); технологии на основе сверхпроводимости за 2002 г. – СП(2).

В табл. 5 приведены сводные данные по распределению рефератов из «Chemical Abstracts» по всем рассматриваемым критическим технологиям. Сюда попали 20 стран, имевшие значительные вклады в информационные потоки. Далее выделены девять стран, насчитывающие публикации в не менее чем трех критических технологиях: Великобритания, Германия, Италия, Китай, Россия, США, Франция, Швейцария, Япония. Эти страны ранжированы по их вкладу в каждую критическую технологию. Результаты ранжирования представлены в табл. 6. Страны, не имевшие публикаций по той или иной критической технологии (например, Япония по МЭ, см. табл. 5) отнесены на конец шкалы ранжирования. Если страны имеют одинаковые вклады по той или иной критической технологии, то вводятся так называемые «связанные ранги», представляющие собой среднеарифметическое занятых мест. Например, по МЭ Италия и Китай имеют одинаковые вклады (табл. 5), они разделяют 5-е и 6-е места. Обеим странам в этом случае присваивается дробный номер  $(5+6)/2 = 5,5$ .

Таблица 5

### **Распределение рефератов по странам**

№ п/п	Страна	Число рефератов (%)				
		СТМ	МЭ	МС	СП(1)	СП(2)
1	2	3	4	5	6	7
1.	Белоруссия	2,6	–	–	–	–
2.	Бельгия	–	2,0	–	–	–

### Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7
3.	Бразилия	1,9	—	4,0	—	—
4.	Великобритания	3,9	2,7	5,9	13,3	—
5.	Германия	7,9	16,7	10,5	17,1	11,1
6.	Индия	—	2,0	—	—	—
7.	Испания	—	—	2,9	—	—
8.	Италия	—	4,0	—	2,7	5,2
9.	Китай	9,8	4,0	12,1	—	4,3
10.	Нидерланды	—	—	—	3,3	—
11.	Польша	—	—	5,1	—	—
12.	Россия	10,6	4,7	7,8	7,1	6,3
13.	Словакия	—	—	—	2,2	—
14.	США	11,8	36,0	10,2	20,6	18,8
15.	Украина	4,5	—	—	—	—
16.	Франция	2,6	5,3	—	3,0	5,4
17.	Швейцария	—	2,0	—	2,2	5,0
18.	Швеция	—	—	—	—	3,0
19.	Южная Корея	—	—	5,4	—	3,4
20.	Япония	14,6	—	15,6	14,9	22,9

Обработка данных табл. 6 включает оценку согласованности ранжировок для изученных критических технологий, проводимую путем расчета коэффициента конкордации W. Увеличение коэффициента конкордации от 0 до 1 указывает на увеличение степени согласованности.

Коэффициент конкордации определяется по формуле (для «связанных рангов»):

$$W = S / [1/12 m^2 (n^3 - n) - m \sum_i T_i] \quad (1)$$

где  $S = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (a_{ij} - L)^2$ , L — среднее сумм рангов,  $a_{ij}$  —

значение ранга, m — число критических технологий ( $m = 5$ ), n — число стран ( $n = 9$ ),  $T_i = 1/12 \sum_j (t_j^3 - t_j)$ ,  $t_j$  j-е — число одинако-

вых рангов в i-том ранжировании. Суммы  $T_i$  подсчитываются для всех стран, у которых оказались «связанные ранги». Оценка значимости коэффициента конкордации проводится с помощью  $\chi^2$ -критерия по формуле:

$$\chi^2 = S / [1/12 mn (n+1) - \sum T_i / (n-1)] \quad (2)$$

После проведения расчетов по формулам (1) и (2) для данных табл. 6 получены значения  $W=0,56$ ,  $\chi^2=22,3$ . Величина  $\chi^2$ -критерия превосходит табличное значение  $\chi^2=15,5$  для уровня значимости 0,05 и  $f=n-1=8$  степеней свободы. Таким образом, показана неслучайная согласованность в ранжировании стран по изучаемым критическим технологиям [12].

Это позволяет выдвинуть ряд гипотез, согласующихся с полученными данными.

Если рассматривать интегральную характеристику – сумму баллов (табл. 6), то Россия входит в первую пятерку стран, занимая 4-е место, вслед за США, Японией и Германией. Первое место занимает США, что находится в согласии с многими литературными данными. Второе и третье места разделяют Япония и Германия. Для Японии неясным остался факт отсутствия рефератов по МЭ (табл. 6), следствием чего является последнее место в ранжировке по данной критической технологии. Этот вопрос требует дальнейшего изучения. Пятерку передовых стран «замыкает» Китай, что свидетельствует о быстром развитии исследований в данной стране. По интегральной характеристике (сумме баллов) Китай близок к Франции и Великобритании.

На последнем этапе расчетов с помощью  $\chi^2$ -критерия проверялась гипотеза о равномерном ранжировании критических технологий для каждой страны, по отклонению рангов от средних значений при сравнении эмпирического распределения с теоретическим распределением по формуле:

$$\chi^2 = \sum (a - b)^2 / b,$$

где  $a$  – наблюдаемое значение,  $b$  – ожидаемое значение (среднее арифметическое рангов). Число степеней свободы равно  $f=m-1$ ,

$m$  – число критических технологий. Только для Японии  $\chi^2$ -критерий оказался значимым, равным 16,0 при критическом значении 9,49. Это вызвано опять же отсутствием японских публикаций по МЭ [6].

Оценка вкладов стран в мировые информационные потоки более надежна, если она получена из разных источников информации. Так, например, получено распределение статей по странам в области МЭ из «Указателя научных ссылок». В табл. 7 представлены результаты ранжирования девяти стран по их вкладам в информационные потоки, полученные как с помощью «Chemical Abstracts», так и «Указателя научных ссылок». Далее определена корреляция между этими двумя распределениями. Здесь рассчитывался коэффициент ранговой корреляции Спирмена  $R$  по формуле:

$$R = 1 - \frac{6\sum d}{(n^3 - n)},$$

где  $d_i$  – разность рангов для двух стран,  $n$  – число стран ( $n = 9$ ).

Рассчитанное значение коэффициента ранговой корреляции равно 0,90 при критическом значении  $R = 0,58$  для уровня значимости 0,05. Между двумя распределениями нет значимого различия [6].

Полученные данные позволяют по соотношению вкладов в информационные потоки (табл. 6) ориентировочно определить степень отставания отечественных исследований по той или иной критической технологии от страны-лидера. Эти данные приведены в табл. 8. Максимальное отставание от страны-лидера имеет место по материалам микро- и наноэлектроники, минимальное – по синтетическим сверхтвердым материалам. По технологии на основе сверхпроводимости отставание от страны-лидера со временем возросло.

Таблица 6

**Ранжирование стран по вкладам в информационные потоки**

Критическая технология	Страна								
	Великобритания	Германия	Италия	Китай	Россия	США	Франция	Швейцария	Япония
СТМ	6	5	8,5	4	3	2	7	8,5	1
МЭ	7	2	5,5	5,5	4	1	3	8	9
МС	6	3	8	2	5	4	8	8	1
СП(1)	4	2	7	9	5	1	6	8	3
СП(2)	9	3	6	8	4	2	5	7	1
Сумма	32	15	35	28,5	21	10	29	39,5	15

Таблица 7

**Ранжирование стран по их вкладам в информационные потоки по МЭ**

Источник информации	Страна								
	Великобритания	Германия	Италия	Китай	Россия	США	Франция	Швейцария	Япония
Chemical Abstracts	7	2	5,5	5,5	4	1	3	8	9
Указатель научных ссылок	8	2	8	5	4	1	3	6	8

Таблица 8

**Соотношение вкладов в информационные потоки  
страны-лидера и России**

Страна-лидер	Критическая технология				
	СТМ	МЭ	МС	СП(1)	СП(2)
США	–	7,66	–	2,90	–
Япония	1,38	–	2,0	–	3,63

Важным этапом исследований является анализ динамики публикаций. Эти сведения по сверхпроводимости для четырех стран были получены из соответствующей базы данных. Они приведены в табл. 9.

Таблица 9

**Динамика публикаций по сверхпроводимости для стран**

Страна	Число публикаций					Время удвоения (годы)
	1998 г.	1999 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.	
США	824	1189	742	811	576	1,82
Япония	650	1038	754	908	525	1,63
Россия	379	432	329	316	210	1,93
Китай	211	194	261	230	171	1,77

В последнем столбце табл. 9 приведено рассчитанное по этим данным время удвоения публикаций. Величина этого параметра не превышает двух лет. Если учесть, что время удвоения публикаций во всей мировой науке не превышает 10–12 лет, то можно заключить, что исследования по сверхпроводимости в четырех странах развиваются в 5–6 раз быстрее.

Помимо оценки вкладов стран в информационные потоки представляет интерес анализ структуры этих потоков. Он отвечает на вопрос, какие направления исследований развиваются наиболее быстро. В табл. 10 и 11 приведены распределения работ по направлениям исследований в области СТМ и МЭ из «Chemical Abstracts» и «Указателя научных ссылок».

По СТМ (табл. 10) направления проранжированы по числу работ в «Chemical Abstracts». Корреляция между двумя распределениями, определенная по коэффициенту ранговой корреляции Спирмена, оказалась незначимой ( $R = 0,3$  при критическом значении 0,68, прочие работы не включались в расчет). Различие объяснимо разным вкладом работ по алмазам и композитам, а также большим вкладом публикаций поnanoструктурам во втором распределении. Следует учесть, что более 50% статей, выявленных с помощью «Указателя научных ссылок», относятся к 2000 г., в то время как рефераты из реферативного журнала – к 1998–1999 гг. За короткий период времени могли произойти изменения в структуре исследований, что и привело к незначимой корреляции.

Таблица 10

#### **Распределение работ в области СТМ по направлениям исследований**

Направление	Число работ (%)	
	Chemical Abstracts	Указатель научных ссылок
Алмаз	25,1	3,9
Пленки	19,7	26,2
Кубический нитрид бора	18,0	14,3
Наноструктуры	7,1	17,5
Покрытия	3,4	7,1
Фуллерены	3,2	3,2
Композиты	3,0	11,1
Прочие	20,5	16,7

По МЭ также проранжированы вклады различных направлений (табл. 11) в общий информационный поток. Здесь уже корреляция между распределениями оказалась значимой (0,87 при критическом значении 0,68). Первое место в обеих ранжировках принадлежит работам по материаловедению, физико-химическим основам, технологии и оборудованию для получения гомо- и гетеро-эпитаксиальных структур (первая строка табл. 11).

На следующем этапе анализа проверялась гипотеза о близости структур отечественных и зарубежных исследований в области СТМ. В табл. 12 приведены распределения отечественных и зарубежных

рефератов «Chemical Abstracts» по направлениям исследований. Коэффициент ранговой корреляции между двумя распределениями оказался близким к нулю ( $R = 0,05$ ). В связи с этим результатом прослежено изменение отечественных и зарубежных структур информационных потоков в динамике. В табл. 13 представлены распределения статей из трех источников информации за разные годы: отечественные статьи из библиографии журнала «Сверхтвердые материалы» (ЖСТМ, источник информации 1); отечественные статьи из указателя статей «ЖСТМ» (источник информации 2); зарубежные статьи из указателя статей «ЖСТМ» (источник информации 3).

Таблица 11

**Распределение работ в области МЭ по направлениям исследований**

Направление	Число работ (%)	
	Chemical Abstracts	Указатель научных ссылок
Получение гомо- и гетеро-эпитаксиальных структур	41,5	44,2
Технология и оборудование для получения приборных структур	21,8	10,4
Методы и аппаратура для изучения физико-химических свойств	15,5	23,3
Материалы для наноэлектроники	12,7	17,4
Получение монокристаллов	7,0	1,2
Получение пленок, поликристаллов, аморфных и пористых материалов	0,75	–
Вопросы экономики	0,75	3,5

Таблица 12

**Распределение рефератов по направлениям СТМ  
в исследованиях 1998–1999 гг.**

Направление исследований	Число рефератов (%)	
	отечественные	зарубежные
Алмаз	34,4	25,1
Пленки	4,8	19,7
Кубический нитрид бора	9,8	18,0
Наноструктуры	5,0	7,1
Покрытия	3,3	3,4
Фуллерены	22,9	3,2
Композиты	13,1	3,0
Прочие	6,7	20,5

Все группы работ ранжированы по их вкладу в общий информационный поток. Между всеми столбцами рангов рассчитаны коэффициенты ранговой корреляции. Значения коэффициентов корреляции приведены в табл. 14. В ней  $R_{12}$  показывает корреляцию между положением групп отечественных работ из библиографии и указателя,  $R_{13}$  – между группами отечественных и зарубежных публикаций из библиографии,  $R_{23}$  – между группами зарубежных публикаций из библиографии и отечественных статей из указателя.

Табличное (критическое) значение коэффициента ранговой корреляции для данного случая равно 0,67. Незначимыми оказались только четыре коэффициента корреляции:  $R_{13}$  за 1979 г. и 1990 г.,  $R_{23}$  за 1980 г. и 1990 г. Два из них показывают отсутствие корреляции между зарубежными работами и публикациями из указателя журнала. Возможно, это различие связано с политикой редакционной коллегии журнала. Значимость коэффициентов  $R_{12}$  показывает близкую структуру информационных потоков из разных источников информации. Значимость коэффициентов  $R_{13}$  за 1980–1981 гг. интерпретируется так: структура отечественных исследований в области СТМ была близка к структуре зарубежных исследований. Только к 1990 г. наметилось не слишком существенное различие, объяснимое повышенным вниманием в нашей стране к исследованиям по кубическому нитриду бора.

Таблица 13

**Распределение статей из разных источников информации по годам и группам**

Год	Источник информации	Инструменты	Алмаз	Порошки	Покрытия	Пленки	Композиты	Кубический нитрид бора
1979	1	57,6	23,6	3,4	1,7	3,4	6,8	3,5
	2	50,0	23,5	8,8	2,9	—	8,8	6,0
	3	64,0	26,7	5,4	1,3	1,3	1,3	—
1980	1	54,7	31,4	7,4	0,8	0,8	0,8	4,1
	2	43,5	45,6	6,5	2,2	2,2	—	—
	3	65,1	24,3	2,6	—	1,4	3,3	3,3
1981	1	53,8	29,9	6,0	0,9	1,7	1,7	6,0
	2	50,0	28,3	6,5	4,3	2,2	—	8,7
	3	75,2	20,2	0,8	0,8	1,5	—	1,5
1990	1	56,3	29,6	2,8	1,4	4,2	—	5,7
	2	32,7	28,8	13,5	1,9	—	7,7	15,4
	3	50,9	20,9	3,0	4,2	19,1	1,2	0,7

### Значения ранговых коэффициентов корреляции

Коэффициент	Год			
	1979	1980	1981	1990
R <sub>12</sub>	0,85	0,77	0,87	0,75
R <sub>13</sub>	0,58	0,80	0,78	0,61
R <sub>23</sub>	0,80	0,42	0,84	0,32

Различие создается также разным положением исследований по пленкам, фуллеренам и композитам. В зарубежных исследованиях пленкам уделяется большое внимание (второе место в ранжировке), в то время как фуллерены и композиты находятся в конце ранжировочного ряда. Для отечественных исследований картина иная. Здесь заметный вклад исследований по фуллеренам очевидно связан с отнесением этой тематики к приоритетным направлениям.

Аналогичным образом анализировалась информация по патентам. Следует подчеркнуть, что патентная информация отражает прикладной характер исследований. Например, в табл. 15 приведено распределение патентов в области сверхпроводимости по странам и двум международным организациям: ВОИС – Всемирная организация интеллектуальной собственности; ЕПВ – Европейское патентное ведомство.

В табл. 16 даны результаты ранжирования шести стран по числу рефераторов и патентов. В данном случае нет необходимости рассчитывать коэффициент корреляции, так как порядок мест для первых четырех стран совпадает, для двух оставшихся стран ранги близки.

Помимо оценки вклада стран изучалась и структура патентных исследований. В табл. 17 и 18 приведены распределения патентов Японии и США в области сверхпроводимости по направлениям исследований и периодам времени. Весь временной интервал (1987–1999) был разделен на три периода с достаточным для анализа числом патентов в каждом периоде: 1987–1991 гг. – 96 патентов, 1992–1993 – 100, 1994–1999 – 70 патентов. Распределение патентов по трем группам и трем периодам времени приведено в табл. 17.

Таблица 15

**Распределение патентов в области СП по странам  
и патентным организациям**

Страна, организация	Число патентов	%	Страна, организация	Число патентов	%
Япония	266	47,3	ЕПВ	24	4,3
США	159	28,3	Россия	22	3,9
ВОИС	60	10,7	Великобритания	6	1,1
Германия	24	4,3	Франция	1	0,1

Таблица 16

**Ранжирование стран по числу рефератов и патентов  
в области СП**

Источник информации	Страна					
	Великобритания	Германия	Россия	США	Франция	Япония
Рефераты	6	3	4	2	5	1
Патенты	5	3	4	2	6	1

Таблица 17

**Распределение патентов Японии по группам  
и периодам времени**

Направление исследований	Годы		
	1987–1991	1992–1993	1994–1999
Прикладная слаботочная сверхпроводимость	21	46	28
Прикладная сильноточная сверхпроводимость	45	40	25
Прочие	30	14	17

Из представленных данных следует некоторое преобладание патентов по прикладной слаботочной сверхпроводимости во второй и третий периоды. Выдвинем гипотезу, объясняющую изменение структуры исследований. В первый период времени значительная часть патентов по прикладной сильноточной сверхпроводимости была направлена на устройства передачи электроэнергии (проводы, ка-

бели и пр.). Именно здесь ожидался громадный экономический эффект. Но «с ходу» решить эту проблему не удалось. Поэтому здесь и выдвигается гипотеза о переориентации в связи с этим прикладных работ в «родственную» область исследований. Из прочих патентов заметное место занимают патенты по получению и применению сверхпроводниковых пленок.

Аналогичный анализ проведен и для патентов США. В данном случае весь временной интервал был разделен на два периода: 1987–1997 гг. – 76 патентов, 1998–2000 – 83 патента. Распределение патентов США по трем группам и двум периодам времени приведено в табл. 18. Как и ранее для патентов Японии, в последний период времени на первое место вышли патенты по прикладной слаботочной сверхпроводимости. Число патентов для этой группы возросло более чем в два раза.

Таблица 18

#### Распределение патентов США по группам и периодам времени

Направление исследований	Годы	
	1987–1997	1998–2000
Прикладная слаботочная сверхпроводимость	15	32
Прикладная сильноточная сверхпроводимость	32	25
Прочие	29	26

Здесь возможен и более детальный анализ структуры патентных исследований. Для примера в табл. 19 и 20 приведены распределения патентов по подгруппам в слаботочной и сильноточной прикладной сверхпроводимости в Японии и США. В обоих случаях коэффициент ранговой корреляции Спирмена между распределениями патентов двух стран оказался равным 0,8 (уровень значимости 0,05). Гипотеза по одинаковой структуре исследований по сверхпроводимости данных двух стран может быть принята.

Следующий раздел публикации посвящен анализу отечественных информационных потоков. Здесь решалась также задача получения дополнительных данных для методики ранжирования вузов по качеству подготовки специалистов.

Таблица 19

**Распределение патентов Японии и США  
по прикладной слаботочной сверхпроводимости**

Подгруппа	Число патентов	
	Япония	США
Датчики, сенсоры, СКВИДы, интегральные схемы	35	11
Подложки, буферы, контакты, переходы	12	9
Приборы, системы связи, магнитные экраны	40	17
Выключатели, ограничители, регуляторы	8	10

Таблица 20

**Распределение патентов Японии и США  
по сильноточной прикладной сверхпроводимости**

Подгруппа	Число патентов	
	Япония	США
Проволока, ленты, токовводы, кабели	46	26
Магниты, катушки, обмотки	39	22
Магнитные транспортные системы, опоры, подшипники	19	3
Трансформаторы, электрогенераторы, электродвигатели	6	6

**Анализ отечественных информационных потоков**

В данный раздел публикации включены: анализ диссертационных исследований в рассматриваемых критических технологиях; анализ отечественных исследований, финансируемых из государственного бюджета и представленных в отчетах Всероссийского научно-технического информационного центра; анализ отечественных патентных исследований.

***Анализ диссертационных исследований***

В табл. 21 приведена динамика численности диссертаций в трех критических технологиях: синтетических сверхтвердых материалах (СТМ); материалах и сплавах с особыми свойствами (МС); технологиях на основе сверхпроводимости (СП). Канди-

датские и докторские диссертации рассмотрены вместе. Уже простое сопоставление числа диссертаций дает представление о развитии отечественных исследований в той или иной критической технологии. В среднем в год защищалось диссертаций: СТМ-14; МС-7; СП-24.

Таблица 21

### Динамика численности диссертаций

Год	Критическая технология		
	СТМ	МС	СП
1990	24	17	56
1991	27	13	47
1992	24	11	27
1993	15	9	26
1994	8	5	25
1995	5	6	25
1996	7	2	18
1997	16	5	19
1998	12	6	15
1999	7	2	13
2000	–	8	13
2001	–	1	14
2002	–	–	17

Для всех КТ в начале 90-х годов произошло снижение, примерно в два-три раза, числа диссертаций. Это объясняется отделением научных организаций и ученых бывших союзных республик. Все множество диссертаций по каждой КТ было разделено на три группы, соответствующие трем периодам времени: 1990–1992, 1993–1996, 1997–2002 гг. В табл. 22 представлены распределения кандидатских и докторских диссертаций. В последнем столбце этой таблицы приведено отношение числа кандидатских диссертаций к докторским диссертациям. В среднем на три кандидатские диссертации приходится одна докторская диссертация.

**Распределение кандидатских и докторских диссертаций  
по периодам времени**

Критическая технология	Годы	Кандидатские диссертации	Докторские диссертации	Кандидатские диссертации / Докторские диссертации
СТМ	1990–1992	57 (76%)	18 (24%)	3,2
	1993–1996	25 (71%)	10 (29%)	2,5
	1997–1999	25 (71%)	10 (29%)	2,5
МС	1990–1992	32 (78%)	9 (22%)	3,6
	1993–1996	16 (73%)	6 (27%)	2,7
	1997–2001	17 (77%)	5 (23%)	3,4
СП	1990–1992	93 (71,5%)	37 (28,5%)	2,5
	1993–1996	90 (79,6%)	23 (20,4%)	3,9
	1997–2002	54 (75%)	18 (25%)	3,0

Анализ распределений диссертаций по номенклатуре специальностей научных работников ВАКа позволяет дополнить информацию о масштабах развития исследований по отдельным КТ. В области СТМ диссертации были защищены по 40 специальностям, из них 12 специальностей по естественным наукам (физика твердого тела, физическая химия и пр.), 28 специальностей по техническим наукам (обработка металла давлением, бурение скважин и т.д.). Эти цифры показывают широкую распространенность СТМ. Аналогичные показатели по металлам и сплавам со специальными свойствами заметно меньше: 8 специальностей по естественным наукам и 13 специальностей по техническим наукам.

Диссертации по естественным наукам можно отнести к фундаментальным исследованиям, по техническим наукам – к прикладным. Распределение диссертаций (СТМ и МС) по этим двум группам и периодам времени приведено в табл. 23.

**Распределение диссертаций по группам и периодам времени**

Критич- ская техно- логия	Годы	Фундаментальные исследования	Прикладные исследования	Фундамен- тальные иссле- дования / При- кладные иссле- дования
СТМ	1990–1992	11 (14,7%)	64 (85,3%)	0,17
	1993–1996	11 (31,4%)	24 (68,6%)	0,46
	1997–1999	3 (9%)	32 (91%)	0,09
МС	1990–1992	31 (76%)	10 (24%)	3,1
	1993–1996	16 (73%)	6 (27%)	2,7
	1997–2001	12 (54%)	10 (46%)	1,2

Отдельного рассмотрения заслуживают докторские диссертации как наиболее крупные достижения в КТ. Например, в области фундаментальных исследований по СТМ нет докторских диссертаций, выполненных за последний период. И в более ранние периоды времени положение нельзя считать благополучным: в физике было защищено пять диссертаций, в химии – три. Такое число работ для данной критической технологии явно недостаточно. В прикладных исследованиях положение иное. Во второй период времени защищено шесть докторских диссертаций, в третий – девять. Однако их распределение по научным направлениям далеко от равномерного. Более 50% работ выполнены по технологии машиностроения, процессам механической и физико-технической обработки, станкам и инструменту. Не было диссертаций по транспортному, горному и строительному машиностроению, авиационной и ракетно-космической технике, электротехнике и электронике.

С помощью критерия цитируемости оценен вклад докторов наук в развитие КТ. Как подчеркивалось ранее, цитируемость работ ученого является индикатором эффективности его исследований в информационной модели науки. Получены данные цитируемости с 1975 г. на год защиты диссертаций 38 докторов наук в области СТМ и 78 докторов наук в области СП. По МЭ получена информация о цитируемости за 1996–2000 гг. 38 ученых – членов редакционной коллегии журнала «Материалы электронной техники» и членов оргкомитетов двух отечественных конференций по кремнию. В каждой

КТ выделены три группы исследователей: не цитируемые и низкоцитируемые авторы публикаций с числом ссылок на их работы не более 10; среднекитируемые с числом ссылок 11–50; высокоцитируемые с числом ссылок более 50. Распределение докторов наук по этим трем группам приведено в табл. 24.

Полученные данные не отвергают вывод о широком развитии отечественных исследований по СП. Здесь получена наименьшая доля низкоцитируемых исследователей. В то же время наибольшая доля высокоцитируемых ученых имеется в МЭ. Этот результат приобретает еще большую значимость, если учесть, что по СТМ и СП данные получены за более чем 20 лет, а по МЭ только за шесть лет. Следует отметить, что около 50% докторов наук в области СТМ совсем не цитируются. Одна из причин низкой цитируемости отечественных работ – различие в структурах отечественных и зарубежных исследований. Выше приводились данные (табл. 23), согласно которым по СТМ с течением времени структура отечественных работ все более отдалась от структуры мировых исследований. Пристальное внимание и последующую повышенную цитируемость вызывают работы в новых быстро развивающихся научных направлениях. В «устоявшихся» научных областях тоже появляются высокоцитируемые публикации, но это довольно редкие достижения достаточно высокого ранга.

Таблица 24

**Распределение докторов наук по группам  
с разной цитируемостью (в %)**

Группа	Критическая технология		
	СТМ	МЭ	СП
Низкоцитируемая	68,4	40,5	26,9
Среднекитируемая	21,0	32,5	52,6
Высокоцитируемая	10,6	27,0	20,5

Приведем экспертную оценку докторских диссертаций по МЭ члена экспертного совета Высшей аттестационной комиссии по электронно-измерительной технике, радиотехнике и связи. Отмечено, что докторские диссертации в конце прошлого века посвящены

хотя и важным, но традиционным направлениям: управлению процессами дефектообразования в кремниевых структурах, низкотемпературным методам осаждения нитридных пленок из газовой фазы и пр. Тематика многих работ соответствует потребностям электронной области не в полной степени, не носит подлинно инновационного характера [14]. Это заключение об ориентации на традиционные направления работ не противоречит полученным результатам по цитируемости публикаций.

*Анализ отчетов, представленных  
во Всероссийский научно-технический  
информационный центр*

Получена информация об отчетах по синтетическим сверхтвердым материалам (СТМ), металлам и сплавам с особыми свойствами (МС), технологиям на основе сверхпроводимости (СП). Динамика численности отчетов приведена в табл. 25. В табл. 26 дано распределение организаций и отчетов по периодам времени. При переходе от первого периода времени ко второму сократилось число организаций (в среднем в три раза). Одна из причин – выделение организаций бывших союзных республик. В табл. 27 для примера приведено распределение организаций и отчетов в области СТМ по союзным республикам в первый период времени. Из представленных данных следует, что в исследованиях принимали участие, помимо России, около 40% организаций союзных республик с долей отчетов 44,1%. На Украине осталась и крупная специализированная организация – Институт сверхтвердых материалов (г. Киев). По числу отчетов она заняла первое место (15,7%). По МС вклад организаций союзных республик остался примерно на таком же уровне, как и в СТМ. По СП данные получены только за 1990 г. Из 74 организаций 27 (кроме России) представляли союзные республики. Они выпустили 41 отчет (31,5%). Это научные организации Украины, Белоруссии, Молдавии, Эстонии, Латвии, Узбекистана, Азербайджана. Из них наибольший вклад внесли Украина (15,4% отчетов) и Белоруссия (6,9% отчетов).

Уменьшение числа работ очевидно связано и с общим системным кризисом российской науки.

Представляют интерес организации, достаточно длительное время работавшие в той или иной КТ. Например, по СТМ во второй период времени только 30% организаций продолжали работать и выпускать отчеты после 1992 г. В третий период времени опять только треть организаций, работавших во втором периоде, продолжали работать в области СТМ. Таким образом, совсем немного организаций (около 10%) постоянно, более 10 лет, работали в области СТМ, накапливая опыт и информацию. Ведущие позиции занимали Московский институт стали и сплавов и Институт физики высоких давлений РАН.

С «концентрацией» исследований связан вопрос и о числе отчетов, выпускаемых той или иной организацией. Можно предполагать существование значительного числа организаций, выпускающих незначительное число отчетов. В табл. 28 приведено распределение организаций, работавших в области МС, по числу отчетов за 1993–2002 гг.

Таблица 25  
**Динамика численности отчетов**

Год издания отчета	Критическая технология		
	СТМ	МС	СП
1990	30	65	130
1991	41	59	158
1992	31	12	39
1993	13	10	31
1994	8	4	9
1995	12	6	6
1996	19	27	27
1997	10	11	8
1998	10	9	8
1999	9	15	9
2000	9	8	10
2001	–	18	15
2002	–	–	7

Таблица 26

**Распределение организаций и отчетов по периодам времени**

Годы	Критическая технология					
	СТМ		МС		СП	
	организации	отчеты	организации	отчеты	Организации	Отчеты
1990–1992	53	102	76	136	74	327
1993–1996	35	52	20	47	32	73
1997–2002	24	38	35	61	28	57

Таблица 27

**Распределение организаций и отчетов союзных республик (СТМ)  
в первый период времени (1990–1992)**

Республика	Число организаций	%	Число отчетов	%
Россия	32	60,4	57	55,9
Украина	12	22,6	34	33,3
Белоруссия	5	9,4	7	6,9
Казахстан	3	5,7	3	2,9
Латвия	1	1,9	1	1,0

Таблица 28

**Распределение организаций, работавших в области МС,  
по числу отчетов**

Число организаций	Число отчетов	Число организаций	Число отчетов
38	1	2	5
5	2	1	6
2	2	1	7
5	4	1	13

Полученные данные не отвергают гипотезу о слабой концентрации исследований, только 10 организаций ( $\approx 20\%$ ) выпустили четыре и более отчетов.

Еще один аспект рассмотрения организаций связан с их принадлежностью к тому или иному ведомству. Здесь выделены организации Российской академии наук (РАН), высшие учебные заведения, прочие (НИИ, НПО и пр.). В табл. 29 приведено распределение организаций, работавших в области СП за период 1993–2002 гг., по ведомствам.

Таблица 29

**Распределение организаций по ведомствам**

Ведомство	Годы	
	1993–1996	1997–2002
Организации РАН	7 (21,9%)	7 (25%)
Высшие учебные заведения	24 (75%)	14 (50%)
Прочие	1 (3,1%)	7 (25%)

В работы по сверхпроводимости наибольший вклад вносят вузы. Из них наибольшее число отчетов представили Московский государственный университет и Московский энергетический институт.

Далее в статье рассматривается кадровая составляющая исследований – руководители работ.

*Руководители работ.* В табл. 30 приведено распределение руководителей работ по ученым степеням и периодам времени. В СТМ и МС с течением времени возросла доля докторов наук. Только по СП она осталась примерно на том же уровне за последние

10 лет. В области СТМ преобладали доктора технических наук, заметное участие принимали доктора физико-математических наук (12–25%). Аналогичная картина в исследованиях по МС. По СТМ установлена незначительная доля (не выше 10%) докторов и кандидатов химических наук, хотя химия играет важную роль в синтезе и изучении свойств СТМ.

В исследованиях по СП почти 50% руководителей работ являются докторами физико-математических наук, далее следуют доктора технических наук. Но и в этой КТ мало химиков: в 1993–1997 гг. были два доктора химических наук и один кандидат химических наук, в 1998–2002 гг. – ни одного.

Таким образом, анализ кадровой составляющей критических технологий показал высокую обеспеченность высококвалифицированными специалистами и вместе с тем слабость «химического участка» фронта научных работ.

Таблица 30

### **Распределение руководителей работ по ученым степеням и периодам времени**

Критическая технология	Годы	Ученая степень		
		доктор наук	кандидат наук	без степени
СТМ	1990–1992	31 (37,3%)	38 (45,8%)	14 (16,9%)
	1993–1996	20 (43,5%)	16 (34,8%)	10 (21,7%)
	1997–2000	17 (53,1%)	15 (46,9%)	–
МС	1990–1992	19 (27,9%)	37 (54,5%)	12 (17,6%)
	1993–1996	17 (58,6%)	8 (27,6%)	4 (13,8%)
	1997–2001	29 (70,7%)	10 (24,4%)	2 (4,9%)
СП	1993–1997	32 (62,7%)	14 (27,5%)	5 (9,8%)
	1998–2002	28 (57,2%)	15 (30,6%)	6 (12,2%)

Отдельного рассмотрения заслуживает вопрос участия членов академий наук – академиков и членов-корреспондентов. По СТМ в первый период времени (1990–1992) работали семь членов союзной и республиканских академий. Во второй период продолжал работать только один представитель РАН, в третьем периоде – трое. Примерно такая же картина имела место в работах по МС. В работах по СП в последний период времени принимали участие два академика и один член-корреспондент РАН. Эти данные показывают невысокую степень участия членов РАН в исследованиях по КТ.

Руководители работ участвовали и в подготовке кадров. По СТМ более 40% руководителей преподавали в вузах (профессора и доценты). В области МС доля преподавателей была выше еще на 20%. В исследованиях по СП в последний период времени доля преподавателей снизилась с 50 до 35%. Если процесс сокращения преподавательского корпуса будет продолжаться, проблема подготовки кадров по СП станет актуальной.

*Тематика исследований.* В данном разделе приведена информация о структуре отечественных исследований, полученная путем анализа отчетов. В области СТМ отчеты по тематике разделены на три группы: 1) синтез алмаза и нитрида бора, разработка и оптимизация технологии получения СТМ, получение порошков, покрытий, пленок СТМ, изучение их свойств и пр. (сокращенное название этой группы – СТМ); 2) исследования по композиционным сверхтвердым материалам (СТМК); 3) применение СТМ в инструментах, аппаратах, различных устройствах (СТМП). Распределение отчетов по тематическим группам и периодам времени приведено в табл. 31.

Таблица 31

**Распределение отчетов по тематическим группам  
и периодам времени (в %)**

Тематическая группа	Годы		
	1990–1992	1993–1996	1997–2000
СТМ	53,0	40,4	26,3
СТМК	30,4	13,5	26,3
СТМП	16,6	46,1	47,4

В первый период времени более 80% всех отчетов относились к группам СТМ и СТМК. Далее их доля снижается примерно до 50% за счет возрастания доли работ третьей группы. Уменьшение числа работ особенно заметно для СТМ-группы. Возможно, не создавались новые приемы синтеза СТМ, изучения их свойств и т.д., а разработанные ранее методы уже не служили предметом изучения. Вклад отчетов по СТМК проходит через минимум во втором периоде времени. В последнем периоде времени растет интерес к композиционным материалам. Работы группы СТМП продолжают оставаться ак-

туальными. Это связано с высокой экономической эффективностью применения СТМ во многих отраслях народного хозяйства.

Изучена популярность тематики внутри групп в разные периоды времени. В первой группе вначале наиболее интенсивно развивались исследования по синтезу монокристаллического алмаза для различных областей техники (13% отчетов), получению алмазных порошков (11,3%), синтезу кубического нитрида бора (11,3%), разработке новых технологий, аппаратов и пр. (9,4%). Во втором периоде времени оставались актуальными вопросы синтеза алмаза и кубического нитрида бора, получения порошков, покрытий и пленок. В третьем периоде возрос интерес к изучению механизма синтеза СТМ.

Анализ тематики проведен и в области металлов и сплавов. В табл. 32 приведено распределение отчетов по тематике и периодам времени. Выделены пять групп: 1) износостойкие и теплостойкие порошковые сплавы (ИТПС); 2) магнитно-твердые сплавы (МТС); 3) аморфные и нанокристаллические сплавы (АНС); 4) электротехнические стали (ЭС); 5) магнитно-мягкие сплавы (MMC).

Рассчитаны коэффициенты ранговой корреляции между распределениями в разные периоды времени. Они оказались незначимыми ( $R_{12} = 0,23$ ;  $R_{13} = -0,27$ ;  $R_{23} = 0,6$  при критическом значении 0,8). Таким образом, структура информационного потока, задаваемого отчетами, существенно изменилась со временем. Масштаб исследований по износостойким и теплостойким порошковым сплавам, а также электротехническим сталим заметно снизился. В то же время расширились работы по магнитно-твёрдым, аморфным и нанокристаллическим сплавам.

Таблица 32

**Распределение отчетов по тематике и периодам времени (в %)**

Тематика	Годы		
	1990–1992	1993–1996	1997–2001
ИТПС	35,2	3,5	4,7
МТС	2,4	27,1	45,9
АНС	1,2	22,3	24,7
ЭС	58,8	41,2	21,2
MMC	2,4	5,9	3,5

Таким образом, анализ отчетов позволил получить важную информацию о состоянии отечественных исследований, выявить тенденции и наметить мероприятия, повышающие эффективность теоретических и прикладных работ.

### *Анализ патентных исследований*

В табл. 33 приведено распределение патентов по годам для изученных критических технологий, причем для СТМ представлены данные только по отечественным патентам. По сверхпроводимости информация о патентах получена с 1999 г. Около 50% патентов по СТМ, МС и СП заявлены российскими организациями, остальные – организациями ближнего и дальнего зарубежья и частными лицами. По МЭ доля патентов отечественных организаций оказалась более высокой ( $\approx 80\%$ ).

Для патентов, полученных отечественными организациями, рассчитано время ожидания – разность (в годах) между годом опубликования патента и годом подачи заявки. Значения медиан, минимальных и максимальных значений этого параметра приведены в табл. 34. Здесь привлекают внимание максимальные значения времени ожидания. При таких больших значениях этого параметра, особенно в области СТМ, вряд ли возможно создание инновационной и высококонкурентной продукции, так как данные изобретения фиксируют уровень давно ушедших в прошлое научных и технологических разработок. В исследованиях по металлам и сплавам максимальное время ожидания меньше, но все же остается достаточно большим.

В связи с важностью этого параметра желательно получение дополнительной информации. В табл. 35 приведены значения времени ожидания патентов по СП трех групп: частных лиц, зарубежных и отечественных организаций.

Таблица 33

**Распределение патентов по годам**

Год	Критическая технология			
	СТМ	МЭ	МС	СП
1994	18	39	11	—
1995	36	51	16	—
1996	21	66	38	—
1997	16	24	13	—
1998	18	36	17	—
1999	14	24	12	3
2000	10	4	4	47
2001	—	4	9	18
2002	—	—	—	57
2003	—	—	—	22

Таблица 34

**Медианы, минимальные и максимальные значения времени ожидания патентов**

Год	Медиана			Мин. и макс. значения		
	СТМ	МЭ	МС	СТМ	МЭ	МС
1994	10	3	3	4–16	1–14	2–6
1995	2,5	3	2	1–17	1–18	1–7
1996	3	4	3	1–14	1–16	1–5
1997	3	3	3	2–7	1–14	1–5
1998	3	2	2	0–15	1–5	1–6
1999	3	2	2	1–19	1–18	0–14
2000	28	1,5	2	2–36	1–6	1–5
2001	—	2	2	—	1–2	1–4

Таблица 35

**Медианы, минимальные и максимальные значения времени ожидания патентов для групп**

Группа	Время ожидания	
	медиана	мин. и макс. значения
Частные лица	2	1–27
Зарубежные организации	3	2–5
Отечественные организации	2	0–16

В особо неблагоприятных условиях оказались патенты частных лиц. Почти треть патентов (27,2%) имеет время ожидания от 10 до 20 лет, для 11% патентов время ожидания превышает 20 лет. Несколько лучше положение дел обстоит с патентами отечественных организаций: 17% патентов имеют время ожидания свыше 10 лет, патентов с 20-летней и более задержкой нет совсем. Но и здесь ситуация нуждается в улучшении. Среди патентов, принадлежащих зарубежным организациям, только два имеют максимальное время ожидания пять лет. Среднее арифметическое значение этого параметра для всей группы равно 3,3 года.

Получены распределения патентов (СП) по времени ожидания в разные годы регистрации патентов. Некоторые параметры этих распределений приведены в табл. 36. Это медианы распределений и доли патентов (%) с временем ожидания свыше 10 лет.

Таблица 36

**Параметры распределения патентов по времени ожидания в разные годы их регистрации**

Год регистрации патентов	Параметр	
	медиана	доля патентов со временем ожидания свыше 10 лет (%)
2000	7,5	47,9
2001	2	5,6
2002	2	8,9
2003	2	9,1

Уменьшение почти на порядок доли патентов с временем ожидания свыше 10 лет в 2001 г. вероятно связано с проведением

корректирующих мероприятий патентных служб. За два последующих года доля «старых» патентов все же заметно возросла.

Следующий этап анализа – изучение распределения патентов по типам организаций. Выделены пять типов организаций: 1) вузы; 2) институты РАН; 3) отраслевые НИИ; 4) ЗАО, ООО, АО и т.п.; 5) НПО, ПО, научные центры и т.п. Распределение патентов по типам организаций приведено в табл. 37.

Представленные данные показывают степень участия ведомств в развитии критических технологий. В графах «соотношение» – частное от деления числа патентов на число организаций (П/О). Как оказалось, вузы вносят незначительный вклад в работы по СТМ, а организации РАН – в работы по МС. Из коэффициентов ранговой корреляции для трех распределений патентов по типам организаций оказался отрицательным и значимым (для уровня значимости 0,1) коэффициент корреляции между патентами по СТМ и МЭ ( $R = -0,7$ ).

Самостоятельной задачей является изучение авторов патентов. В табл. 38 приведены распределения авторов по числу патентов.

Таблица 37

#### Распределение патентов по типам организаций

Критическая технология		Тип организации				
		вузы	институты РАН	отраслевые НИИ	ЗАО, ООО, АО и т.п.	НПО, ПО, научные центры
СТМ	Организации	3	9	3	13	3
	Патенты	3	43	10	44	5
	Соотношение (П/О)	1	4,77	3,33	3,38	1,67
МЭ	Организации	29	14	17	13	20
	Патенты	50	49	34	16	38
	Соотношение (П/О)	1,72	3,5	2	1,23	1,9
МС	Организации	18	7	12	17	6
	Патенты	28	7	17	26	6
	Соотношение (П/О)	1,55	1	1,42	1,53	1

Здесь обращает внимание незначительное число «высоко-производительных» авторов с числом патентов три и выше. По МЭ и МС таких авторов 7–9%, по СП в два раза больше. Существенно выделить авторов, подающих заявки систематически, в течение ряда лет. В области СТМ авторов патентов, подававших заявки в течение двух и более лет, оказалось немного (12,2% от общего числа авторов). Еще меньше (7%) таких авторов в области МЭ.

Помимо распределения авторов по числу патентов рассмотрено распределение патентов по числу соавторов (табл. 39, данные по МС).

Таблица 38

### Распределение авторов по числу патентов

Число патентов	Критическая технология					
	МС		МЭ		СП	
	число авторов	%	число авторов	%	число авторов	%
1	178	65,2	121	68,7	178	58,7
2	71	26	46	24,5	64	21,1
3	6	2,2	5	2,6	22	7,3
4	4	1,5	5	2,6	27	8,9
5	3	1,1	2	1,1	4	1,3
6	6	2,2	–	–	1	0,33
7	2	0,7	–	–	5	1,71
8	1	0,4	–	–	1	0,33
9	2	0,7	–	–	1	0,33
10	–	–	1	0,5	–	–

Таблица 39

### Распределение патентов (МС) по числу соавторов

Число соавторов	Число патентов	%	Число соавторов	Число патентов	%
–	7	5,8	6	5	4,2
2	28	23,3	7	6	5,0
3	39	32,5	8	1	0,8
4	20	16,8	9	1	0,8
5	13	10,8	–	–	–

В этой таблице проценты – доли от общего числа патентов. Наиболее распространены микроколлективы из двух и трех авторов, им принадлежат 55,8% всех патентов. Здесь представляет интерес изучение изменения параметров распределения во времени.

*Тематика исследований.* Для примера анализа тематики выбраны патенты по МЭ. Выделены следующие направления исследований:

- 1) материаловедение, физико-химические основы, технология и оборудование для получения монокристаллов;
- 2) материаловедение, физико-химические основы, технология и оборудование для получения гомо- и гетероэпитаксиальных структур;
- 3) технология и оборудование с целью формирования структур материалов для приборов;
- 4) материаловедение, физико-химические основы, технология и оборудование для получения поликристаллов, аморфных, пористых материалов и пленок;
- 5) методы и аппаратура для изучения физико-химических свойств и структурных особенностей;
- 6) материалы для наноэлектроники.

Распределение патентов по тематике и периодам времени приведено в табл. 40.

Коэффициент ранговой корреляции, рассчитанный между распределениями патентов во времени, оказался близким к единице. Таким образом, за рассмотренные периоды времени структура патентных исследований не претерпела изменений.

Таблица 40

**Распределение патентов в области МЭ  
по тематике и периодам времени**

Направление исследований	Годы		
	1994–1995	1996–1997	1998–2001
1	11	11	11
2	37	25	17
3	26	32	23
4	1	6	3
5	14	14	12
6	1	2	2

Ранее было отмечено, что наиболее рациональной стратегией является концентрация ресурсов на небольшом числе приоритетных направлений высшей государственной важности. В этих направлениях важно иметь высокий уровень научных исследований и реальные шансы создания высокотехнологических производств. Как показал проведенный анализ, критические технологии приоритетного направления «Новые материалы и химические технологии» отвечают этому условию. Для дальнейшей работы желательно обобщение опыта научных сотрудников, проводящих научковедческие исследования в данном приоритетном направлении. Здесь выделяются работы сотрудника Центрального экономико-математического института РАН А.И.Терехова с соавторами по изучению фуллеренов [15], углеродных наноструктур (фуллеренов, углеродных нанотрубок, графитовых нановолокон) [17], междисциплинарной области «нанонауки» и «нанотехнологии» [16]. Далее рассмотрены методические положения, предложенные в данных работах.

*Базы данных.* Анализ базы данных Российского фонда фундаментальных исследований (БД РФФИ) позволяет оценить уровень проведенных фундаментальных исследований. Изучение базы данных Высшей аттестационной комиссии (БД ВАК) полезно для оценки кадрового потенциала научно-технологических работ.

*Мировые информационные потоки.* Россия занимает 6-е место из 62 стран по изучению углеродных наноструктур. Отечественные исследователи имели средние по интенсивности соавторские связи с учеными Германии и Франции.

В методическом плане интересен анализ материалов международного симпозиума по фуллеренам и атомным кластерам. Показано, что примерно 25% докладов отечественных ученых представлены совместно с зарубежными учеными, среди которых лидируют исследователи из США, Франции и Японии [17].

*Отечественные информационные потоки.* Из отчетов РФФИ получена информация о состоянии исследований по фуллеренам (67 проектов за 1996 г.), углеродным наноструктурам (122 проекта за 1993–2001 гг.), нанонаукам и нанотехнологиям (425 проектов за 1993–2001 гг.). Помимо ключевых слов, при поиске релевантной информации использовались и химические формулы. Любопытно заметить: эксперты оцениванием выяснило,

что ряд проектов имеет к рассматриваемым темам лишь косвенное отношение. Такая ситуация, вероятно, является следствием дани научной моде. Представляется справедливым вывод: широкое применение углеродных наноматериалов невозможно без перехода экономики страны на высокотехнологичный путь развития [17].

По нанонаукам и нанотехнологиям число проектов с 1996 г. росло по экспоненте со временем удвоения 2,8 года. Интересен анализ терминов в названиях проектов. Всего выявлено 68 терминов – слова с приставкой «нано», из них 43 существительных и 25 прилагательных. Частота употребления терминов отражает структуру развития нанонаук в отечественных фундаментальных исследованиях. Рассчитано время удвоения числа проектов с наиболее употребительными терминами [16].

*База данных «Патенты России».* По фуллеренам за 1994–2000 гг. выявлены 45 патентов на изобретения и 5 патентов на полезные модели. По нанонаукам и нанотехнологиям за 1994–2001 гг. отобраны 25 патентов и 31 заявка на изобретения. Подтвержден сделанный ранее вывод о значительном времени, проходящем от регистрации заявки до публикации сведений о формуле патента. Время задержки может достигать четырех лет и более, что ограничивает возможность сопоставления полученных данных с данными из других источников информации.

Полезна рекомендация по библиометрическому анализу патентных ссылок (перечень прототипов) для выявления и оценки силы связи между наукой и технологией. Такой анализ позволил заключить, что интенсивные научные исследования по фуллеренам во всем мире еще не привели к их широкомасштабному применению. Здесь следует учитывать, что от времени появления фундаментального открытия до его эффективного практического применения обычно проходит от 15 до 40 лет [15, 17].

Также проведен анализ терминов в патентных исследованиях по нанонаукам. Первые три места заняли термины «nanoструктуры», «наночастицы» и «нанотрубки», что отражает основные объекты научного и изобретательского интереса. Показано отставание патентной активности от научных исследований. В среднем на 21 проект приходится один патент. Незначительное употребление термина «нанотехнологии» и родственных ему терминов по-

зволяет сделать вывод: полученные научные данные еще не нашли применения в технологических работах [16].

*Кадровый потенциал.* Анализ информации из БД ВАК по углероднымnanoструктурам показал, что в 1997–1998 гг. были защищены 15 кандидатских и докторских диссертаций. Это на порядок меньше числа диссертаций (на степень Ph.D.), подготовленных в американских университетах за эти годы [17]. Изучение массива публикаций за 1990–2000 гг. по фуллеренам и углеродным nanoструктурам показало, что этой тематикой занимались более 750 отечественных исследователей с вкладом каждого от одной до 33 публикаций. Анализ кадрового потенциала по отчетам РФФИ в работах по фуллеренам позволил определить общее количество участников проектов, распределение руководителей и исполнителей работ по ученым степеням и ученым званиям, численный состав рабочих групп и т.д. [15].

Таким образом, анализ литературных данных позволит в намечаемых научковедческих исследованиях расширить перечень используемых источников информации (новые базы данных), а также применить методические рекомендации: по анализу трудов конференций и симпозиумов, анализу терминов в проектах и патентах и пр. Целесообразно проведение специальной работы по выявлению публикаций, применяющих научковедение в изучаемом приоритетном направлении.

## **Выводы**

В настоящей работе приведены результаты решения задачи создания методики выбора и анализа наиболее важных направлений науки и высоких технологий, представляющих наибольший интерес для развития отечественной экономики, социальной сферы, удовлетворения государственных нужд, государственной безопасности и охраны окружающей среды. Другая решаемая задача – создание методики сравнительного анализа выбранных направлений науки и высоких технологий России и развитых стран.

Для решения первой задачи естественным представляется рассмотрение достаточно полного списка наиболее важных направлений науки и высоких технологий, полученного, например, при опросе экспертов и анализе литературы. Направления затем ранжируются по

важности с помощью выбранной системы индикаторов. Однако этот способ связан с привлечением большой группы высококвалифицированных специалистов и требует нескольких лет работы.

Здесь на основании экспертного заключения выбираются несколько приоритетных направлений (в данном случае три приоритетных направления) и оценивается состояние исследований в критических технологиях, входящих в эти приоритетные направления. Если работы по критическим технологиям в развитых странах развиваются достаточно интенсивно, то важность таких приоритетных направлений не вызывает сомнений. При этом по состоянию исследований определяется место России среди развитых стран. Более детальный анализ отечественных работ позволяет выдвинуть рекомендации по подготовке элитных научных кадров.

В проводимых исследованиях широко использованы информационные индикаторы: число статей, отчетов, диссертаций и пр. Этот выбор определен применением информационной модели развития науки. Здесь важным этапом является выбор источников информации. Желательно, чтобы они содержали наиболее важные публикации стран с высоким уровнем развития науки и высоких технологий. Этим требованиям отвечает, например, реферативный журнал «Chemical Abstracts». Существенно, что этот источник информации содержит не только рефераты статей и обзоров, но и сведения о патентах. Указатель научных ссылок также содержит данные из наиболее важных журналов всего мира. Еще одним из вариантов является использование специализированных баз данных, например, базы данных по сверхпроводимости. При анализе отечественных информационных потоков к этим источникам информации добавляются сведения о диссертациях, отчетах, патентах и пр.

Список источников информации этим не ограничивается. Как было показано выше, в ряде случаев к ним добавляются специализированные журналы и поисковые системы Интернета. Полученные данные обрабатываются методами математической статистики.

Таким образом, предлагаемая методика включает:  
1) получение распределений публикаций, относящихся к критическим технологиям, по странам; 2) ранжирование стран по их вкладам в информационные потоки; 3) расчет коэффициента конкордации для оценки согласованности ранжирования различных критических технологий и оценка его значимости; 4) оценку вкладов стран

по сумме баллов при принятии гипотезы о согласованности ранжирования; важно установить положение стран-лидеров по развитию мировой науки и высоких технологий (США, Япония); если они сохраняют передовые позиции в анализируемом приоритетном направлении, то входящие в него критические технологии могут быть признаны весьма важными; 5) определение места России среди других стран по сумме баллов; 6) проверку гипотезы о равномерном ранжировании при ранжировании отечественных критических технологий с целью выявления наиболее успешных и «отсталых» критических технологий; 7) определение положения России по отношению к стране-лидеру.

Отдельным разделом методики является получение распределений публикаций по направлениям исследований и анализ этих распределений. Следует учитывать, что научные направления выделяются с помощью экспертных оценок. Поэтому последние желательно сопоставлять с литературными данными. Скорость развития исследований по всему приоритетному направлению и по отдельным критическим технологиям определяется временем удвоения публикаций или по другим индикаторам. Аналогичные процедуры используются и при анализе патентов.

Результаты анализа отечественных информационных потоков предлагается использовать в предложенной методике ранжирования вузов по уровню качества подготовки специалистов, работающих в области критических технологий. После завершения этого этапа анализа станет ясно, какие вузы наиболее успешно готовят кадры для критических технологий. Особый интерес представляют данные о подготовке докторов наук, по определению вносящих существенный вклад в развивающиеся области исследований. Важно оценить реальную эффективность их деятельности. В качестве индикаторов эффективности могут быть использованы сведения о публикациях, отчетах, патентах, подготовке кандидатов наук, цитируемости публикаций и пр. Здесь также важно выделение двух групп докторов наук: развивающих фундаментальные исследования; развивающих прикладные исследования.

Представляется необходимым учет информации о структуре исследований. Желательно равномерное распределение высококвалифицированных специалистов по всем направлениям той или иной критической технологии. Поэтому подготовка кандидатов и

докторов наук в направлениях, учитывающих дефицит новых кадров, может быть оценена введением весовых множителей. Подобным путем может быть оценено участие в работе членов РАН.

## Список литературы

1. Андриевский Р.А. Порошковое материаловедение. – М.: Металлургия, 1991. – 205 с.
2. Государственные приоритеты в науке и образовании / Ракитов А.И., Авдулов А.Н., Иванова Н.И. и др.: Отв. ред. Ракитов А.И.; РАН. ИНИОН. Центр науч.-информ. исслед. по науке, образованию и технологиям; Центр информатизации, социал., технол. исслед. и научовед. анализа. – М., 2001. – 232 с.
3. Грановский Ю.В. Науковедческий анализ критических технологий по новым материалам и химическим продуктам // Науковедческие исследования: Сб. науч. тр. / Отв. ред. Ракитов А.И.: РАН. ИНИОН. Центр науч.-информ. исслед. по науке, образованию и технологиям; Центр информатизации, социал., технол. исслед. и научовед. анализа. – М., 2003.
4. Губарева Э.М. Материалы специального назначения. Прогрессивные технологические процессы обработки. – Пермь: Перм. гос. техн. ун-т, 1996. – 241 с.
5. Дерягин Б.Г., Федосеев Д.В. Алмазы делают химики. – М.: Педагогика, 1980. – 128 с.
6. Закс Л. Статистическое оценивание: Пер. с нем. – М.: Статистика, 1976. – 598 с.
7. Клебанер В.С., Мирабян Л.М., Терехов А.И. Опыт и проблемы оценки развития нового научного направления // Науковедение. – М., 2000. – № 4.
8. Российская фундаментальная наука в третьем тысячелетии / Ларичев О.И., Минин В.А., Петровский А.Б., Шепелев Г.И. // Вестн. РАН. – М., 2001. – Т. 71, № 1.
9. Левина Д.А. Мировая порошковая металлургия на подъеме // Порошковая металлургия. – М., 2000. – № 7/8.
10. Маршакова-Шайкевич И.В. Мировая наука на пороге XXI века // Вестн. РАН. – М., 2000. – Т. 70, № 12.
11. Минкин В.И. Молекулярная электроника на пороге нового тысячелетия // Российский хим. журн. – М., 2000. – Т. XLIV, № 6.
12. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. – М.: Наука, 1965. – 340 с.
13. О приоритетных направлениях развития науки и техники Российской Федерации и перечне критических технологий федерального уровня. – Режим доступа: <http://www.extech.msk.su>.
14. Полторацкий Э.А. Краткий обзор тематики диссертаций, рассмотренных ВАК Минобразования России в 1999 г. Электроника, приборостроение и радиотехника // Бюл. Высш. аттестац. комис. М-ва образования РФ. – М., 2001. – № 3.
15. Терехов А.И. Библиометрическая оценка развития научно-технической области (по материалам грантов и патентов) // Науковедение. – М., 2002. – № 4.
16. Черноплеков Н.А. Сверхпроводники в энергетике // Энергия. – М., 2002. – № 12.
17. Черноплеков Н.А. Сверхпроводниковые технологии: Современное состояние и перспективы практического применения // Вестн. РАН. – М., 2001. – Т. 71, № 4.

**Ю.В.Грановский**

**ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ В ОБЩЕСТВЕ,  
ОСНОВАННОМ НА ЗНАНИЯХ<sup>\*</sup>**

Вопросы подготовки научной и инженерно-технологической элиты на базе высшей школы в интересах развития науки и экономики стали актуальными уже в первой половине XX столетия. После Второй мировой войны осознается решающая роль высшего профессионального образования как фундаментального фактора военного могущества, политического успеха и механизма решения внутренних и геополитических проблем в условиях bipolarного мира [1].

В наши дни главным фактором социально-экономического развития все в большей степени становятся знания и информация, требующие особой, прежде всего университетской подготовки. Специалиста с университетским образованием отличает широта и универсальность знаний, способность к любому виду деятельности. Максимальное развитие творческого начала, поиск, умение разобраться в сложных вопросах изучаемых дисциплин – обязательные элементы университетского образования. Университет дает студенту не столько запас конкретных знаний, сколько основы и методологию познания. Центральной задачей университетского образования является формирование научного мышления, понимания современных задач, путей и перспектив развития науки и техники вообще и по профилю специализации.

---

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 04-06-80252).

Важная задача современного университетского образования – определение набора изучаемых дисциплин (содержание обучения), их последовательности и взаимосвязи, а также форм и методов самого процесса обучения с целью его интенсификации и повышения эффективности [2].

Потребность в высококлассных специалистах привела к возникновению профессионализированной индустрии знания. Слой людей, особенно в высокоразвитых странах, имеющих высшее профессиональное образование, стремительно растет. Именно в этом смысле понятия «общество, основанное на знаниях» и «общество высоких технологий» являются почти синонимичными. Наука оказалась способной к экспоненциальному росту и быстрому внедрению своих результатов благодаря массовой подготовке специалистов в системе высшей школы. Ориентация вузов развитых стран, вступивших на путь построения информационного общества, на подготовку кадров, обеспечивающих реализацию научных и технологических приоритетов, стала делом, представляющим первостепенный интерес как для государства, так и для корпоративного сектора экономики.

Была завершена интеграция науки, образования, сферы услуг и информации, достигнута переориентация почти всех образовательных структур на решение научных, технологических и социальных проблем постиндустриальных обществ. Постепенно складываются новая методология и новые требования к выбору и оценке приоритетов высшего профессионального образования [1].

## **Отбор и оценка образовательных приоритетов**

Выбор образовательных приоритетов определяется прежде всего общими потребностями государства, которые ориентированы на поддержку и развитие наиболее важных направлений науки, технологии и инженерного дела, а также социально-гуманитарных направлений деятельности, призванных обеспечить социальную устойчивость, мобильность, динамичное развитие, рациональное управление и наращивание духовно-культурного потенциала населения страны.

Количество и качество трудозанятых с высшим профессиональным образованием положительно коррелируют с благосостоя-

нием, стабильностью и экономической мощью общества. В США на 100 трудозанятых в возрасте 25–64 лет высшее образование имеют 35 человек, Канаде – 30, Швейцарии – 28, Японии и Швеции – 21, Финляндии – 18 человек и т.д. Эти страны входят в число 20 самых богатых стран в мире.

В работе «Государственные приоритеты в науке и образовании» выделен ряд методологических принципов и правил выбора и оценки приоритетов в области образования. Для настоящего исследования представляются наиболее важными следующие принципы:

1) связь выбора и оценки образовательных приоритетов с приоритетами в науке и технологиях;

2) учет тенденций развития мировой экономической системы, общих прогнозов научно-технического прогресса и определение областей социально-экономической деятельности, в которых наиболее интенсивно будет возникать спрос на специалистов высшего уровня соответствующего профиля;

3) учет результатов сравнительного анализа образовательных приоритетов передовых стран, добившихся наиболее значительных успехов в развитии школьного, вузовского и послевузовского образования, повышении квалификации и переквалификации всех специалистов народного хозяйства;

4) учет текущих и перспективных потребностей национальной экономики, науки, технологии и социально-культурной сферы, а также различных административно-территориальных образований страны [1, с.105–106].

В отмеченной публикации изложены многие вопросы модернизации научно-образовательной политики РФ, связанные с выбором и оценкой суперприоритетных направлений науки и высоких технологий. В настоящей работе рассмотрена одна задача, имеющая важное значение для данной темы, – отбор вузов, успешно готовящих кадры для науки и народного хозяйства. Здесь предложен новый подход к ее решению. Его целесообразно рассматривать как дальнейшее развитие исследований, результаты которых изложены в книге «Государственные приоритеты в науке и образовании» [1]. Названную задачу можно считать одним из этапов решения проблемы повышения качества подготовки выпускников вузов. Она связана с изложенными выше методологическими принципами выбора и оценки при-

оритетов в области образования, особенно с вопросом повышения квалификации специалистов народного хозяйства.

## **Приоритет – качество высшего образования**

В данном разделе статьи рассмотрен ряд публикаций по качеству подготовки выпускников вузов. Здесь не ставилась задача достаточно полного охвата работ по теме. Выборка может служить основанием для оценки гипотезы о новизне предлагаемого подхода – отбора вузов с высоким качеством подготовки выпускников.

Заметное число отечественных работ по качеству подготовки появилось в последние пять–семь лет. В 1998 г. в докладе министра образования А.Тихонова одной из основных задач был поиск механизмов повышения качества образования выпускников средней и высшей школы. Предлагалась поэтапная структурная перестройка высшего и послевузовского образования, направленная на повышение качества подготовки студентов, рост их профессиональной и академической мобильности. На одном из этапов структурной перестройки намечалось создание федеральных советов по стандартам профессионального образования и по направлениям подготовки специалистов с целью создания более открытого, гибкого и компетентного механизма лицензирования специальностей. Важным являлось и решение о совершенствовании образовательной статистики, получении исчерпывающей информации о состоянии дел в отрасли [3].

В Министерстве образования РФ в 2000 г. был объявлен конкурс «Внутривузовские системы обеспечения качества подготовки специалистов» для стимулирования вузов в проведении самооценки своей деятельности по критериям, отражающим современные подходы к управлению вузами на основе качества. Победители конкурса выявлялись путем экспертной оценки вузов-конкурсантов. В основу модели конкурса были положены принципы *всеобщего управления на основе качества* (ВУОК, TQM – Total Quality Management): ориентация на потребителей; нацеленность на постоянное совершенствование; системное управление процессами; осознание и выполнение руководством роли лидера в работе по качеству [4, 6].

В том же году в конкурсе Министерства образования РФ при размещении заказа на выполнение научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ по научно-технической программе «Научные исследования высшей школы по приоритетным направлениям науки и техники на 2000–2005 гг.» имелся раздел «Средства контроля качества для научно-технических и образовательных услуг высшей школы» [5]. Тогда же в Московском институте стали и сплавов прошло совещание проректоров по учебной работе вузов РФ «О новых подходах в организации учебного процесса». Главный вывод совещания: основные усилия должны быть направлены на решение системных вопросов совершенствования качества подготовки специалистов. Предлагалось организовывать ежегодные конкурсы по внутривузовским системам обеспечения качества, обобщать и распространять методики победителей, изучать зарубежный опыт [7].

Особо следует выделить подписание нашей страной Болонской декларации. Инициаторами этого процесса выступили в 1998 г. министры образования Франции, Германии, Италии, Великобритании. Инициатива была поддержана другими странами, и в июле 1999 г. министрами образования 29 стран была подписана Болонская декларация. Цель ее состоит в формировании единого европейского образовательного пространства и общеевропейской системы образования. В основу декларации положены шесть принципов: 1) введение двухциклового высшего образования; 2) введение системы кредитов для унификации учета объема учебной работы; 3) обеспечение качества образования посредством введения методологий и критериев; 4) возможность продолжения образования в других высших учебных заведениях стран, подписавших Болонскую декларацию; 5) принятие более удобной и со-поставимой системы ступеней высшего образования с выдачей приложений к дипломам (для содействия трудоустройству студентов и для увеличения конкурентоспособности европейского образования); 6) формирование европейского подхода к развитию высшего образования.

Основные мероприятия должны быть завершены к 2010 г. [8]. Таким образом, в каждом вузе должна быть создана внутривузовская система контроля качества по критериям, определенным европейским сообществом, с участием работодателей, внешних

экспертов и студентов. Так будет реализован уход от системы, в которой преподаватель сам учит и сам ставит оценки.

Ивановский государственный энергетический университет (ИГЭУ) много лет по заданию Министерства образования РФ работает над созданием внутривузовской системы контроля качества образования. Кроме ИГЭУ этими же вопросами занимается Центр качества образования, созданный на базе Московского института стали и сплавов. С учетом полученного опыта и общеевропейских рекомендаций будет определено, какими должны быть в каждом вузе структуры контроля качества и механизмы их работы. Вероятно, через несколько лет в рамках самоаттестации вузов будут вос требованы отчеты о работе систем контроля качества. При отсутствии системы вуз будет лишен государственной аккредитации [9].

Министр созданного в 2004 г. Министерства образования и науки РФ А.Фурсенко поставил задачу определения оптимального пути функционирования и совершенствования системы науки и образования, на котором аккредитация научных учреждений признана избыточной функцией при сохранении лицензий на определенные виды работ. Для оценки научной деятельности вузов предложено создать систему индикаторов [10].

Наконец, в ежегодном Послании Федеральному собранию президента РФ В.Путина отмечено, что российское образование по своей фундаментальности занимает одно из ведущих мест в мире, и утраты этого преимущества недопустима. Условия глобальной конкуренции требуют усиления практической направленности и повышения качества образования. Сейчас профессиональное образование не имеет устойчивой связи с рынком труда. Более 50% выпускников вузов не находят работу по специальности. Массовый охват высшим образованием сопровождается снижением уровня преподавания. При увеличении приема в вузы сохраняется дефицит квалифицированных кадров, необходимых стране. Качественное образование недоступно малоимущим.

Как отмечено в Послании, результативность реформ в образовании следует измерять по показателям качества, его доступности и соответствия потребностям рынка труда [11]. Таким образом, вопросам качества высшего профессионального образования в нашей стране придается первостепенное значение, и модернизация научно-образовательной политики в этом плане представляется

крайне важным делом. Еще не удалось практически воплотить идею интеграции науки и образования. В начале 1992 г. было создано Министерство науки, высшей школы и технической политики РФ, но уже через год Управление высшим образованием выделилось в самостоятельный орган.

Как отмечено в статье «В пятерке лидеров – вузы из глубинки», идея интеграции науки, образования и производства весьма своеевременна [12]. Неудачи в этой области в условиях научно-технической революции наряду с другими причинами привели к краху советской административной системы. Но вместо осмысленных попыток решения проблем интеграции имели место административная суэта, бесполезная трата сил и времени.

Руководители образования и науки в России предлагают разные способы решения проблемы повышения качества высшего образования. Например, в целях обеспечения контроля качества обучения в апреле 1997 г. было принято решение о государственной аккредитации вузов. При разработке показателей был учтен опыт США, Великобритании, Голландии, Румынии. В этих странах для оценки работы вуза при аккредитации используют от 6 до 16 параметров: показатели условий реализации образовательной деятельности (кадры, учебные ресурсы и пр.); показатели результатов (востребованность выпускников, эффективность научно-исследовательской деятельности и пр.) и т.д. Принятые в российской системе аккредитации показатели во многом соответствуют тем, что используются в мировой практике [13]. В США в общенациональном масштабе различные аспекты аккредитации координирует Аккредитационный совет высшего образования. Правовые вопросы решаются Департаментом образования правительства США. Успешная аккредитация гарантирует вузам бюджетное финансирование. Ее наличие важно и для потребителей образовательных услуг. В стране много аккредитующих организаций, их стандарты и процедуры различаются между собой. Но конкуренция между ними, прозрачность их работы, использование зарубежного и национального опыта обеспечивают эффективность этих организаций.

При оценке деятельности вуза анализируются качество программ, учебных планов, методических материалов, состав преподавателей и пр. Базовым документом для аккредитации служит

доклад по самооценке (более 100 страниц). Эксперты аккредитующей организации анализируют этот документ, выносят рекомендации по совершенствованию деятельности вуза и дают заключение о его статусе [14, 23].

В связи с подписанием Болонской декларации [8] в российских вузах началась разработка нового поколения стандартов с переходом на многоуровневую систему высшего образования, эксперименты по использованию модульно-рейтинговой системы организации учебного процесса, создание, в соответствии с общеевропейскими требованиями, общероссийской системы аттестации и контроля качества, не зависимой от органов управления образованием и внутривузовских систем контроля качества. На федеральном уровне проводится разработка требований для каждой специальности к материальной базе и учебно-методическому обеспечению, а также создаются тестовые материалы для проверки знаний студентов и уровня реализации учебного процесса. Вводятся категории «ведущий вуз РФ» и «ведущий вуз по направлению». Ведущих вузов РФ будет немного, очевидно не более 20. Предусматривается демократическая процедура отбора таких вузов один раз в пять лет. Данное решение соответствует задаче, поставленной президентом РФ, – выделить приоритеты, обеспечить целевую поддержку эффективно работающих организаций [15].

При выявлении вузов с высоким качеством подготовки выпускников распространены процедуры ранжирования вузов по качеству. Например, модель сравнительной оценки государственных вузов России в виде компьютерной программы «Рейтинг вузов» была разработана в Министерстве образования РФ. Оценка работы вуза проводилась по 24 основным показателям. Один из критериев оценки – соотношение активности работы и потенциала вуза. Потенциал оценивался по уровню квалификации профессорско-преподавательского состава, материально-технической базой и т.д. Активность вуза – это издательская деятельность, научные исследования, подготовка аспирантов и т.д. Программа определяла рейтинги среди родственных классических университетов, политехнических, машиностроительных и прочих вузов. Получен рейтинг группы политехнических вузов за 1998 г. Первые три места заняли Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана, Санкт-Петербургский государственный технический университет, Томский политехниче-

ский университет. Среди классических университетов лидировали Санкт-Петербургский государственный университет, Московский физико-технический институт (государственный университет), Российский университет дружбы народов [16].

Благотворительный фонд В.Потанина составил собственный рейтинг ведущих российских вузов по итогам Федеральной стипендиальной программы в 2003/2004 учебном году. Программа охватывает 11 московских и 56 государственных университетов из всех федеральных округов. Впервые в качестве критерииев оценки вузов взяты интеллектуальный и личностный потенциал студентов и профессиональный уровень молодых преподавателей. Критериями отбора служили: общая эрудиция, интеллект, логика, умение нестандартно мыслить, креативность, коммуникабельность, активность, лидерский потенциал. Уровень интеллекта, кругозор и логика выявлялись на первом этапе отбора путем тестирования. Лидерские качества проверялись в ходе следующего тура, состоящего из ролевых игр.

В конкурсе молодых преподавателей участвовали лучшие кадры вузов (возраст до 35 лет, с ученой степенью, преподавательский стаж не менее трех лет), которых выдвигал учений совет вуза. Затем независимые эксперты рецензировали присланные соискателями работы. Параллельно проводилось анкетирование студентов, у которых педагоги вели занятия. В итоге преподавательская оценка складывалась из мнений студентов и экспертных заключений.

В тройке лучших по студенческому контингенту были: Воронежский государственный университет, МГУ, Ростовский государственный университет. В конкурсе преподавателей лидировали: Воронежский государственный университет, Южно-Уральский государственный университет, Дальневосточный государственный университет. МГУ занял только 19-е место [18].

Опрос руководителей регионов, крупнейших кадровых агентств, руководителей компаний и предприятий по отбору 10 лучших вузов страны позволил ранжировать 100 вузов. Среди классических университетов первые три места заняли МГУ, Московский физико-технический институт, Московский государственный институт международных отношений [17].

Анализ показал, что в зависимости от состава экспертов, используемых индикаторов, способов обработки данных могут быть

получены несопоставимые результаты. Это отмечалось и в откликах на результаты ранжирования вузов. Было показано, что нельзя создать однозначно объективную систему для оценки, которая одинаково удовлетворяла бы всех и оценивала все нюансы жизни образовательного учреждения. Эффективность и качество работы вуза определяется способностью продуцировать общезначимые ценности, цели и стандарты в сфере образования и науки [19].

Особое место в подготовке кадров для высоких технологий принадлежит инженерным вузам. В России 60–70 инженерных вузов, которых отличает высокий уровень подготовки выпускников. Главное назначение инженерного образования – формирование осознанного стремления студента к познанию окружающего мира и его проблем, к самопознанию и продуктивной деятельности [20].

Первый проректор Томского политехнического университета А.Чучалин отмечал, что согласно Болонской декларации выпускник первого цикла обучения в вузе должен быть востребован работодателем. Здесь может быть полезен зарубежный опыт. Там академическая степень бакалавра наук не позволяет выпускнику вуза считать себя инженером, хотя разрешает трудиться на инженерной должности три–семь лет. Но затем требуется подать заявление в инженерный совет (общественная профессиональная организация) с просьбой принять экзамены на звание профессионального инженера. К заявлению прилагается справка, какими проектами за годы работы руководил соискатель, а также результативность этих проектов. Если по формальным признакам работа соответствует статусу инженера, то соискателя допускают к экзаменам типа «инженерная этика», «социальные последствия инженерных решений» и пр. В Японии лишь 15% соискателей успешно сдают экзамены. Но зато сертифицированный инженер сразу увеличивает конкурентоспособность фирмы.

В нашей стране еще не осознана необходимость создания единой национальной системы сертификации профессиональных инженеров. За рубежом это стало нормой.

На примере Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета выяснено, что подготовка по стандарту одинаковых специалистов находится в некотором противоречии с рыночной ситуацией. Перечень рабочих мест на предприятиях большой и очень разный. Быстро изменяются и технологии.

Поэтому более востребовано такое качество, как способность специалиста «перестраиваться» для решения новых задач. Предприятиям требуются как специалисты-исполнители, так и элитные специалисты, которые предлагают новые идеи, берут на себя их разработку, могут руководить коллективами. Требования для подготовки элитных кадров становятся все серьезнее: качественная базовая основа, правовые знания, менеджмент, инновационная деятельность, владение иностранными языками [21].

В то же время, по мнению ректора Высшей школы экономики Я.Кузьминова, в развитии отечественной высшей школы имеет место консерватизм. В стране продолжает существовать структура инженерного образования, созданная в 80-е годы под 43 промышленные отрасли, каждая из которых должна была иметь вузы. И они продолжают выпускать специалистов, хотя структура экономики изменилась. Удельное финансирование программ не обеспечивает их воспроизводство и развитие. Качество программ в инженерных вузах, где требуется сложное оборудование, ухудшается. Бюджетное финансирование вузов оторвано от результатов их деятельности. Потребители не обеспечены информацией о качестве образовательных программ [22].

Выше отмечалась необходимость выделения ведущих вузов России. Такие вузы иногда называют исследовательскими. Это научно-образовательные и исследовательские организации, обеспеченные современным учебным и экспериментальным оборудованием, опытно-производственными базами, современными информационными технологиями и телекоммуникациями, высокооплачиваемым профессорско-преподавательским и научным персоналом, улучшенными условиями быта и образования для студентов, аспирантов, докторантов, возможностями для дополнительных научных контактов с членами мирового научного сообщества и т.д. Они призваны готовить отечественных профессионалов высшего уровня в соответствии с международными стандартами [1].

Весьма актуален вопрос о критериях, позволяющих выявлять исследовательские вузы. Ректор МГУ В.Садовничий предложил составить рейтинг лучших исследовательских университетов мира и создать неправительственную Ассоциацию исследовательских вузов России и США. По его мнению, в первой сотне университетов мира окажется 10–20 российских университетов. Вице-

президент РАН академик В.Козлов считает, что в России существует примерно 25 вузов, тесно сотрудничающих с академическими институтами, в которых и ведутся серьезные исследования [24].

Сравнительно недавно возникла еще одна форма университетского образования – академические университеты. Например, такой университет создан в рамках Научно-образовательного центра при Санкт-Петербургском физико-техническом институте (директор академик РАН Ж.Алферов). Он призван готовить научные кадры высшей квалификации, начиная с магистратуры. Ж.Алферов считает, что качество обучения в аспирантуре, как в вузах, так и в РАН, в последние годы заметно снизилось. Опираясь на санкт-петербургские академические институты, можно на высоком уровне организовать подготовку аспирантов. Академический университет готов взять на себя подготовку научных кадров высшей квалификации для вузов. На начальном этапе возможна подготовка 20–25 аспирантов в разных областях естественных наук [25].

Проведенный анализ публикаций по качеству высшего образования показал, что задача модернизации научно-образовательной политики крайне актуальна. В основу предлагаемого нами подхода к отбору вузов, успешно готовящих кадры для суперприоритетных направлений науки и высоких технологий, заложена оценка по «конечному продукту»: насколько эффективно работают выпускники вуза. Например, ректор Томского экономико-юридического института В.Терский предлагает создать независимый от всех ведомств и вузов Центр аттестации выпускников вузов по направлениям и ежегодно публиковать результаты аттестации в средствах массовой информации [26].

В европейских странах началось создание новых механизмов контроля качества высшего образования. Будет учитываться успешность работы выпускников вузов. Поэтому важной составляющей таких механизмов станет участие представителей сообщества работодателей, потребляющих «продукцию системы образования» [27].

В рассматриваемой далее процедуре используются идеи и методы научометрии. В связи с этим представляет интерес подход к управлению качеством подготовки специалистов, разработанный в Петрозаводском государственном университете. Там созданы математические модели, позволяющие анализировать ситуацию и принимать решения, используя информацию, накопленную за ряд

лет, статистические данные и пр. Для одной стратегии управления определяется средний рейтинг по всем 12 факультетам. В те подразделения, где показатели оказались ниже, вкладываются ресурсы, и факультеты подтягиваются до необходимого уровня. В основе второй стратегии управления подтягивание всех факультетов до уровня лидеров, имеющих наивысшие рейтинговые показатели по отдельным направлениям деятельности. В модели прогнозирования успешности обучения студентов при переходе с курса на курс используются три вида математических моделей: статистические, стохастические, теория марковских цепей. Их применение позволяет с большой точностью прогнозировать вероятность успешного окончания каждым студентом очередного курса в зависимости от итогов сдачи предыдущих сессий [28].

Одним из самых перспективных путей повышения качества высшего образования является применение упомянутых выше принципов всеобщего управления на основе качества (ВУOK). Система качества охватывает все сферы деятельности организации, все области ее интересов. Инерционность образовательных систем постоянно входит в противоречие с динамичностью развития экономики передовых стран. Системы качества выступают как один из гарантов минимизации рисков потери рыночной ниши на рынке образования [29, 30].

Использование ВУOK в социально-экономической жизни современного общества определяется как «революция качества». В науке о качестве сформировалось отдельное направление, связанное с созданием и функционированием систем качества образовательных учреждений. Первые попытки применения ВУOK были сделаны в США в середине 80-х годов. Через 10 лет более 200 университетов и колледжей изучали вопросы применения этой концепции в образовании и делали попытки практического применения. Начались исследования в этом направлении в Великобритании, Канаде и в ряде других стран. Столь быстрое распространение концепции ВУOK объясняется возможностью эффективного преодоления недостатков современного высшего образования: плохого обучения, устаревания программ, несогласованности учебных планов, высокой стоимости обучения и т.д. ВУOK ориентировано на подготовку специалистов в условиях конкуренции. Возникла потребность изготовления «продукта»

более высокого качества по более низкой цене. Это стратегически интегрированный подход, объединяющий сотрудников, потребителей, спонсоров.

Среди основных принципов ВУОК можно выделить *нацеленность на запросы потребителей, непрерывное совершенствование, коллективную работу, лидерство*. Первые два принципа представляются наиболее важными. Вузам необходимо выяснить, какие знания и навыки необходимы выпускникам для успешной деятельности в различных областях современного общества. Иными словами, обучение должно быть связано с маркетингом. Для студентов важно знать, получат ли они хорошую работу после окончания вуза, а вузу требуется информация, чему надо учить. В любом случае для выпускников важны хорошее владение навыками устного и письменного общения, наличие аналитических навыков, способность решать сложные проблемы с помощью ЭВМ, умение работать в команде как лидером, так и рядовым членом.

Следует учитывать, что студенты и преподаватели играют по две роли. Студент является получателем услуг различных служб вуза (библиотека, столовая и пр.) и работником в процессе обучения. Преподаватель выступает как поставщик услуги и как инспектор качества. Поэтому в вузе существуют, как минимум, две подсистемы: подсистема процесса обучения и подсистема предоставления услуг. Процедуры измерения и способы повышения качества для них будут различны.

В непрерывном совершенствовании большую роль играет *обратная связь*. Если вуз начинает выпускать специалистов более высокого качества, то она расширяет возможности трудоустройства выпускников и повышает репутацию вуза. Возросшая репутация увеличивает число абитуриентов, позволяет выбирать более способных будущих студентов, что опять же повышает качество подготовки выпускников. Она же привлекает специалистов высокого класса, гранты и фонды, позволяет обновлять оборудование и пр. Это во многом определяет эффективность научных исследований, проводимых персоналом вуза. Для успешной обратной связи необходимы количественные критерии оценки качества всех вузовских подсистем. Соответствующие данные должны собираться и анализироваться подходящими методами.

В концепции ВУОК считается, что рациональнее предупреждать появление дефектов, чем выявлять и устранять их в готовой продукции. Поэтому основные усилия переносятся с контроля на производство: «сначала процесс, продукт потом», т.е. в первую очередь следует заниматься улучшением процесса. Если процесс протекает стablyно, то и продукт стабилен по качеству.

Перенося эти представления на процесс обучения, нужно признать, что традиционные экзамены и зачеты не способствуют повышению качества. Они нарушают атмосферу сотрудничества, столь важную для достижения конечных целей.

Имеются сомнения и в том, что широко распространенные балльные оценки адекватно представляют уровень знаний. Преподаватель в процессе обучения скорее должен играть роль тренера, чем инспектора по качеству. Его главной задачей становится повышение «уровня тренированности» студента. В этом деле вряд ли помогут баллы, рейтинги и пр. Желательно устраниить приемы «каратальной педагогики».

Еще один путь непрерывного совершенствования – изменение технологии обучения, обогащение методическими идеями и технологиями из опыта преподавания разных дисциплин. Здесь возрастает роль компьютерных обучающих программ, экспертных обучающих систем, Интернета и мультимедиа.

Из изложенного следует, что обучение принципам ВУОК студентов, преподавателей, администрации, обслуживающего персонала должно быть постоянным. Слушателей желательно убедить, что качество – это культура убеждений, ценностей и поведения, а не только факторы, теории и методы [29, 30].

Естественна аналогия между процессом обучения и производством. Средняя школа является поставщиком «исходных сырьевых материалов». Вузы так же, как изготовители, проверяющие качество входных материалов, не принимают всех желающих и требуют наличия минимального уровня знаний и способностей. Обучающихся студентов можно сравнить с сырьем, которое проходит через производственный процесс. Студенты экзаменуются по учебным программам и оцениваются в конце каждого курса, т.е. проходят своеобразный контроль качества продукции. Готовая продукция имеет торговую марку изготовителя, выпускник получает диплом вуза. Далее выпускники конкурируют в поисках рабо-

ты аналогично тому, как торговые марки и продукция борются за потребителя. Число выпускников, устроившихся на работу, можно рассматривать как объем продаж, а тех, кто остался без работы, как непроданную продукцию или запасы. Колледжи и университеты могут использовать процент выпускников, получивших работу в соответствующей области, и их среднюю начальную зарплату как меру эффективности организации [31].

Данный подход к эффективности привлекателен выбором достаточно универсального и легко устанавливаемого индикатора. Разделы учебных программ и учебных планов в этом случае могут рассматриваться как дополнительные индикаторы.

Проведенный анализ публикаций позволяет сделать следующие краткие выводы:

1) проблема повышения качества высшего образования является ключевой в деле модернизации научно-образовательной политики страны; подписание Россией Болонской декларации привело к необходимости создания общероссийской системы аттестации, контроля качества и внутривузовских систем контроля качества обучения;

2) в настоящее время при оценке качества подготовки выпускников вузов используются различные варианты метода экспертных оценок, что приводит в ряде случаев к получению несопоставимых результатов; в связи с субъективным характером экспертных оценок целесообразно разрабатывать иные подходы к решению данной проблемы, один из них научоведческий подход;

3) предлагаемый научоведческий подход к отбору вузов, успешно готовящих кадры для суперприоритетных направлений науки и высоких технологий, обладает новизной и его целесообразно использовать совместно с принципами ВУОК, модифицированными для высших учебных заведений.

### **Отбор вузов, успешно готовящих кадры для суперприоритетных направлений науки и высоких технологий**

Суть предлагаемого подхода – представление вуза как кибернетической системы, управляемой действующими на нее факторами. Функционирование системы оценивается по выходным

характеристикам, результатам воздействия факторов. Выходные характеристики будем называть откликами или параметрами оптимизации. Здесь существенно наличие обратной связи, позволяющей по значениям откликов изменять факторы в нужном направлении. Это типичная кибернетическая задача, направленная на оптимизацию изучаемой системы [32, 33].

Детализация задачи связана, прежде всего, с выбором откликов и факторов. Например, в публикации «Зачем образованию еще и качество? Системы качества в образовании» [1] речь идет о системе критериев для выбора и оценки находящихся на международном уровне вузов, способных готовить элитные кадры ученых, инженеров и технологов, необходимых для реализации государственных научных и технологических приоритетов. Критерии поддаются метризации и включению в научометрические расчеты. Ниже для примера приведены несколько критерии:

- число НИР и проектов по приоритетным направлениям науки и техники;
- число докторов и кандидатов наук, преподавателей, научных сотрудников, инженеров, студентов, аспирантов и докторантов, выполняющих НИР и проекты по приоритетным направлениям науки и техники;
- число выпускников вуза, ежегодно принимаемых для работы в организации и на предприятиях всех форм собственности, участвующие в разработке и реализации научных и технологических приоритетов и создающие конкурентоспособную продукцию;
- число кандидатов и докторов наук из расчета на 1000 студентов [1, с.210–211].

Данные критерии – те же факторы и отклики в предлагаемой постановке задачи, или, как иногда их называют в научоведческих публикациях, индикаторы научной и учебной деятельности. По сути дела, требуется создание системы контроля качества «продукта». Как и на производстве, контроль может быть организован не для всей продукции, а для достаточно представительных выборок. Необходимо получать информацию о деятельности выпускников вуза за период не менее 10–15 лет с момента их поступления на работу. Помимо научометрических характеристик их деятельности (статьи, патенты, цитируемость и т.д.) целесообразно полу-

чать и экспертные оценки, даваемые, например, руководителями организаций, в которых работают молодые специалисты.

Индикаторы важно разделить на независимые (факторы) и зависимые (отклики) переменные. В ходе оптимизации некоторые факторы и отклики могут быть исключены, а другие добавлены. Нужно только, чтобы изменение списка индикаторов происходило не произвольно, а в связи с полученными эмпирическим путем результатами изучения кибернетической системы.

Методика отбора вузов, успешно готовящих кадры, включает следующие этапы. Сначала выбирается множество индикаторов, характеризующих работу выпускников того или иного вуза, и фиксируются значения этих индикаторов. Например, какой-либо выпускник закончил вуз десять лет назад и к моменту сбора данных имел пять публикаций, два патента и пр.

После получения значений индикаторов для выпускников вуза следует этап обработки данных. Здесь может быть использована методика оценки качества докторских диссертаций в естественных науках. В работе «Смиряться нельзя» [33] выбран 41 количественный и качественный индикатор. К количественным индикаторам отнесены публикации в академических журналах (их число, суммарное число страниц выбранных статей, их доля от общего числа публикаций, доля страниц выбранных статей от общего числа страниц), число монографий, количество ссылок на работы и т.д. К восьми качественным индикаторам отнесены участие в работе редакционных коллегий журналов, наличие премий и открытий, участие в работе научных советов и пр.

Далее составляется матрица исходных данных, содержащая  $n$  строк (число выпускников) и  $m$  столбцов (число индикаторов).

$$\begin{matrix} Z_{11} & \dots & Z_{ij} & \dots & Z_{im} & i=1, \dots, n \\ & \dots & & & \dots & j=1, \dots, m \\ Z_{n1} & \dots & Z_{ij} & \dots & Z_{nm} \end{matrix}$$

Число, стоящее на пересечении  $i$ -ой строки и  $j$ -го столбца, показывает значение  $j$ -го индикатора для  $i$ -го специалиста, или, как принято говорить в многомерном анализе, значение  $j$ -й переменной для  $i$ -го объекта.

На следующем этапе обработки определяется взаимное расположение переменных в пространстве объектов. Можно ожидать,

что выделяется группа сильно связанных индикаторов, ответственных за качество работы специалистов. Это предположение основывается на многочисленных литературных примерах. Успешно работающие ученые имеют много публикаций, их исследования отмечены премиями и т.д. Индикаторы нужно разбить на группы так, чтобы была достигнута максимальная однородность внутри группы и минимальная между группами. Такие задачи решаются, например, с помощью одного из методов многомерной математической статистики – кластер-анализа.

В работе «Смиряться нельзя» [33] после обработки массива данных по стандартной программе кластер-анализа выделилась группа из восьми сильно связанных индикаторов: количество публикаций в неакадемических журналах; количество ссылок на публикации; количество авторских свидетельств; участие в работе редколлегий журналов; премии и открытия; участие в работе научных советов; место подготовки диссертации; преподавательская работа.

Дальнейшие расчеты проводились только с выделенными индикаторами. Решение задачи требует разделения индикаторов на две группы: объясняемые переменные (отклики); объясняющие переменные (факторы). Число ссылок, число авторских свидетельств, участие в работе редколлегий журналов, премии и открытия отнесены к откликам, остальные переменные – к факторам. Например, известна многолетняя критика в адрес публикационного критерия, используемого для оценки эффективности научной работы. Действительно, сам факт публикации – это лишь «сигнал». Информация, которую содержит публикация, может быть полезной или бесполезной для «потребителя», может дойти до него или не дойти и т.д. Окажет ли «сигнал» влияние на развитие науки, определяется дальнейшим анализом. Поэтому число публикаций в неакадемических журналах отнесено к факторам. По аналогичным соображениям участие в работе научных советов, место работы и преподавательская работа тоже отнесены к факторам.

Чтобы от четырех отобранных откликов перейти к интегральной характеристике, рекомендован один из вариантов таксономического анализа, позволяющий определить таксономическое отношение i-го объекта к самому себе:

$$t_{ii} = s/k \sum_{l=1}^k 1/\beta_l - 1,$$

где  $s$  – общее число объектов;  $k$  – общее число уровней переменных;  $\beta_l$  – число объектов с фиксированным уровнем. Величина  $t_{ii}$  определяется частотой встречаемости индикатора. Чем реже встречается индикатор, тем больше величина  $1/\beta_l$  и тем больше  $t_{ii}$ . Таксономическое отношение  $t_{ii}$  названо индексом оригинальности диссертации. Рассчитанные значения  $t_{ii}$  изменялись от 0,26 до 2,92, т.е. различались более чем на порядок. Низкие индексы получены для работ, авторы которых редко цитируются, не имеют или имеют незначительное число авторских свидетельств, не участвуют в работе редколлегий журналов, не имеют премий и открытых.

Данная методика позволяет оценить влияние факторов. Например, в рассмотренном примере сильнее всего на качество диссертаций оказывал влияние индикатор «место подготовки диссертации». Более всего различались индексы оригинальности работ, выполненных в академических и прочих организациях, причем качество работ прочих организаций было выше.

В поставленной задаче вместо диссидентантов будут фигурировать учебные заведения, индикаторы качества диссертаций будут заменены индикаторами эффективности работы выпускников вузов. Список индикаторов изменится, но этапы расчета останутся теми же. Особенность рассмотренной методики состоит в том, что индикаторы, определяющие качество, не постоянны, а выделяются каждый раз по результатам кластер-анализа. Такой подход представляется более реалистичным, чем использование одних и тех же критериев. Для различных специальностей критерии могут быть разными. Исходный список индикаторов открыт для дополнений и уточнений. Методика напоминает процедуру периодического определения рейтинга шахматистов при оценке их спортивных достижений. Величина рейтинга шахматиста зависит от числа турниров, в которых он принимал участие, квалификации (рейтинга) других участников и достижений данного шахматиста в этих турнирах.

В последние годы на критерии успешной работы выпускников вузов стали обращать повышенное внимание. Министр Минобрнауки А.Фурсенко на встрече со студентами МГТУ

им. Н.Э.Баумана отмечал, что в методику определения рейтинга вузов министерства входит 41 параметр, носящий во многом формальный характер: количество и качество учебных помещений, количество докторов и кандидатов наук, обеспеченность лабораторным оборудованием и пр. Но вместе с тем не учитывается качество работы молодых специалистов, оцениваемой, например, их заработной платой через три года. Другой критерий – количество выпускников, работающих по полученной специальности.

Необходимо, чтобы при составлении рейтинга принимали участие «заказчики»: работодатели, представители гражданского общества и т.д. [34].

Весной 2005 г. Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки (Рособрнадзор) и Ассоциация инженерного образования России (АИОР) провели семинар на тему «Качество высшего образования в области техники и технологий». Более 100 участников – представители вузов, промышленных предприятий, научных организаций, общественно-профессиональных объединений и государственных структур – обсуждали мировые тенденции в области обеспечения качества высшего образования.

Институт высшего образования Шанхайского университета составил в 2004 г. рейтинг 500 лучших вузов мира. Для определения места вуза в рейтинге взяты всего четыре показателя: наличие нобелевских лауреатов среди выпускников, нобелевские лауреаты среди преподавателей, публикации сотрудников в престижных научных журналах, индекс цитируемости. В первую десятку вузов вошли университеты Гарварда (1-е место), Стэнфорда (2), Калтех (3), Беркли (4), британский Кембридж (5), Массачусетский технологический институт (6), Принстон (7), Йель (8), Оксфорд (9) и Колумбийский университет (10). Лучшими европейскими вузами признаны Швейцарский федеральный технологический институт в Цюрихе (25-е место) и Шведский королевский институт в Стокгольме (39-е место). В список попали два российских вуза: Московский государственный университет (66-е место) и Санкт-Петербургский государственный университет (422-е место).

Уделяется внимание работе выпускников после окончания вуза: насколько они успешны в своей карьере и востребованы, умеют ли работать в команде и соответствуют ли тем требованиям, которые предъявляют работодатели к специалистам [35].

## **Список литературы**

1. Адлер Ю.П. Зачем образованию еще и качество? // Системы качества в образовании: Сб. пер. с англ. / Под общ. ред. Адлера Ю.П. – М.: МИСиС, 2000. – Вып. 1: В 2 ч. – Ч. 1.
2. Беляева С. Какая выгода от брака // Поиск. – М., 2004. – 9 апр.
3. Березин И.В., Левашов А.В. Роль фундаментальных дисциплин в подготовке специалистов химического профиля (МГУ) // Журн. Всесоюз. хим. о-ва им. Д.И.Менделеева. – М., 1981. – Т. 26, № 2.
4. Болонская декларация и ее основные аспекты. – Режим доступа: <http://www.spbu.ru/news/edusem/bd/htm>.
5. Булгакова Н. Деформации и реформы // Поиск. – М., 2004. – 16 апр.
6. Булгакова Н. Интеграция без игр // Поиск. – М., 2004. – 20 февр.
7. Васильев В. Испытано на себе. Знание математики полезно в управлении вузом // Поиск. – М., 2002. – 12 апр.
8. Геворкян Е. Наше кредо // Поиск. – М., 2001. – 1 июня.
9. Государственные приоритеты в науке и образовании / Ракитов А.И., Авдулов А.Н., Иванова Н.И. и др.; Отв. ред. Ракитов А.И.; РАН. ИНИОН. Центр науч.-информ. исслед. по науке, образованию и технологиям; Центр информатизации, социал., технол. исслед. и науковед. анализа. – М., 2001. – 232 с.
10. Грановский Ю.В. Наукометрический анализ информационных потоков в химии. – М.: Наука, 1980. – 140 с.
11. Жураковский В. Инженерное образование России // Лит. газ. – М., 2003. – 25 июня.
12. Ивина В. В пятерке лидеров – вузы из глубинки // Известия. – М., 2004. – 10 июня.
13. Как все начиналось. Американский подход // Поиск. – М., 2001. – 1 июня.
14. Крупнов П. Вам зачтется! // Поиск. – М., 1999. – 17 дек., – М., 2000. – 14 янв.
15. Кутузов В. Спрос на профессионалов // Поиск. – М., 2003. – 26 дек.
16. Лукичев Г. В симбиозе с базисом // Поиск. – М., 2004. – 4 июня.
17. Министерство образования РФ извещает о проведении конкурса // Поиск. – М., 2000. – 15 сент.
18. Министерство образования РФ объявляет конкурс «Внутривузовские системы обеспечения качества подготовки специалистов» // Поиск. – М., 2000. – 21 апр.
19. Охватывало. Президент задал образованию целевые ориентиры // Поиск. – М., 2004. – 28 мая.
20. Пенкина О. Диплом – еще не профпригодность // Поиск. – М., 2005. – 11 марта.
21. Понарина Е. Деление отменяется // Поиск. – М., 2004. – 16 апр.
22. Рогов Г., Слепухин А. Больше порядка в рядах // Поиск. – М., 2000. – 28 апр.
23. Руководство для участников конкурса 2000 г. «Внутривузовские системы обеспечения качества подготовки специалистов» / Кочетов А.И., Соловьев В.П., Шестаков А.Л., Галеев В.И. – М.: М-во образования РФ, 2000. – 17 с.
24. Сверху вниз // Поиск. – М., 2000. – 26 янв.

25. Семенов Е. Особенности управления наукой в период реформ // Поиск. – М., 2000. – 10 нояб.
26. Сирванчи М. Студенты ли истинные потребители высшего образования? // Системы качества в образовании: Сб. пер. с англ. / Под общ. ред. Адле-ра Ю.П. – М.: МИСиС, 2000. – Вып. 1: В 2 ч. – Ч. 1.
27. Системы качества в образовании: Сб. пер. с англ. / Под общ. ред. Адле-ра Ю.П. – М.: МИСиС, 2000. – Вып. 1: В 2 ч. – Ч. 1. – 144 с.; – Ч. 2. – 144 с.
28. Студенты приняли экзамен у министра // Поиск. – М., 2005. – 4 марта.
29. Тарский В. Дело в деньгах? Противники реформ не любят говорить об эконо-мике образования // Поиск. – М., 2004. – 4 июня.
30. Тихонов А. Об основных ориентирах и делах в сфере образовательной поли-тики России // Поиск. – М., 1998. – 4 апр.
31. Трушин А. ВУЗобоз // Карьера. – М., 2000. – № 3.
32. Уилсон Дава Х. Обзор: американская система образования // Международное сотрудничество. –М., 1998. – № 1.
33. Филиппов В. Смиряться нельзя // Поиск. – М., 2003. – 5 дек.
34. Чучалин А. Быть ли бакалавру инженером? // Поиск. – М., 2004. – 4 июня.
35. Information-based evaluation of the quality of doctoral theses / Granovsky Yu.V., Lu-bimova T.N., Murashova T.I., Myatlev V.D. // Scientometrics. – 1992. – Vol. 23, N 3.

**А.А.Ярилин**

**РАЗВИТИЕ НОВЫХ БИОТЕХНОЛОГИЙ  
И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ ЛЕЧЕНИИ  
ЗАБОЛЕВАНИЙ ЧЕЛОВЕКА<sup>\*</sup>**

**Введение**

Среди научно-технических направлений, официально включенных в число приоритетных направлений и критических научных технологий<sup>1</sup>, значатся генодиагностика и генотерапия, технологии биоинженерии, синтез лекарственных веществ и пищевых добавок, иммунокоррекция, т.е. направления, имеющие прямое отношение к расширению и совершенствованию возможностей лечения заболеваний человека.

В последние десятилетия прошлого и в начале настоящего столетия в развитии медицины и фармакологии произошел качественный прорыв, который значительно расширил возможности воздействия на организм человека с целью излечения от разнообразных заболеваний. При этом существенно расширился спектр методов и средств воздействия на заболевания, что позволяет говорить

---

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 04-06-80252).

<sup>1</sup> Федеральная целевая научно-техническая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники на 2002–2006 годы» // Науковедение. – М., 2002. – № 1. – С.192–205.

о создании новых и обновлении традиционных *терапевтических технологий*.

Основой этого прорыва явились достижения фундаментальной науки и прогресс биомедицинских технологий. За последние десятилетия достигнуто понимание клеточных и молекулярных основ многих заболеваний, что создало возможности вмешательства в структуры, молекулы и процессы, поражаемые при патологии. В то же время прогресс в области химического синтеза и биотехнологии обеспечил создание инструментов для такого вмешательства.

Представленный в данной статье материал разделен на две части. Первая из них отражает развитие исследований в области биотехнологии, вторая посвящена использованию в медицине различных подходов, как традиционных (лекарственная терапия), так и новых прогрессивных методов биотерапии, основанных на достижениях биотехнологии. Материалы по изучению прогресса биотехнологии и ее отражения в медицине получены при анализе информации, представленной в Интернете, прежде всего потоков публикаций по соответствующей тематике. Основное внимание уделено особенностям развития терапевтических технологий в России, его сопоставлению с мировым уровнем и анализу регистрируемых отклонений от нормального хода научно-технического прогресса в этой области.

Под *биотехнологией* понимают использование биологических принципов для создания модифицированных макромолекул и живых объектов (клеток и организмов), а также производства нативных (природных) биологических продуктов, как правило, с целью их практического применения. Чаще всего задачей биотехнологических разработок является получение в масштабах, обеспечивающих возможность массового применения, веществ и биологических объектов (обычно клеток), присутствующих в организмах живых существ в малом количестве, выделение которых другими методами практически невозможно. В качестве примеров такого рода молекул можно назвать физиологически активные вещества – гормоны и цитокины, а среди клеток малочисленные, но имеющие ключевую значимость стволовые клетки. Основным подходом для решения подобных задач в биотехнологии служит принцип *клонирования* – многократного воспроизведения идентичных структур – генов или клеток. Соответствующие направления обозначаются как молеку-

лярная и клеточная биоинженерия. Тот же принцип с недавних пор стали применять для воспроизведения многоклеточных организмов (растений, сельскохозяйственных животных и т.д.).

Важнейшим объектом биотехнологических разработок служит ген. Методы работы с геном, внедренные в практическую медицину, являются основой генодиагностики и генотерапии. Генодиагностика – это использование методов молекулярной генетики для клинической диагностики заболеваний человека. Как правило, она состоит в обнаружении в исследуемом материале генов, не свойственных данному организму (микробов, вирусов и т.д.), или видоизмененных (мутантных) собственных генов, появление которых служит основой для развития заболевания, а также в оценке экспрессии того или иного гена, наличие или отсутствие которой служит свидетельством конкретного патологического процесса.

Терапевтические технологии, используемые в настоящее время, мы со значительной долей условности разделили на две группы – *традиционные и прогрессивные*. К первым нами отнесены подходы к лечению заболеваний, основанные на использовании лекарств (лекарственная терапия – ЛекТ). В группу прогрессивных терапевтических технологий вошли различные методы лечения, основанные на использовании биологических продуктов (биотерапия), которые получили развитие в последние десятилетия – иммунотерапия, генотерапия, цитотерапия, применение рекомбинантных продуктов.

Прогресс лекарственной терапии в последние десятилетия базировался на выявлении клеток и молекул, поражаемых при том или ином заболевании, и поиске лекарственных препаратов, действующих на эти клеточные и молекулярные «мишени». Успешному развитию фармакологии в данном направлении способствовали достижения в области органического синтеза. Прогресс фармакологии и высокая востребованность лекарств новых поколений обеспечили основы для формирования мощной лекарственной индустрии и развитого фармакологического рынка, который сам по себе оказывает влияние на спектр используемых лекарственных средств, масштаб их производства и потребления.

Биотерапия зародилась в последние десятилетия XX в. как комплекс новых направлений фармакологии и терапии, которые основываются на применении продуктов молекулярной и клеточ-

ной биотехнологии. В это понятие входит использование биоорганических субстанций (как правило, высокомолекулярных), создаваемых с помощью биотехнологических приемов, а также клеток, выделяемых из организма и культивируемых вне его. Чаще всего с лечебной целью применяются *рекомбинантные белки* (терапия рекомбинантными белками – РекБТ). Они представляют собой продукты генов, выделенных из организма (чаще всего человеческого), внедренных в клетки (микробные, дрожжевые и т.д.), которые можно наращивать вне организма в неограниченных количествах. Культуры этих клеток превращаются в фабрики по выработке необходимых продуктов. После дополнительной очистки и тщательной проверки на безопасность и терапевтическую эффективность такие продукты могут быть использованы с лечебной целью. Особое место среди рекомбинантных продуктов занимают *цитокины* (терапия цитокинами – ЦкТ) – продукты активированных клеток различной природы (обычно относящихся к иммунной и кроветворной системам), определяющие межклеточные взаимодействия при кроветворении, воспалении и иммунном ответе. При введении в организм они способны восполнять нарушенные функции организма и оказывать регуляторное действие.

В последние годы прошлого столетия практическое применение нашла *цитотерапия*. Она основана на использовании в качестве лечебных факторов жизнеспособных клеток, которые при введении в организм реализуют свои функции и восполняют поврежденные функции организма. Чаще всего с этой целью используют *стволовые и дендритные клетки* (стволовая клеточная терапия – СтвКТ, дендритная клеточная терапия – ДенКТ). Стволовые клетки – это родоначальные клетки, которые, дифференцируясь, дают начало различным типам специализированных клеток и в то же время способны к самоподдержанию с сохранением присущего им уровня дифференцировки. Чаще всего с лечебной целью используют кроветворные стволовые клетки (они более доступны, чем другие разновидности стволовых клеток, и в большей степени изучены). Особенно бурным стало использование этих клеток в терапии после открытия трансдифференцировки, т.е. способности клеток одной линии развития дифференцироваться в клетки другой линии (например, кроветворных стволовых клеток в мышечные или нервные клетки). Дендритные клетки ответственны за

включение иммунного ответа. Они обрабатывают чужеродные вещества (антигены), делая их удобными для распознавания лимфоцитами, и оказывают влияние на дальнейшее направление иммунных процессов. В связи с этим дендритные клетки используют как основу вакцин нового типа, в частности для индукции иммунного ответа на опухолевые клетки, для предотвращения аутоиммунных и аллергических заболеваний.

Среди терапевтических технологий все большее место занимают *иммунотерапия* (ИммТ) и *генотерапия* (ГенТ). Под ИммТ понимают использование молекул и клеток для восполнения дефектов и нормализации функций иммунной системы и достижения лечебных эффектов. Основным методом ИммТ является введение в организм продуктов иммунной системы (иммуноглобулинов, цитокинов и т.д.) с целью заместительной терапии или веществ, влияющих на функцию иммунной системы, с целью иммунокоррекции. ГенТ – это использование для лечения заболеваний человека методов и средств молекулярной генетики преимущественно для устранения наследственных дефектов. Ее основой является перенос генетического материала в организм больного при восполнении дефектов собственных генов.

Основной целью работы явился анализ средствами Интернета состояния в России научных исследований и практических разработок по проблеме «Развитие биотехнологии и основанных на ней лечебных технологий» в сопоставлении с мировым уровнем разработки данной проблемы. Для достижения этой цели решались следующие задачи:

1) создание базы данных по отечественным и зарубежным журнальным публикациям и научным конференциям, посвященным проблемам «Биотехнология» и «Развитие лечебных технологий»; в качестве источников информации использовались поисковые системы Интернета;

2) проведение сравнительного анализа объема, структуры и темпа исследований традиционных и прогрессивных биотехнологий и терапевтических технологий в России и за рубежом;

3) сопоставление результатов внедрения разработок по традиционным и прогрессивным терапевтическим средствам в России и за рубежом на основе оценки испытания и внедрения новых препаратов;

4) формулирование и обоснование рекомендаций, вытекающих из результатов анализа состояния проблем «Биотехнология» и «Развитие лечебных технологий» в России и за рубежом.

## **Методика исследований и источники информации**

В данной статье объединены результаты исследований, проводившихся по приоритетному направлению «Технология живых систем» и включающих четыре критических технологии: технологии генодиагностики и генотерапии; технологии биоинженерии; лекарственные вещества и пищевые добавки; иммунокоррекция.

В основу исследования была положена работа с поисковой службой Национальной медицинской библиотеки (National Library of Medicine) США «PubMed». Были получены данные с 1990 по 2003 г. В качестве ключевых слов использованы термины: «Biotechnology», «Bioengineering», «Gene diagnostics», «Drug therapy», «Immunotherapy», «Gene therapy», «Cytokine therapy», «Recombinant protein therapy», «Stem cell therapy», «Dendritic cell therapy» и т.д. Выбор других слов зависел от конкретных задач поиска и обычно состоял в указании наиболее перспективных подгрупп лечебных средств или областей их применения. Особо анализировались публикации по клиническим испытаниям средств, а также труды конференций по изучаемому направлению. Отдельно учитывались обзорные статьи и монографии по анализируемой проблеме.

Были получены сведения об общем и среднегодовом числе публикаций по основным направлениям и их главным разделам, а также построены графики, отражающие погодовую динамику числа публикаций по изучаемым проблемам. Помимо оперирования абсолютными цифрами при анализе использовалась нормализация величин относительно исходной точки отсчета – 1990 г. (реже 1991 г.) или относительно группы сравнения. Мерой роста числа публикаций служил среднегодовой прирост числа публикаций (усредненное отношение числа статей в данном и предыдущем году) и коэффициент роста (отношение числа публикаций в последние три года (2001–2003) к таковому в первые три года (1991–1993) исследованного срока).

Отечественная литература исследовалась в «PubMed» путем извлечения данных о публикациях на русском языке. Таким обра-

зом, объем доступной информации был заведомо сужен, поскольку в международные информационные системы, включая «PubMed», попадают не все публикации, а статьи «среднего» уровня. Наиболее ценные с научной точки зрения работы, как правило, публикуются на английском языке в международных журналах, и поэтому их большая часть «теряется» в общем потоке научной информации, однако нередко эти публикации дублируются в русскоязычных журналах. Самые слабые материалы, публикуемые в сборниках и нерецензируемых журналах, из которых информация не попадает в международные информационные системы, также выпадают из рассмотрения при использованном нами подходе. Следует отметить, что в случаях, когда анализу подвергаются публикации по наиболее передовым направлениям науки, представляется маловероятным появление статей по этим проблемам в заведомо слабых журналах с низким рейтингом. Поэтому мы полагаем, что в данном случае неполнота охвата русскоязычных публикаций имела место лишь за счет невозможности специального учета статей российских авторов, публиковавшихся в международных журналах.

Отечественная информация по иммунотерапии и иммунокоррекции изучалась также в поисковой системе «Rambler.ru». Кроме того, использовалась база данных Российского фонда фундаментальных исследований ([www.rfbi.ru](http://www.rfbi.ru)).

## **Прогресс биотехнологии и современных терапевтических технологий**

### ***Развитие биотехнологии за рубежом***

В 90-х годах биотехнология развивалась в передовых научных державах как вполне сложившееся и весьма продуктивное направление науки и производства, привлекающее большие финансовые средства и людские ресурсы. В начале рассматриваемого периода (1991–1997) число работ по биотехнологии практически не изменялось, что отражает своеобразный «отдых» после чрезвычайно интенсивного развития направления в 80-е годы. С 1998 г. начинается резкий рост числа опубликованных исследований: за три года произошло удвоение (рис. 1). Аналогичную форму имеют кривые

динамики числа публикаций по применению биотехнологии в медицине и сельском хозяйстве (число медицинских публикаций в два раза выше, чем сельскохозяйственных). Указанная двустадийность несколько сглаживается при учете литературы по ключевым словам «Генная инженерия» и «Клеточная инженерия», отражающим более конкретные аспекты биотехнологических исследований (рис. 2). Особенно интенсивное ускорение роста числа публикаций регистрируется в области клеточной инженерии, что отражает всеобщее увлечение клонированием, модификацией и пересадкой клеток в последние годы.

В начале десятилетия число публикаций по созданию основных продуктов генной (молекулярной) биотехнологии – моноклональных антител<sup>1</sup> и рекомбинантных белков<sup>2</sup> было практически одинаковым. Однако в последующем число работ по рекомбинантным белкам быстро росло до 1996 г. и лишь затем стабилизировалось, тогда как число публикаций по моноклональным антителам снизилось (рис. 3). Возможно, это отражает исчерпанность фундаментальной составляющей гибридомной технологии при сохранении научной проблематики в рамках создания рекомбинантных белков. Более глубокий анализ показал, что внутри направления по созданию моноклональных антител есть быстро развивающиеся ветви, главным образом те, которые имеют перспективу дальнейшего применения в медицинской практике (гуманизированные, одноцепьевые моноклональные антитела и т.д.). Так, с 1991 по 2001 г. число публикаций, посвященных одноцепьевым антителам, увеличилось в пять раз. Таким образом, в наиболее освоенном направлении биотехнологии – создании моноклональных антител – постоянно возникают новые возможности, оживляющие научный поиск в данной области. Изучение динамики числа публикаций по клиническим испытаниям моноклональных антител как терапевтических средств выявило его двукратное увеличение между 1992 и 1994 г. с последующей стабилизацией.

---

<sup>1</sup> Моноклональные антитела – это белки-иммуноглобулины, производимые единственным клоном клеток и идентичные по способности распознавать и связывать конкретный антиген.

<sup>2</sup> Рекомбинантные белки – продукты активности генов, перенесенные в одноклеточные организмы-продуценты и синтезируемые в промышленных масштабах.

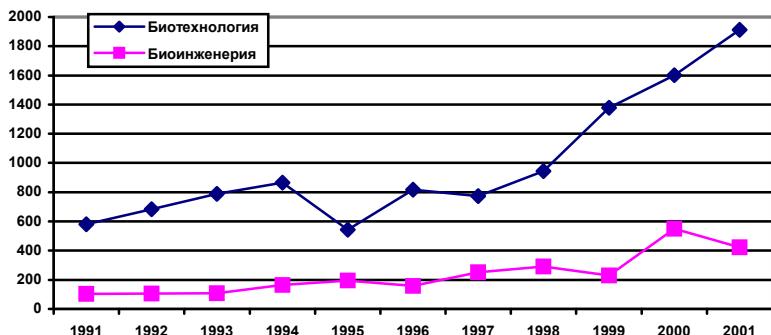


Рис 1. Динамика общей численности публикаций по проблемам биотехнологии и биоинженерии

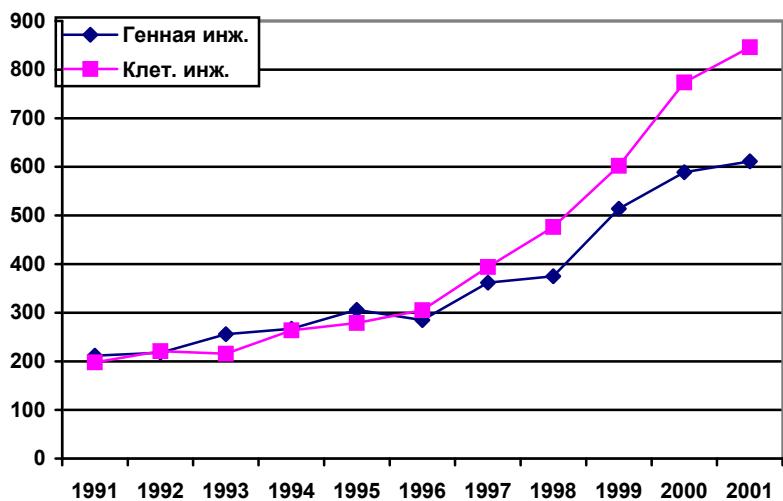


Рис. 2. Динамика численности публикаций по проблемам генной и клеточной инженерии

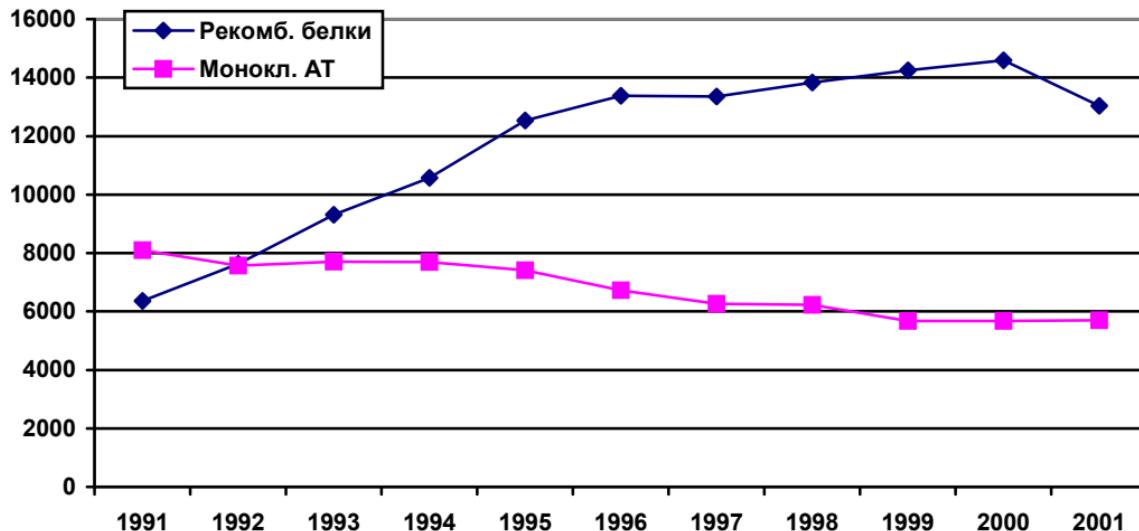


Рис. 3. Динамика публикаций по рекомбинантным белкам и моноклональным антителам

Разработка биотехнологической проблемы, связанной с созданием рекомбинантных белков, развивается более динамично, однако после 1996 г. и в этой области наблюдается стабилизация (см. рис. 3). Спектр практически значимых белков, производство которых с помощью биоинженерных методов оправдано практическими соображениями, включает в первую очередь вещества, пригодные для применения в научных исследованиях и особенно в медицинской практике: цитокины, ферменты, бактериальные белки, вирусные белки, лекарственные вещества, гормоны, пищевые вещества, аллергены (в порядке убывания числа публикаций). По общему числу публикаций и числу клинических испытаний среди рекомбинантных белков со значительным отрывом лидируют цитокины. Однако численность работ по рекомбинантным цитокинам практически не изменилась в течение десятилетия (свидетельство освоенности этого направления), что контрастирует с прогрессивным ростом числа публикаций по рекомбинантным пищевым продуктам и лекарствам. За десятилетие опубликовано в 3–3,5 раза больше работ по клиническому испытанию рекомбинантных белков, чем по испытанию моноклональных антител при сходной динамике их численности.

С развитием современной биотехнологии тесно связана разработка методов генодиагностики, основанной на полимеразной цепной реакции (ПЦР). К началу 90-х годов уже существовала достаточно обширная литература по ПЦР-генодиагностике (рис. 4.). В течение всего десятилетия (до 2000 г.) наблюдается рост суммарного числа статей, посвященных использованию ПЦР. Однако темп роста числа публикаций непрерывно замедляется (кривая роста приближается к насыщению).

В настоящее время на долю клинических исследований приходится половина работ по использованию ПЦР. Исторически использование генодиагностики в клинике началось с определения генов инфекционных агентов в клиническом материале. Однако в последующем исходно высокое число работ по определению генов микробных антигенов нарастало слабо, и в то же время наблюдался бурный рост числа публикаций по определению ферментов, гормонов и особенно цитокинов, которые практически отсутствовали в начале периода наблюдения. Генодиагностика наиболее востребована в клинике инфекционных болезней (определение

микробных и вирусных антигенов), затем следуют онкология и иммунопатология и далее другие группы заболеваний. В рамках инфекционной патологии генодиагностика оказалось незаменимой при диагностике паразитарных заболеваний, а также таких вирусных инфекций, как СПИД.

Направления клеточной биотехнологии, связанные с практическим применением клеток, разработаны и внедрены в клинику значительно слабее, чем рассмотренные выше молекулярные продукты. Динамика развития цитотерапии будет освещена в следующем разделе. Здесь мы кратко остановимся лишь на опухолевых вакцинах (рис. 5), которые представляют собой или опухолевые клетки, «начиненные» соответствующими защитными генами, или дендритные клетки, несущие опухолевые антигены. Число публикаций по опухолевым вакцинам стало резко возрастать лишь с 1996 г. и затем десятикратно увеличилось за пять лет. Почти точно эту динамику повторяет численность публикаций по ДНК-вакцинам, хотя они основаны на несколько ином подходе, поскольку в этом случае в переносимые клетки внедряется ДНК, кодирующая антигены микроорганизмов, которые индуцируют иммунитет к соответствующим инфекциям. Число работ по более традиционным рекомбинантным вакцинам равномерно возрастало с 1991 по 2001 г.

С точки зрения фундаментальной науки вершиной биотехнологии представляется создание генетически модифицированных организмов. Однако практическое применение пока нашли только трансгенные и клонированные растения как источник пищевых и лекарственных продуктов. Динамика числа публикаций по этому направлению биотехнологии представлена на рис. 6. Как обычно, наиболее высокий темп роста характерен для недавно зародившихся перспективных направлений, в данном случае создания трансгенных растений, по которому число публикаций, начавшись почти с нуля, возросло за 11 лет десятикратно. Столь же бурно росло число работ по трансгенным животным, однако область их использования в основном научные исследования.

Наибольший общественный резонанс произвели исследования, проведенные с использованием приемов биоинженерии, которые привели к клонированию организмов млекопитающих. Число

научных публикаций по данной проблематике возросло от одной в 1991–1993 до 13–14 в 2000–2001 гг.

Современная биотехнология включает обширное производство, научно-исследовательские и разработочные подразделения, бизнес. В настоящее время в США в биотехнологические исследования и разработки вовлечено около 200 тыс. человек. Существуют специализированные институты и отделы, посвященные биотехнологии. Биотехнология основана на использовании наиболее совершенных и в то же время дорогостоящих методов и средств современной науки, и в связи с этим ее продукты, в том числе и лекарственные препараты, весьма дороги. Естественно, что это порождает определенные финансово-экономические проблемы, связанные с биотехнологическим производством и внедрением препаратов.

Публикации по экономическим аспектам биотехнологии были нередки уже в начале 90-х годов; их численность мало изменялась до 1998 г., когда начался ее стремительный и неуклонный рост. Его можно связать с тем, что практическое применение биотехнологических продуктов превысило некий критический рубеж, за которым экономические аспекты их производства и использования породили серьезные проблемы.

Проблематичность биотехнологии с этической точки зрения достаточно очевидна, поскольку ее основой является модификация живых объектов, в частности активное внедрение в генетический аппарат клеток и организмов. Этические проблемы возникают в связи с возможностью использования рекомбинантных пищевых продуктов, а также лекарственных средств. Активные дискуссии этического характера порождены также возможностью клонирования высших организмов, в том числе организма человека. Это нашло отражение в росте числа публикаций по этическим аспектам биотехнологии, количество которых за десятилетие возросло в 5,8 раза.

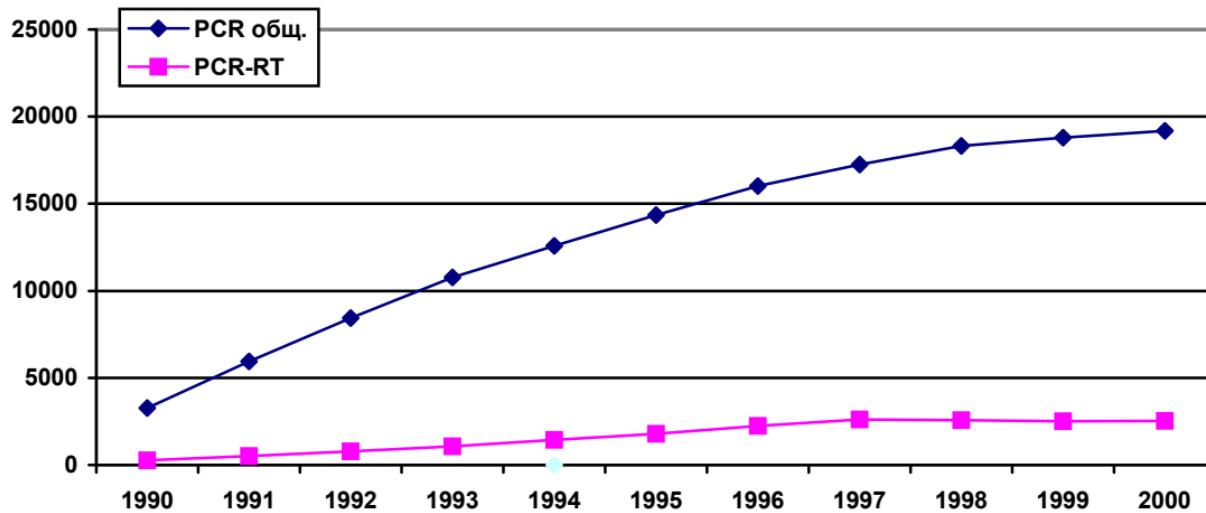


Рис. 4. Темп ежегодного роста числа публикаций по использованию ПЦР  
в период с 1990 по 2000 г.

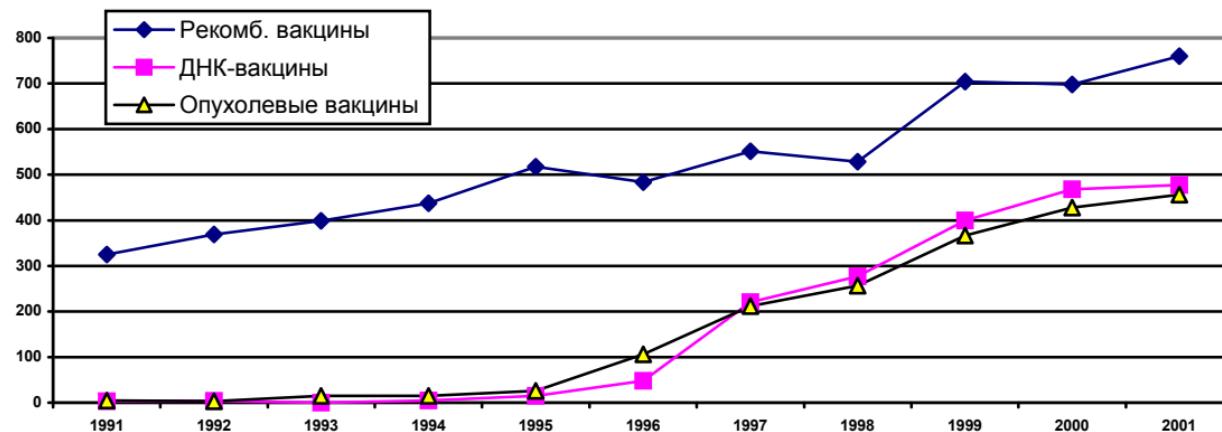


Рис. 5. Динамика публикаций по современным разновидностям биоинженерных вакцин

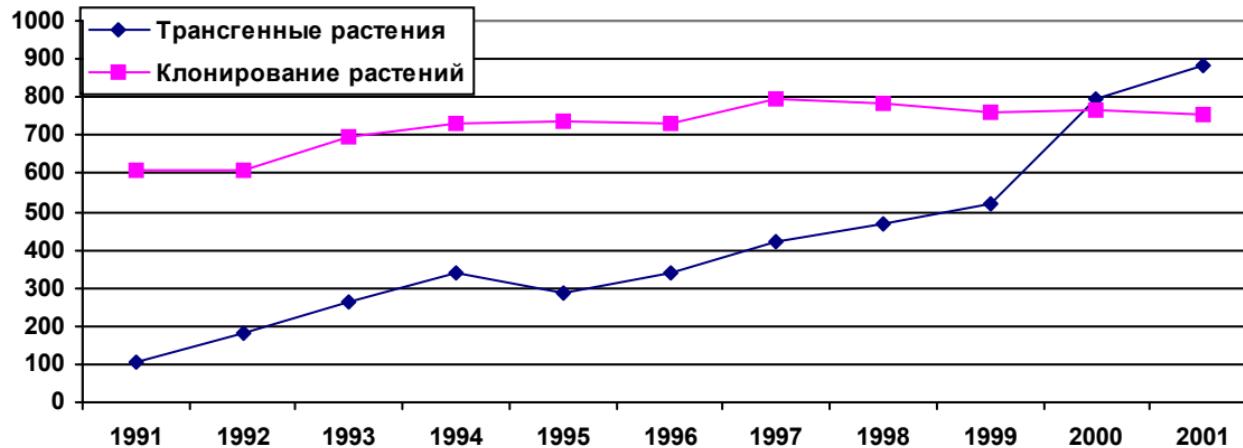


Рис. 6. Динамика публикаций по генетически модифицированным растениям

Итак, в течение исследованного периода времени в мире проводились масштабные научные разработки по созданию и совершенствованию биоинженерных методов и внедрению достижений биотехнологии в практику медицины и сельского хозяйства. По результатам анализа потока публикаций можно выделить два основных типа направлений биотехнологической науки: те, которые достигли высокого уровня развития уже к началу 90-х годов и далее не расширялись на протяжении изученного отрезка времени, и те, которые зародились позже и бурно развивались и усиленно внедрялись в практику на протяжении последнего десятилетия. В наибольшей степени продвинутыми в область практического использования оказались разделы биотехнологии, посвященные созданию практически значимых молекул (рекомбинантных белков, моноклональных антител и т.д.). В последнее время широко развернулись исследования в области клеточных биотехнологий. Клонирование высших организмов представляется потенциально привлекательным, но не реализованным на практике направлением.

### *Развитие современных терапевтических технологий за рубежом*

За 13-летний период наблюдения (1991–2003) среднегодовое число публикаций по использованию различных терапевтических технологий, по данным «PubMed», составило 103 506. На долю методов *традиционной лекарственной терапии* (ЛекТ) приходилось дававшее большинство работ – 84,8% (87 725 публикаций в год), на долю прогрессивных технологий биотерапии – 15,2% работ (15 781 публикация в год). Наблюдался постоянный рост числа публикаций по обоим направлениям. Среднегодовой прирост числа публикаций составил 2,8%. Максимальное годовое число публикаций зарегистрировано в 2001 г. Оно в 1,32 раза превышало минимальное значение (1991). Отношение числа публикаций в первые и последние три года наблюдения (коэффициент роста) составил 1,28.

Отдельно оценивался поток публикаций по использованию в лечении заболеваний человека прогрессивных биотерапевтических технологий, таких как *иммунотерапия* (ИммТ), *генотерапия* (ГенТ), *терапия рекомбинантными белками* (РекБТ), *цитокинотерапия* (ЦкТ), а также *цитотерапия*, основанная на использовании *стволовых клеток* (СтвКТ) и *дендритных клеток* (ДенКТ). Шесть назван-

ных направлений составили по числу посвященных им публикаций за 13 лет соответственно 33,2%, 11,1, 15,9, 27,2, 11,6 и 0,9% от общего числа статей по прогрессивным технологиям. Среднегодовое число публикаций по этим направлениям составляет соответственно 5242, 1756, 2506, 4299, 1829 и 148. Данные отражены в табл. 1 и на рис. 7. Итак, за весь период наблюдения направления исследований в области лечебных технологий по убыванию числа публикаций образуют ряд: ЛекТ > ИммТ > ЦкТ > РекБТ > СтвКТ > ГенТ > ДенКТ. Таким образом, по общему числу публикаций традиционные терапевтические технологии существенно превосходят новые технологии, в особенности те, которые основываются на использовании переноса клеток и генетического материала.

На рис. 8 отражена динамика числа публикаций по указанным направлениям за обследованный период. Для более наглядной оценки характера динамики годового числа публикаций по разным направлениям данные были нормализованы: все величины были пересчитаны относительно соответствующих значений в 1991 г., принятых за 1. Рост числа публикаций был равномерным за весь период наблюдения. Из соответствующих графиков следует, что по темпу роста числа статей новые направления терапии опережают традиционную лекарственную терапию. Среди новых направлений лидирует использование ДенКТ, далее следуют ГенТ и СтвКТ. Остальные направления образуют группу с более медленным темпом роста числа публикаций. Значения среднего ежегодного прироста колебались от 2,8% для ЛекТ до 32% для ДенКТ. Коэффициенты роста для всей суммы публикаций составил 1,4 (для ЛекТ – 1,3, для биотерапии – 2,1). Время удвоения числа публикаций удается определить только для первых четырех членов ряда. Для ДенКТ оно составляет 1,5 года (в период 1996–2003 гг.), а для биотерапии – 9 лет. По темпу роста числа публикаций рассматриваемые направления образуют ряд: ДенКТ > ГенТ > СтвКТ > ЦкТ > РекБТ > ИммТ > ЛекТ. За незначительным исключением данный убывающий ряд зеркально противоположен аналогичному ряду для абсолютного числа публикаций. Таким образом, наиболее динамично развиваются те направления биотерапии, которые пока представлены наименьшим числом публикаций.

По абсолютной численности публикаций новые лечебные технологии пока значительно уступают традиционной лекарственной терапии, причем лидирующее положение в списке новых терапев-

тических подходов занимают иммунотерапия и цитокинотерапия, а на последнем месте по числу публикаций находится терапия дендритными клетками и генотерапия. При оценке темпа роста числа публикаций наблюдается противоположная картина: наиболее динамично нарастает число статей по использованию дендритных и стволовых клеток, тогда как число публикаций по традиционной лекарственной терапии возрастило в наименьшей степени. Такая ситуация, по-видимому, отражает общие закономерности, которые проявляются при смене технологий: традиционные, апробированные технологии предпочтительны для большинства «пользователей», тогда как передовые технологии, сопряженные с определенным риском, – лишь для небольшой, наиболее активной и профессионально подготовленной их части. В случае успешного применения новых технологий их использование расширяется, и они постепенно переходят в разряд традиционных.

Сопоставление рассматриваемых терапевтических подходов по областям их применения выявило определенные различия. Четыре наиболее частые области приложения новых терапевтических технологий – онкология, гематология, иммунопатология и инфекционные болезни. В других областях медицины наиболее востребованы СтвКТ (кардиология и неврология), ГенТ и ЛекТ.

Число научных конференций, посвящаемых той или иной проблеме, характеризует степень ее значимости с точки зрения научной общественности. Ежегодно изучаемой проблематике посвящалось в среднем 575 научных конференций. За весь период наблюдения 79,4% конференций было посвящено традиционной лекарственной терапии и 20,6% – новым терапевтическим технологиям (соответствующие величины для публикаций составляют 84,8 и 15,2%). Две трети из них проведены в первую половину исследованного периода: соотношение числа конференций за вторую и первую половины изученного периода в целом и для ЛекТ составляет 1,6. От этой величины существенно отклоняется только соответствующее соотношение для конференций по цитотерапии: для ДенКТ оно составляет 4,5, для СтвКТ – 2,5. Таким образом, внимание научной общественности за исследованный период наиболее существенно усилилось в отношении биотерапии и особенно цитотерапии.

Важным показателем эффективности развития терапевтических технологий и их внедрения в медицинскую практику является

клиническое испытание новых препаратов. Для ЛекТ среднегодовое число публикаций, посвященных клиническим испытаниям новых лекарственных средств, составило 2554, т.е. 3,19% от числа публикаций в рассматриваемой области (рис. 9). Вклад биотерапии в сумму публикаций по испытанию новых препаратов существенно выше, чем в сумму всех публикаций (соответственно 41,2 и 15,2%). Суммарно для работ по биотерапии процент статей по испытанию новых средств составляет 11,4% от общего числа публикаций против 2,9% для ЛекТ, т.е. доля клинических испытаний в области прогрессивных лечебных технологий в 3,9 раз выше, чем в области традиционного лекарственного лечения. Эти цифры свидетельствуют о том, что практические действия в области использования новых технологий (в данном случае биотерапии) реализуются более динамично, чем в области традиционной лекарственной терапии. По общему числу публикаций за изученный период рассматриваемые направления в испытании новых препаратов образуют ряд: ЛекТ > ЦкТ > РекБТ > ИммТ > СтвКТ > ДенКТ > ГенТ. Доля публикаций по испытанию препаратов из групп биотерапии колеблется от 10 до 45%; лишь в случае ГенТ она чрезвычайно низка (0,7%), что означает неготовность для внедрения в практику данной области исследований, которая является пока в большей степени областью экспериментальных разработок, а не клинического использования.

В течение изученного срока наблюдался почти непрерывный, хотя и медленный рост числа испытаний новых терапевтических препаратов. Среднегодовой прирост числа публикаций по испытанию новых препаратов составил 3,1% (для общего числа публикаций – 2,8%). Динамика числа публикаций по клиническим испытаниям новых средств наиболее отчетливо прослеживается на графиках нормализованных величин (рис. 10). Коэффициент роста числа статей по испытанию препаратов для всей рассматриваемой области медицины составляет 1,42, для ее традиционной лекарственной составляющей – 1,39, для биотерапии – 1,47. По величине коэффициента роста числа публикаций по испытанию новых препаратов рассматриваемые области исследований образуют ряд: ДенКТ > ГенТ > СтвКТ > ЦкТ > ЛекТ > ИммТ > РекБТ. Соответствующие числовые значения снижаются от 15,0 до 1,08. Обращает на себя внимание преобладающий рост испытаний в самых новых (и наименее многочисленных по абсолютному числу публикаций) направлениях тера-

певтических технологий, в частности в области цитотерапии. На кривых, отражающих динамику роста числа испытаний новых препаратов, заметна стабилизация после 1996 г., лишь в области цито- и генотерапии рост числа публикаций об испытаниях не прекращается в течение всего периода наблюдения.

Таким образом, испытание новых препаратов являлось приоритетным направлением исследований для большинства терапевтических технологий. Хотя по числу публикаций, посвященных испытанию новых препаратов, традиционные лекарственные средства превосходят более прогрессивные направления биотерапии, темп роста числа публикаций в области биотерапии выше, чем в традиционной лекарственной области.

На протяжении последнего десятилетия в мире осуществлялась интенсивная работа по созданию биоинженерных методов и внедрению достижений биотехнологии в медицину и сельское хозяйство. По результатам анализа потока публикаций, все направления биотехнологии прогрессивно развивались, хотя наибольшим темпом развития характеризовались самые новые биотехнологические подходы. Наиболее практически значимыми направлениями молекулярной биотехнологии были производство моноклональных антител и производство рекомбинантных белков. В этих направлениях, уже ставших традиционными, постоянно формируются новые потоки исследований, направленных на совершенствование биотехнологических продуктов и их приближение к практике. В последнее время широко развернулись исследования в области клеточных биотехнологий, включая клонирование высших организмов. Методы биотехнологии широко используются в диагностике заболеваний человека.

Методы биотехнологии внедряются в лечение заболеваний в форме биотерапии. Биотерапия выделяется в 1,5 раза более высоким темпом роста числа публикаций по сравнению с традиционной лекарственной терапией, хотя абсолютное число публикаций по биотерапии составляет лишь 15% от общей суммы работ по различным методам лечения заболеваний. По темпу роста лидируют направления терапии, основанные на использовании клеточной и генной терапии. Для биотерапии характерен наиболее высокий уровень клинических испытаний новых препаратов, что отражает наибольшую эффективность внедрения этой группы препаратов в практику.

Таблица 1

**Число публикаций по основным направлениям терапевтических технологий  
в мире за 1991–2003 гг.**

Публикации	Показатель	Всего	ЛекТ	Биотерапия (всего)	ИммТ	ГенТ	РекБТ	ЦкТ	СтвКТ	ДенКТ
Все	Абс.	1 345 80	1 140 430	205 150	68 145	22 833	32 581	55 892	23 772	1927
	Среднее за год	103 506	87 725	15 781	5242	1756	2506	4299	1829	148
	% от общего числа статей	100	84,8	15,2	—	—	—	—	—	—
	% от числа статей по биотерапии	—	—	100	33,3	11,1	15,9	27,2	11,6	0,9
По клиническим испытаниям	Абс.	56 491	33 206	23 285	4810	72	5755	10 236	2242	170
	Среднее за год	6137	2554	1791	370	5,5	443	787	173	13
	% от общего числа статей	100	58,8	41,2	—	—	—	—	—	—
	% от числа статей по биотерапии	—	—	100	20,7	0,3	24,7	44,0	9,6	0,7
	% от общего числа статей	4,2	2,9	11,3	2,3	0,3	17,7	18,3	9,4	8,8

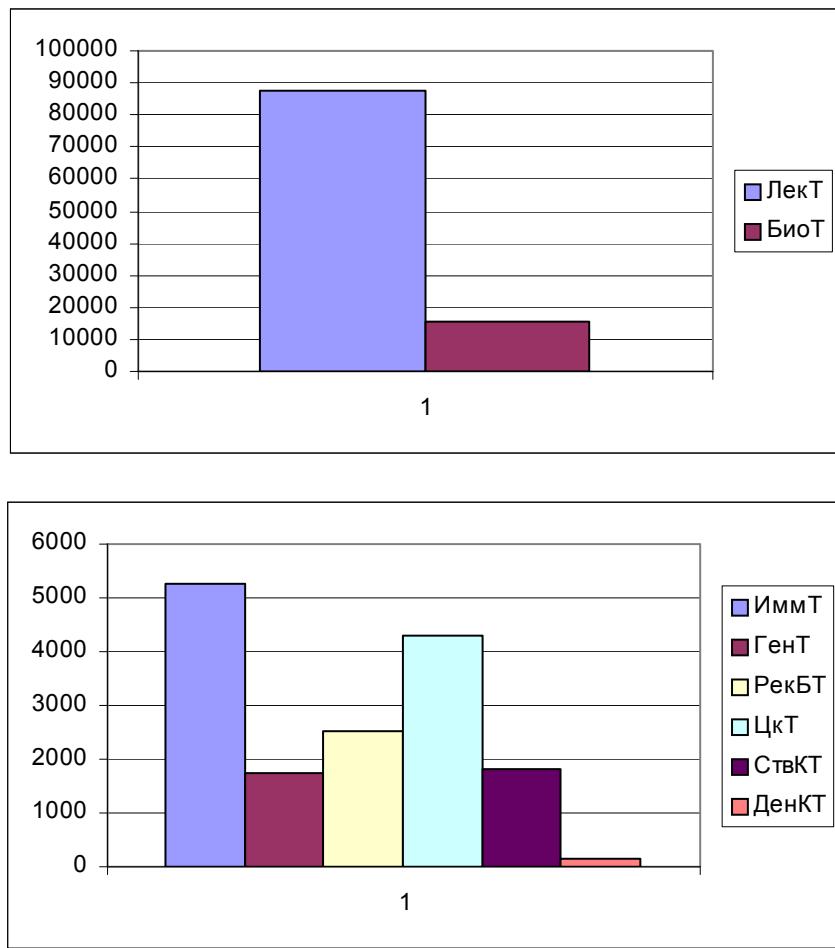


Рис. 7. Общее число публикаций за 1991–2003 гг. по основным лечебным технологиям. Вверху – традиционные (лекарственные) и прогрессивные (биотерапия) технологии. Внизу – разновидности биотерапии.

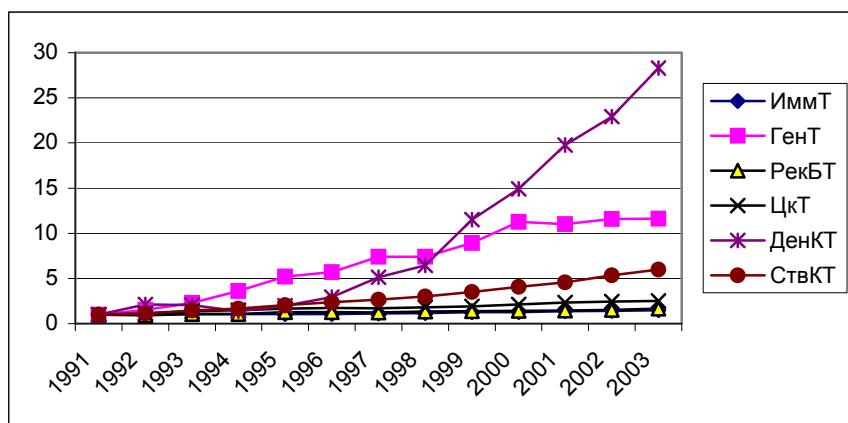
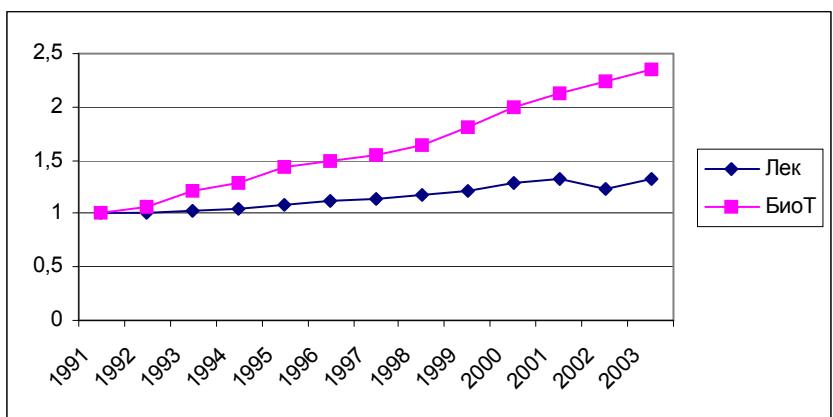
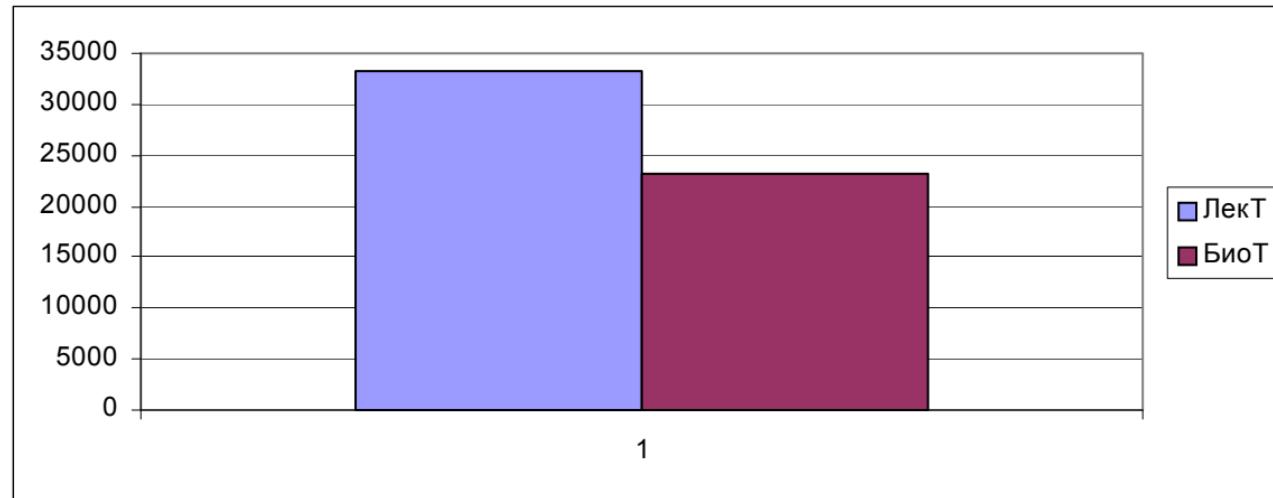


Рис. 8. Динамика численности публикаций по различным лечебным технологиям. За 1 принято число публикаций в каждой области в 1993 г. Вверху – традиционные и прогрессивные технологии (лекарственная терапия и биотерапия); внизу – направления биотерапии

A



Б

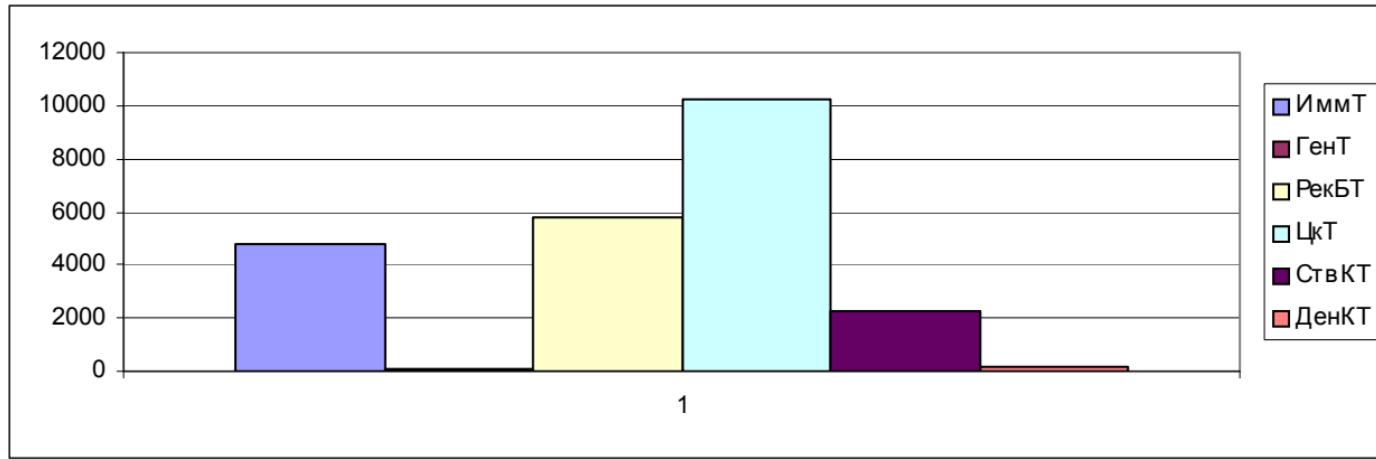
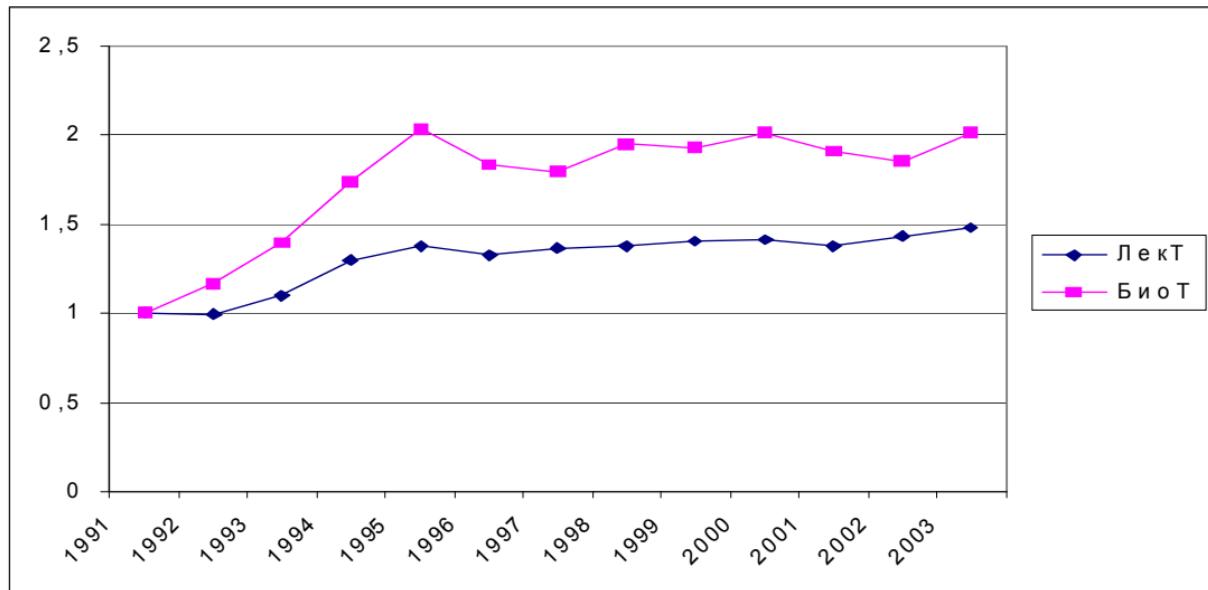


Рис. 9. Число публикаций по испытанию новых препаратов за 1991–2003 гг. по основным лечебным технологиям: А – традиционные (лекарственные) и прогрессивные (биотерапия) технологии; Б – разновидности биотерапии.

A



Б

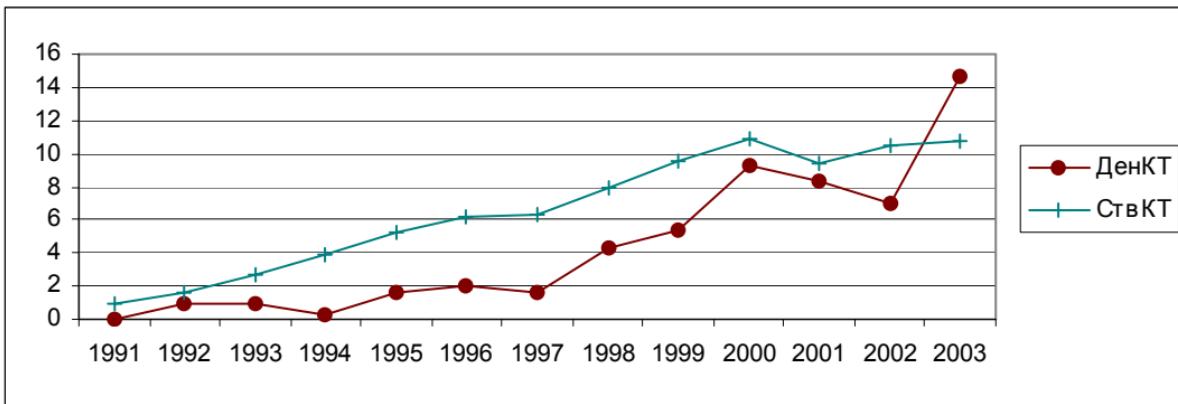


Рис. 10. Динамика численности публикаций по клиническому испытанию новых препаратов: А – в области основных лечебных технологий; Б – в области цитотерапии

## **Развитие биотехнологии и современных терапевтических технологий в России**

### ***Особенности развития биотехнологии в России***

Развитие биотехнологии, а также внедрение ее достижений в практику началось в России в 80-е годы и пользовалось государственной поддержкой. В 90-е годы общий упадок научных исследований затронул и биотехнологические направления, хотя в меньшей степени, чем многие другие отрасли науки. В то же время в этот период создавались многочисленные мелкие предприятия по производству биотехнологических продуктов, например, моноклональных антител и рекомбинантных белков.

Вышесказанное можно подкрепить визуально, сопоставив динамику кривых числа публикаций по общим проблемам биотехнологии в мировой и отечественной научной печати (рис. 11). О количественном соотношении числа зарубежных и отечественных публикаций говорит примерно стократное различие абсолютных значений мировых и российских показателей. Еще более выразительной является противоположная направленность хода кривых: если кривая общего числа статей практически неуклонно растет со значительным ускорением в конце десятилетия, то число отечественных статей падает более, чем в два раза между 1990 и 1991 г., а затем колеблется около той же величины. Для медицинской биотехнологии характерна та же динамика, тогда как в сельскохозяйственной биотехнологии непрерывного потока литературы практически не существовало (четыре работы за весь изученный период).

Прослеживая динамику публикаций по генной и клеточной биотехнологии (рис. 12), мы видим ту же тенденцию. Число работ по обоим направлениям резко снизилось в первые годы десятилетия. Затем динамика публикаций по двум направлениям выглядела реципрокной, но фактически продолжала снижаться в обоих случаях. В литературе по генной инженерии наблюдался небольшой временный подъем в середине десятилетия, после которого зарегистрировано снижение числа статей. В области клеточной инженерии, наоборот, после продолжительного снижения наблюдался подъем. Таким образом, в обоих направлениях биоинженерии продолжается неуклонное снижение потока работ.

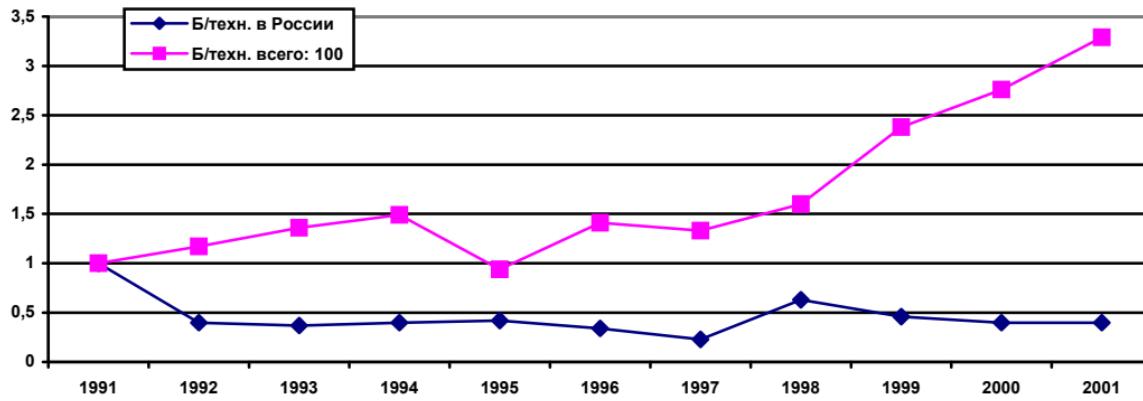


Рис. 11. Динамика числа работ по общим проблемам биотехнологии в России и ее сопоставление с общемировой динамикой (показатели нормированы относительно 1991 г.)

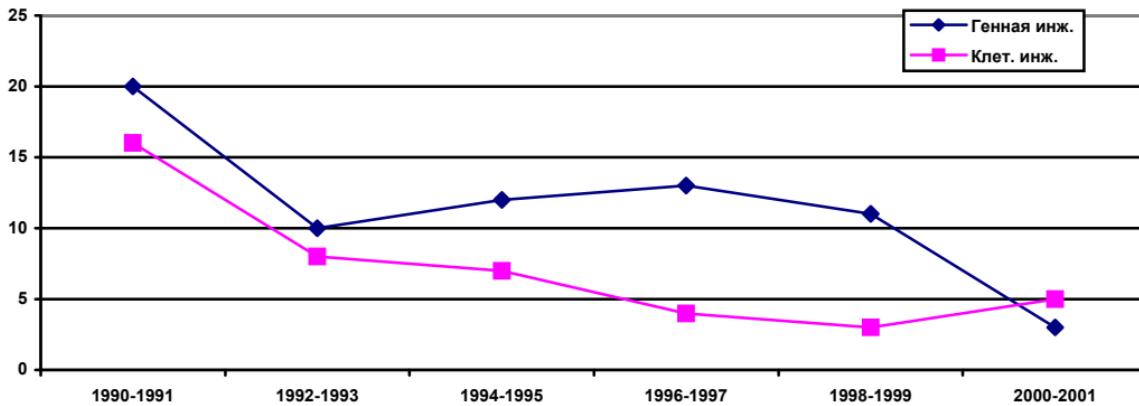


Рис. 12. Динамика числа работ по генной и клеточной инженерии в России

Оценка динамики отечественных публикаций по моноклональным антителам и рекомбинантным белкам (рис. 13) выявила их различную динамику. Число русскоязычных публикаций по моноклональным антителам исходно значительно превосходило таковое по рекомбинантным белкам. Но уже через год (в 1992 г.) вследствие резкого падения числа первых они количественно практически сравнялись. Позже число работ по рекомбинантным белкам несколько возросло и стабилизировалось на этом уровне, а затем стало снижаться. Число работ по моноклональным антителам постепенно снижалось в течение всего десятилетия. Начиная с 1993 г. ход кривых для обоих показателей был почти параллелен, но число работ по рекомбинантным белкам было почти в два раза выше.

Моноклональные антитела, производимые в России, предназначены по преимуществу для выявления инфекционных агентов (отметим, что доля антител к инфекционным агентам в зарубежных работах не увеличивается, а снижается). С большим отрывом за ними следуют антитела к антигенам опухолевых и нормальных клеток, а также ферментам (за десятилетие доля последних существенно возросла). Выявлено несколько работ по иммунотоксинам, однако практически не обнаружено работ по гуманизированным и одноцепьевым (одна работа) антителам, являющимся объектом самого интенсивного внимания в мире и находящих широкое применение в терапии. В России проводят исследования в данных направлениях, однако их результаты публикуются исключительно за рубежом. Лишь четыре публикации посвящены клиническим испытаниям препаратов на основе моноклональных антител.

В публикациях отражено производство в России ряда рекомбинантных белков: цитокинов, бактериальных и вирусных белков, гормонов, лекарственных веществ, пищевых веществ, аллергенов. Обращает на себя внимание отсутствие в этом списке ферментов, активно продуцируемых за рубежом. За десятилетие в спектре рекомбинантных белков, упоминаемых в русскоязычных публикациях, снижается доля бактериальных белков и сильно возрастает доля пищевых белков, появляются упоминания о рекомбинантных лекарственных веществах (иных, чем цитокины и гормоны). Лицерство цитокинов при этом сохраняется.

Число работ, посвященных клиническим испытаниям рекомбинантных белков в России, сохраняется на постоянном уров-

не. В целом оно существенно выше, чем число работ по испытанию моноклональных антител. Спектр испытуемых рекомбинантных белков уже, чем спектр производимых белков. Он включает цитокины, бактериальные и вирусные белки. В России есть только две области применения рекомбинантных белков – онкология и инфекционная патология.

Генодиагностика, основанная на достижениях биотехнологии, развивалась в нашей стране довольно успешно. Рост числа статей по ПЦР и ее использованию в диагностике был даже выше, чем в мире в целом. Общее число статей на русском языке с 1990 по 2000 г. составляло 0,55% мировых публикаций. В начале рассматриваемого периода вклад русскоязычных статей был 0,54%, а в конце – 0,62%. С 1990 по 2000 г. число статей по ПЦР в мире возросло в 4,1 раза, а на русском языке – в 4,7 раза. На рис. 14 представлена динамика роста числа работ в рассматриваемый период. Несмотря на различие абсолютных значений на два порядка, форма временной кривой для мирового и российского потоков литературы была сходной, что особенно очевидно при нормализации показателей относительно 1990 г. Из сопоставления кривых видно, что с 1995–1996 гг. регистрируется более быстрый темп нарастания русскоязычных данных. Таким образом, при малом абсолютном числе публикаций по ПЦР-генодиагностике на русском языке их количество закономерно возрастает, причем темп роста даже превосходит мировой.

При оценке частоты генов, выявляемых с помощью ПЦР (рис. 15), установлено основное отличие русскоязычных данных от мировых: среди работ по ПЦР на русском языке безусловно преобладают статьи, в которых определялись гены микробных антигенов (а не ферментов, как в общем своде мировых данных). При этом разрыв между числом работ по ПЦР генов микробных антигенов и генов всех других факторов в русскоязычной литературе очень велик. Соотношение работ по определению генов немикробных факторов в русскоязычной и мировой литературе примерно одинаково. Это означает различную направленность интересов российских и зарубежных специалистов по ПЦР: в России усилия в основном направлены на выявление генов инфекционных агентов, а не эндогенных факторов, и, таким образом, на изучение инфекционных, а не наследственных болезней.

Это подтверждается при анализе частоты публикаций, посвященных генодиагностике различных групп заболеваний. Среди них по данным, как мировой, так и русскоязычной литературы преобладают статьи по ПЦР-диагностике инфекционных заболеваний, второе место занимает генодиагностика при онкологии, третье – по иммунопатологии. Разрыв между числом отечественных публикаций по генодиагностике инфекций и опухолей значительно выше, чем для суммы мировых публикаций. Изучение динамики числа публикаций по применению ПЦР в различных отдельах медицины показывает, что указанный разрыв не только не сокращается, но даже увеличивается в связи с преобладающим ростом применения ПЦР именно при инфекционных, а не при наследственных или онкологических заболеваниях (рис. 15, 16). Можно предположить, что это предпочтение генодиагностике инфекций, проявляемое российскими исследователями, связано с социальным запросом. В России в 90-е годы широко распространились частные диагностические учреждения, занимающиеся ПЦР-диагностикой распространенных инфекций, особенно протозойных. Генодиагностика опухолей более наукоемка и требует большей затраты средств, а наследственные болезни по сравнению с инфекционными заболеваниями чрезвычайно редки, что ограничивает распространение ПЦР-диагностики в этих областях медицины. При таком соотношении интересов и средств преимущество оказывается на стороне генодиагностики практически значимых инфекций.

Работа в области клеточной биотехнологии (помимо гибридомной) велась в России достаточно интенсивно. Это нашло отражение в большом числе публикаций по стволовым клеткам. Однако число отечественных публикаций в этой области значительно снизилось за период с 1991 по 1995 г., после чего наступила относительная стабилизация. Доля работ по стволовым клеткам человека, имеющих непосредственное отношение к практическому приложению данного направления биотехнологии, в начале 90-х годов была невелика, а к концу изученного периода они составляли большинство публикаций в этом направлении. Однако клиническому применению трансплантаций клонированных стволовых клеток были посвящены лишь немногие статьи.

Работы по рекомбинантным вакцинам ежегодно публиковались в отечественных журналах. Во второй половине периода на-

блюдения стали достаточно закономерно появляться статьи о ДНК-вакцинах, а также об опухолевых вакцинах клеточного типа (рис. 17). Динамика публикаций по указанным разновидностям современных вакцин в России близка к мировой динамике.

За весь изученный период число публикаций по клонированным и трансгенным растениям было примерно одинаковым и претерпевало сходные колебания. Только в 2000 и 2001 гг. произошло резкое возрастание числа публикаций по трансгенным растениям. Число работ по трансгенным животным несущественно превышало таковое для трансгенных растений. Публикации, посвященные клонированию животных, в частности сельскохозяйственных, в отечественной научной литературе не зарегистрированы (рис. 18).

Связанные с биотехнологией экономические и этические проблемы пока не стали предметом научных публикаций в России, очевидно в связи с относительно слабым уровнем развития в ней этой научно-технологической области.

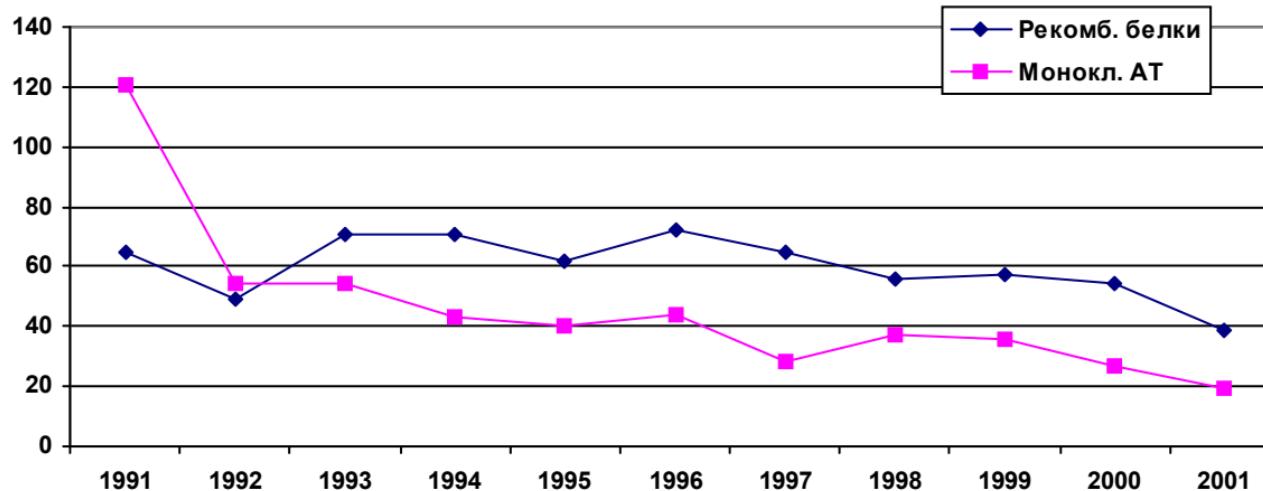


Рис. 13. Динамика числа русскоязычных работ по моноклональным антителам и рекомбинантным белкам

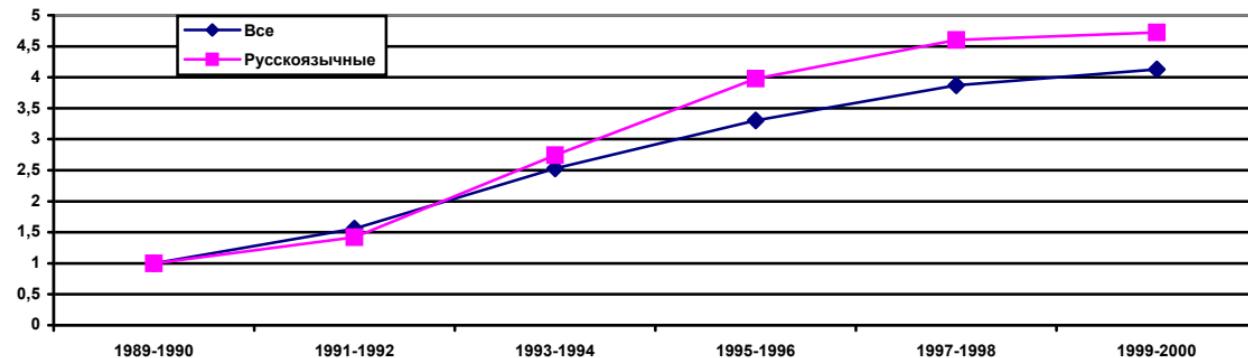
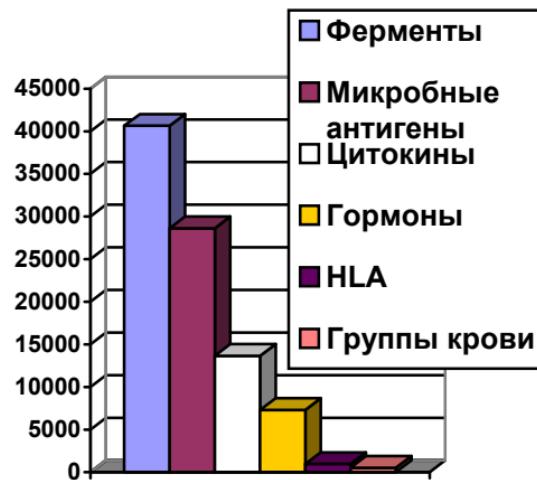


Рис. 14. Нормированные показатели роста числа публикаций по генодиагностике – общего и на русском языке. За 1 принято число публикаций в 1989–1990 гг.

А



Б

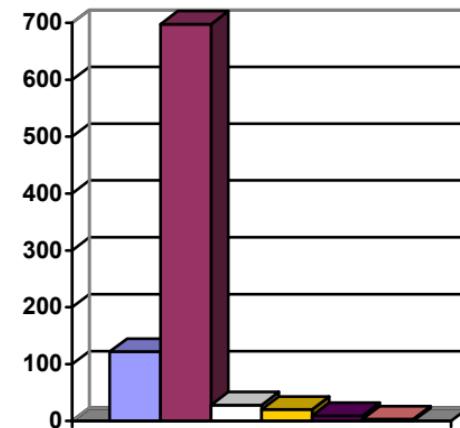


Рис. 15. Распределение общемировых (А) и русскоязычных (Б) публикаций по использованию ПЦР для определения генов различных функционально значимых факторов

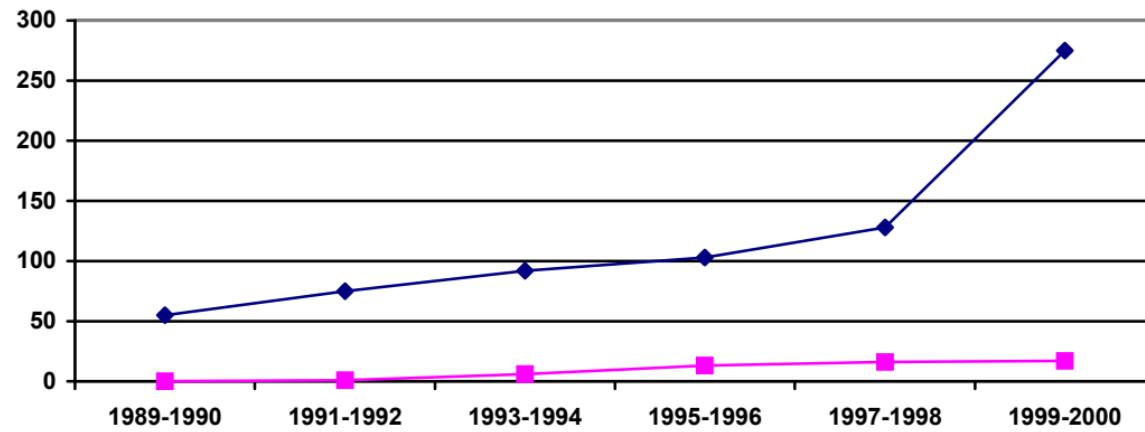


Рис. 16. Динамика численности русскоязычных публикаций по ПЦР-диагностике инфекций (верхняя кривая) и онкологических заболеваний (нижняя кривая)

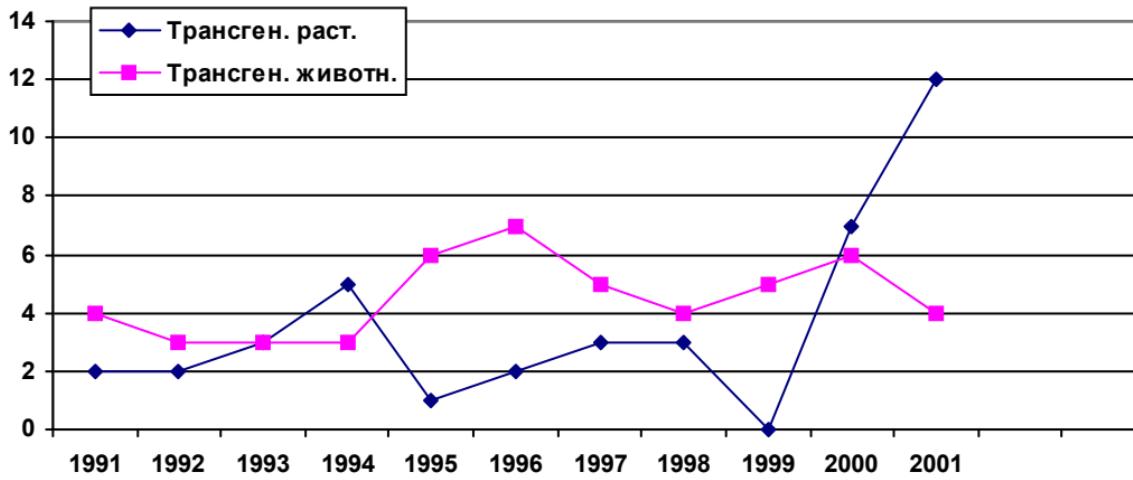


Рис. 17. Динамика численности русскоязычных публикаций по вакцинам, основанным на методах молекулярной и клеточной биотехнологии

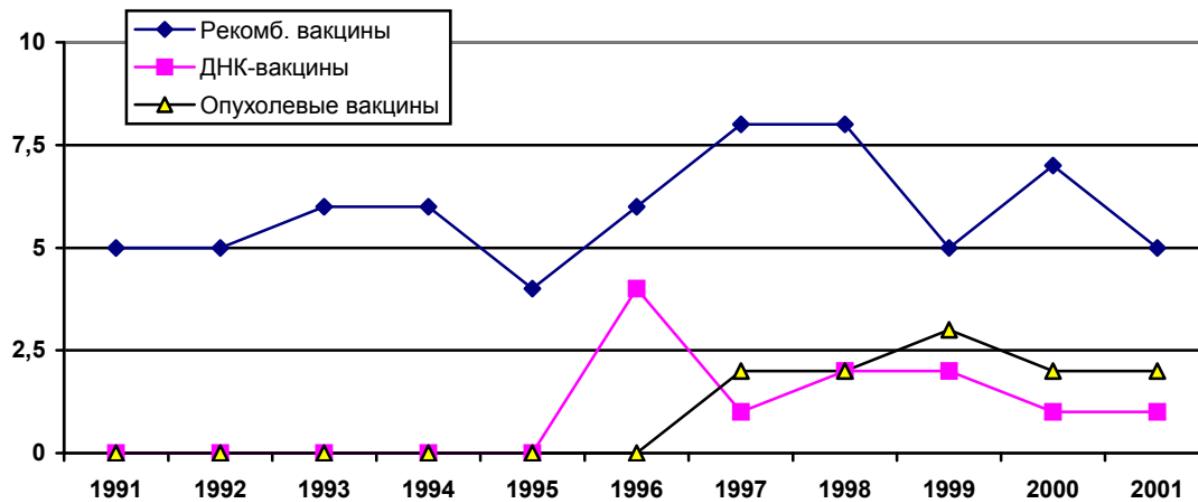


Рис. 18. Динамика публикаций по трансгенным растениям и животным в России

## **Современные средства терапии, основанные на биотехнологии**

За изученный период (1991–2003) число всех работ по использованию различных лечебных технологий, опубликованных на русском языке, составило 1,82% (24 523) от общего числа публикаций в мире. Доля публикаций на русском языке по использованию традиционной лекарственной терапии (ЛекТ), по данным «PubMed», составила 1,96% (1719,2 в год) от общего числа публикаций в мире. Общее число русскоязычных публикаций по биотерапии (БиоТ) составило 1,06% (167 в год) от общего числа статей на эту тему. В отличие от общемирового потока литературы, который постоянно нарастал, ежегодная численность русскоязычных работ по лечебным технологиям столь же непрерывно снижалась. Среднегодовая убыль числа публикаций и по ЛекТ, и по БиоТ составила 0,06%. Максимальное годовое число статей зарегистрировано в 1991 г. (т.е. в первый год наблюдения); и для ЛекТ, и для БиоТ оно в 2,6 раза превышало минимальное значение (для ЛекТ – в 2002 г., для БиоТ – в 2001 г.). Отношение числа публикаций в первые и последние три года наблюдения (коэффициент роста) составило для традиционной технологии (ЛекТ) 0,53, для прогрессивной (БиоТ) – 0,61. Данные отражены в табл. 2 и на рис. 19.

Как и при анализе всей литературы по терапевтическим технологиям, мы оценивали поток русскоязычных публикаций также по использованию в лечении заболеваний человека разновидностей биотерапии – ИммТ, ГенТ, РекБТ, ЦкТ, СтвКТ и ДенКТ. Доля публикаций по названным направлениям составила соответственно 53,2%, 2,2, 13,6, 24,1, 6,7 и 0,3% от общего числа статей по прогрессивным технологиям. Среднегодовое число публикаций по направлениям составляет соответственно 88,7, 3,7, 22,8, 40,3, 11,2 и 0,54, что относительно соответствующих данных для мировой литературы составляет 1,69%, 0,21, 1,33, 0,94, 0,61 и 0,36%. Данные отражены в табл. 3 и на рис. 20. Итак, по числу публикаций указанные направления за весь период наблюдения образуют ряд, идентичный аналогичному ряду, выстроенному по данным анализа мировой литературы: ЛекТ > ИммТ > ЦкТ > РекБТ > СтвКТ > ГенТ > ДенКТ.

Таким образом, ежегодный объем русскоязычных публикаций проявлял устойчивую тенденцию к снижению в противопо-

ложность общему объему публикаций по данной проблематике в мире, который непрерывно нарастал. Доля русскоязычных статей, посвященных прогрессивным терапевтическим технологиям, не достигает соответствующих величин для традиционной лекарственной терапии. Относительный вклад отдельных направлений в общий объем публикаций по лечебным технологиям, по данным русскоязычной и мировой литературы, не различается.

Коэффициент роста для всех русскоязычных публикаций составляет 0,535, что отражает отрицательную динамику развития этой области медицины в России. Для ее традиционной составляющей – ЛекТ, коэффициент роста составляет примерно ту же величину – 0,532. Это означает почти двукратное снижение числа статей, опубликованных в последние три года наблюдения, по сравнению с первыми тремя годами. Для суммы статей по всем направлениям биотерапии коэффициент роста лишь незначительно выше – 0,57. Для ИммТ он самый низкий и составляет 0,31. Лишь для трех направлений обнаружено увеличение ежегодного числа статей, что отразилось на величине коэффициента роста, который превышает единицу: для СтвКТ он равен 1,11, для ЦкТ – 2,11, для ГенТ и ДенКТ – 5,0. Однако ни в одном случае коэффициенты роста числа русскоязычных публикаций не достигали аналогичных значений для суммарной мировой литературы. Аналогичные изменения зарегистрированы по другому показателю, характеризующему динамику изменения ежегодного числа публикаций – проценту среднегодового прироста. Для большинства направлений среднегодовой прирост выражался отрицательной величиной (например, для ЛекТ он составил – 6%). Только в случае ЦкТ наблюдалось пусть небольшое, но положительное значение – 5,3%. По ослаблению убывания числа ежегодных публикаций рассматриваемые направления образуют ряд: ДенКТ > ГенТ > ЦкТ > СтвКТ > РекБТ > ЛекТ > ИммТ.

Динамика числа публикаций по указанным направлениям за обследованный период отражена на рис. 20 в графической форме в величинах, нормализованных относительно 1991 г. Традиционные и прогрессивные технологии (ЛекТ и БиоТ) демонстрируют сходную динамику развития. В обоих случаях регистрируется постоянное снижение числа публикаций. По темпу роста числа статей все новые направления терапии, кроме ИммТ, опережают традицион-

ную лекарственную терапию. Среди направлений биотерапии лидируют ДенКТ и ГенТ, однако абсолютное число работ, посвященных им, очень мало. Ежегодная численность статей по ЦкТ и ДенКТ во второй половине периода наблюдения демонстрирует отчетливый рост. Можно утверждать, что динамика литературы и абсолютное число статей по ЦкТ выглядят наиболее оптимистично, и имеет место несомненный количественный рост. Значительный рост числа публикаций на русском языке по ГенТ наблюдается между 1997 и 2001 г. с последующим возвратом к исходным величинам, что отражает периоды увлечения и разочарования в возможностях ГенТ. Направления исследований по ИммТ, СтвКТ и РекБТ образуют депрессивную группу с более или менее выраженным снижением годовой численности публикаций.

Таким образом, русскоязычная литература по терапии заболеваний человека по объему составляет 1,8%, а по наиболее прогрессивным терапевтическим технологиям лишь 1,06% от общего объема мировой литературы. По абсолютному числу публикаций среди технологий, основанных на биотерапии, на первом месте стоит ИммТ, тогда как самое новое и бурно развивающееся направление терапевтической технологии, основанное на использовании дендритных клеток, представлено в русскоязычной литературе единичными статьями. Вся литература по терапии, включая ее традиционное и прогрессивное звенья, имеет депрессивную динамику: число работ по большинству направлений снизилось в два–три раза. Лишь объем публикаций по ЦкТ, ГенТ и ДенКТ проявляет закономерный рост. Ни в одном случае темп роста числа статей по отдельным направлениям не достигает уровня, свойственного мировой литературе.

Распределение рассматриваемых терапевтических подходов по областям их применения мало отличается от выявленного при анализе мировой литературы (табл. 3). На долю онкологии, гематологии, иммунопатологии и инфекционных болезней приходится около половины публикаций по различным видам лекарственной терапии и биотерапии. Среди лидирующих областей использования биотерапии, как и во всем мире, первое место занимает онкология, которой посвящено около четверти работ по применению ЦкТ, РекБТ и ГенТ и половина работ по ДенКТ. Лишь в иммунопатологии наиболее часто используется ИммТ.

Таблица 2

**Число публикаций на русском языке по основным направлениям терапевтических технологий в мире за 1991–2003 гг.**

Публикации	Показатель	Всего	ЛекТ	Биотерапия (всего)	ИммТ	ГенТ	РекБТ	ЦкТ	СтвКТ	ДенКТ
Все	Абс.	24 523	22 350	2173	1153	48	296	524	145	7
	Среднее за год	1886,4	1719,2	167,2	88,7	3,7	22,8	40,3	11,2	0,54
	% от общего числа публикаций	100	91,1	8,9 100	53,1	2,2	13,6	24,1	6,7	0,3
	% от мирового уровня	1,82	1,96	1,06	1,69	0,21	1,33	0,94	0,61	0,36
По клини- ческим испытани- ям	Абс.	730	560	170	54	0	41	67	8	0
	Среднее за год	56,2	43,0	13,1	4,2	0	3,2	5,7	0,6	0
	% от общего числа публика- ций по биоте- рапии	100	76,7	23,3 100	31,8	0	24,1	39,4	4,7	0
	% от всего	3,0	2,5	7,8	4,7	0	13,9	12,8	5,5	0
	% от мирового уровня	0,91	1,69	0,73	1,12	0	0,71	0,65	0,36	0

Число научных конференций, посвященных различным аспектам терапии заболеваний и проведенных в России, по данным «PubMed», невелико (в среднем 5,8 в год, что составляет 1% от их мирового числа). Они примерно поровну распределены между первой и второй половинами исследованного периода. На долю традиционной тематики (обычная лекарственная терапия) приходится подавляющее большинство конференций (85,3%). Прогрессивным технологиям биотерапии было посвящено всего 11 конференций (14,7% от общего числа). Это соотношение примерно соответствует таковому для конференций, проведенных во всем мире (81,2 и 18,8%). Выделяется более высокая доля конференций по ДенКТ в России (18,2 против 1,6% во всем мире). Соотношение тематики конференций, посвященных новым технологиям, довольно существенно отличается от соотношения тематики публикаций: доля конференций по ДенКТ и РекБТ выше, а по ИммТ и ГенТ ниже, чем доля соответствующих публикаций.

Таблица 3

**Распределение терапевтических технологий по областям применения по данным русскоязычной литературы**

Области применения	ЛекТ	ИммТ	ГенТ	РекБТ	ЦкТ	СтвКТ	ДенКТ
Онкология	11,6	11,4	23,9	25,0	34,0	24,0	50,0
Гематология	3,2	2,3	1,4	12,2	10,0	2,6	33,3
Иммунопатология	7,6	12,4	1,4	4,7	3,9	0	0
Инфекционные болезни	12,7	3,6	1,4	18,6	19,7	0	0
Прочие	64,9	54,3	71,9	39,5	32,6	73,4	16,7

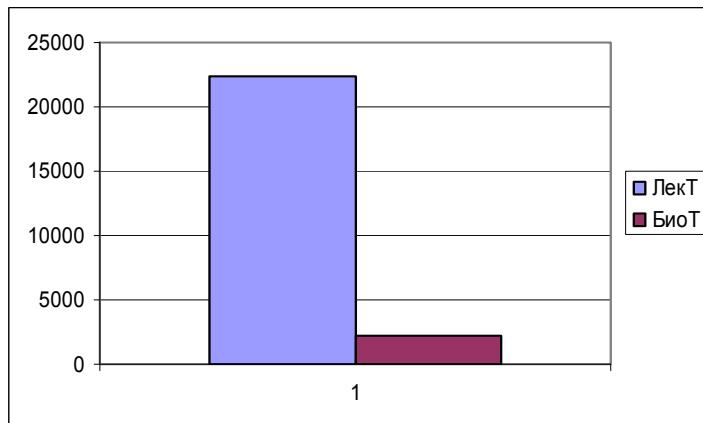
Ежегодное число публикаций по клиническому испытанию новых препаратов по данным русскоязычных публикаций составило 56,2, т.е. 2,2% от числа статей по испытанию новых препаратов, опубликованных на всех языках. Среди этих публикаций к испытанию традиционных лекарств относится 43,1. Эта величина составляет 76,7% от всех испытаний и 2,51% от общего числа русскоязычных публикаций по ЛекТ (мировой показатель – 3,2%). На долю испытания препаратов из групп биотерапии приходится

13,1 статьи – 23,3% (рис. 21), что составляет 0,8% от общего числа испытаний аналогичных препаратов в мире и 7,8% от общего числа статей по биотерапии в России (по общемировым данным 11,7%). В рамках прогрессивных технологий проводились испытания новых препаратов из групп ИммТ, ЦкТ, СтвКТ и РекБТ. Среди них лидируют препараты из группы ЦкТ (в среднем 5,2 публикации в год, т.е. 9,2% от общего числа испытаний). Клинических испытаний в области ГенТ и ДенКТ в России не проводилось. Группы испытанных препаратов по абсолютному числу испытаний в России образуют убывающий ряд: ЛекТ > ЦкТ > ИммТ > РекБТ > СтвКТ. Доля испытаний препаратов из указанных групп в России от соответствующих величин для всей мировой литературы составляет 1,69%, 0,65, 1,06, 0,71 и 0,47%.

Динамика роста числа клинических испытаний новых препаратов в России оценивалась только по коэффициенту роста, поскольку ежегодный прирост числа публикаций не удалось оценить корректно из-за малого числа работ и большой межгодовой вариабельности показателей. Коэффициент роста для всех групп терапевтических технологий составил 1,14, для традиционных лекарственных средств – 1,02, для биопрепаратов – 1,6. Таким образом, в отличие от всей литературы по терапевтическим технологиям в России, которая проявляла отрицательную динамику, в испытаниях новых препаратов регистрируется определенный прогресс. Его уровень в целом и для традиционных технологий ниже, а для биопрепаратов – выше (коэффициент роста 1,6 против 1,47), чем в мире. По величине коэффициента роста числа публикаций по испытанию новых препаратов рассматриваемые области исследований образуют ряд: СтвКТ > ЦкТ > ИммТ > ЛекТ > РекБТ.

Итак, на фоне спада интенсивности исследований (по данным числа публикаций) в области медицинских лечебных технологий в России наблюдается некоторый рост их внедрения в практику, особенно в биотерапии, прежде всего цитокинотерапии. Однако направления, в которых в мире регистрируется наиболее интенсивный рост числа внедрений (дendритные клетки, генотерапия), в России оказались нереализованными в медицинской практике.

А



Б

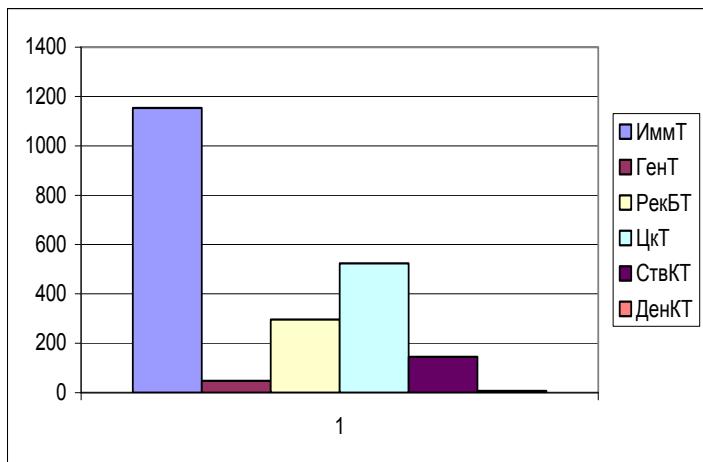


Рис. 19. Общее число русскоязычных публикаций за 1991–2003 гг. по основным лечебным технологиям. Вверху – традиционные (лекарственные) и прогрессивные (биотерапия) технологии. Внизу – разновидности биотерапии

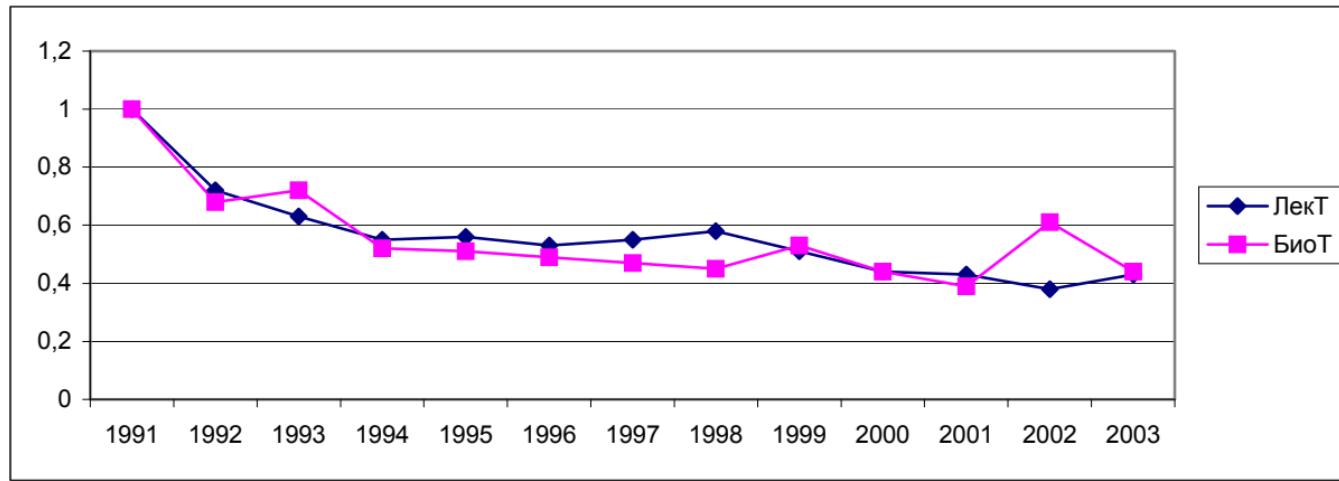


Рис. 20. Динамика численности публикаций на русском языке по традиционным и прогрессивным технологиям (лекарственная терапия и биотерапия) за 1991–2003 гг.  
За 1 принято число публикаций в 1993 г.

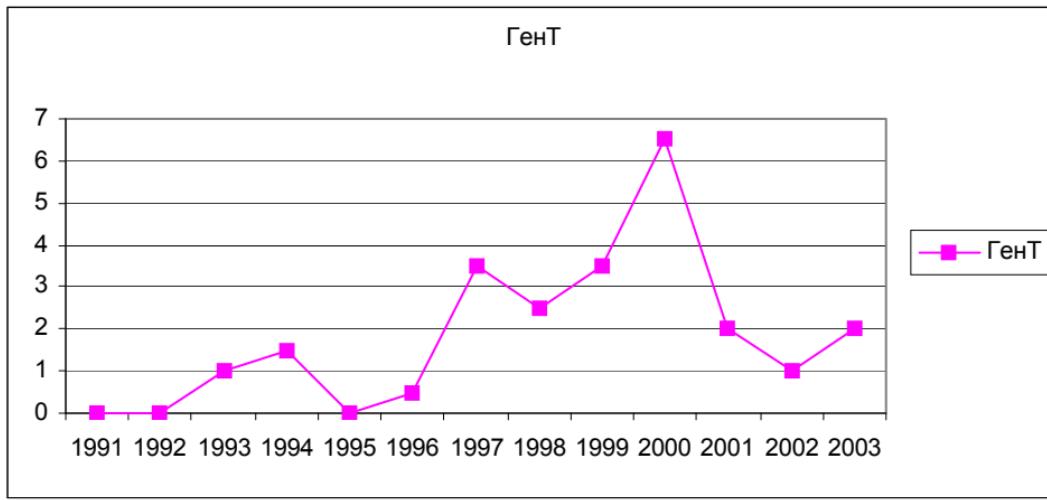


Рис. 21. Динамика численности публикаций на русском языке по ГенТ за 1991–2003 гг. За 1 принято число публикаций в 1993 г.

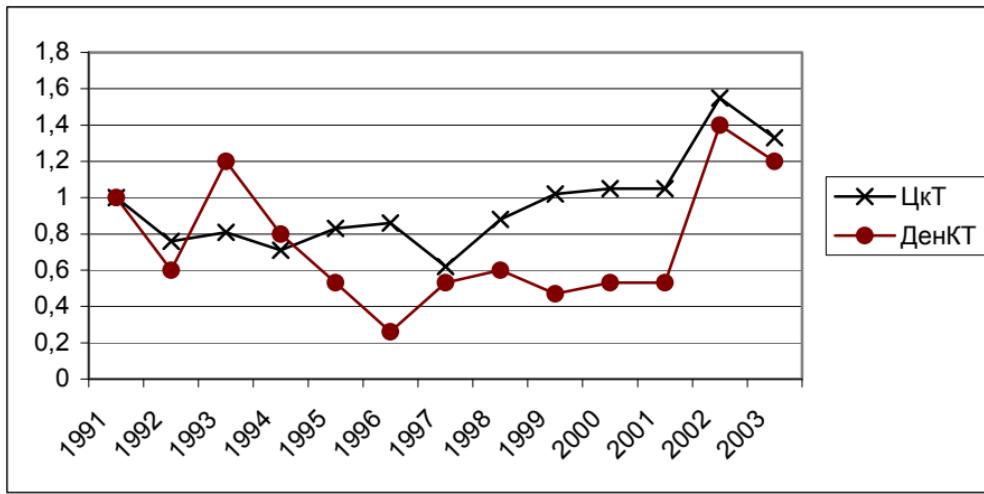


Рис. 22. Динамика численности публикаций на русском языке по технологиям со смешанным типом развития за 1991–2003 гг.  
За 1 принято число публикаций в 1993 г.

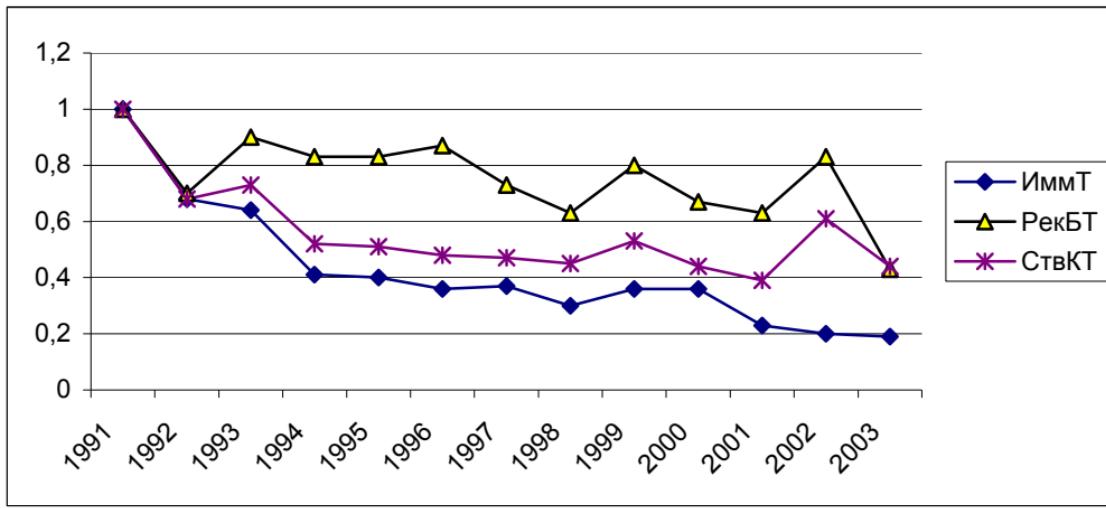
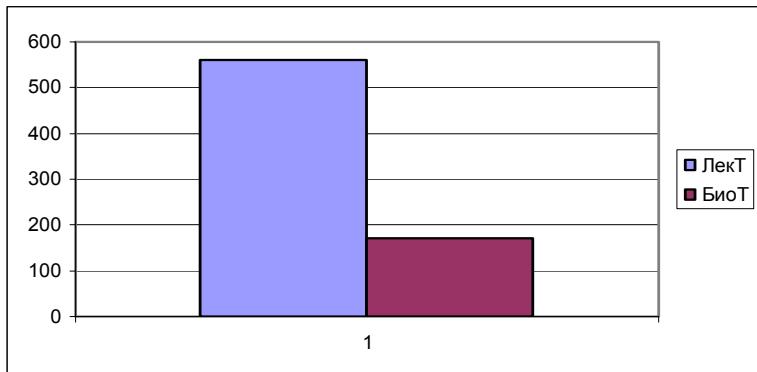


Рис. 23. Динамика численности публикаций на русском языке по технологиям с депрессивным развитием за 1991–2003 гг. За 1 принято число публикаций в 1993 г.

А



Б

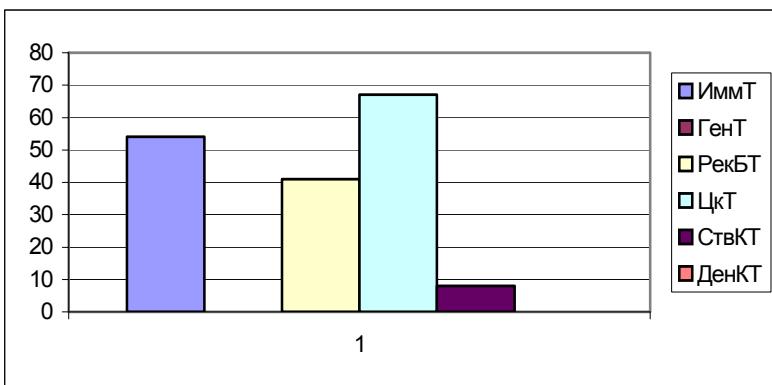


Рис. 24. Число публикаций на русском языке по испытанию новых препаратов за 1991–2003 гг. по основным лечебным технологиям:

А – традиционные (лекарственные) и прогрессивные (биотерапия) технологии; Б – разновидности биотерапии

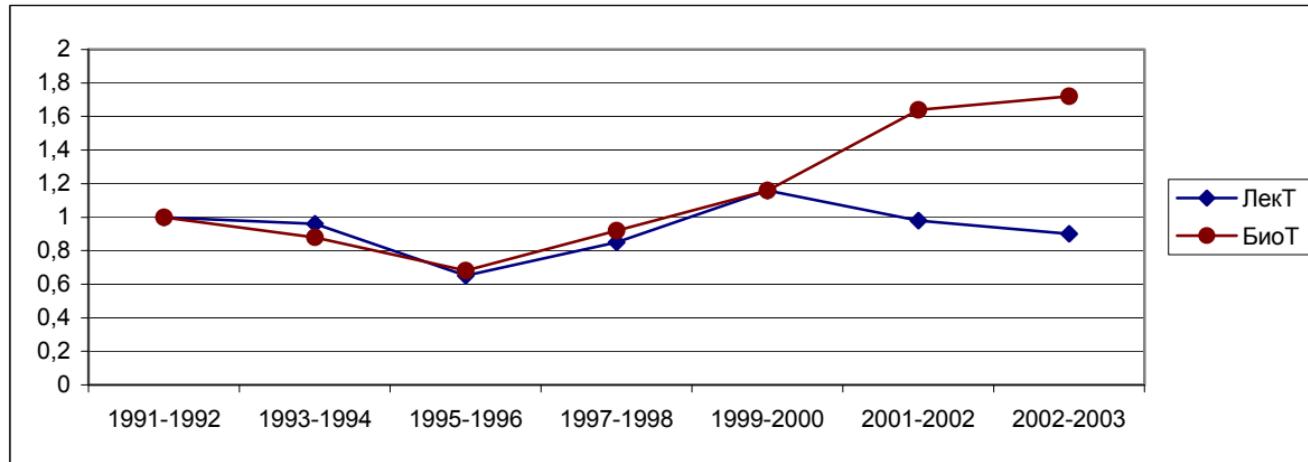


Рис. 25. Динамика численности публикаций на русском языке по клиническому испытанию новых препаратов в области традиционных и прогрессивных технологий за 1991–2003 гг.  
За 1 принято число публикаций в каждой области в 1991 г.

Для анализа динамики числа публикаций по испытанию новых препаратов в России потребовалось попарно объединить данные за два года. Кривые, отражающие динамику этих показателей, представлены на рис. 22. Динамика числа статей по испытанию препаратов, условно отнесенных к традиционным (ЛекТ) и прогрессивным (биотерапия) терапевтическим технологиям, вначале имеет сходную конфигурацию. В обоих случаях отмечается падение числа статей в 1995–1996 гг., после чего регистрируется их рост в 1997–2000 гг. После 2000 г. число публикаций по испытанию лекарственных препаратов падает, а испытанию биопрепаратов растет. Среди отдельных направлений биотерапии закономерный рост числа публикаций по испытанию новых препаратов наблюдается только для ЦкТ и СтвКТ, что согласуется с оценкой коэффициента роста.

Таким образом, анализ литературы, посвященной изучению динамики испытания новых препаратов в различных областях терапевтических технологий в России, показал, что эта динамика не является депрессивной, в отличие от общей динамики публикаций по соответствующим направлениям. Кривая, отражающая динамику публикаций по испытанию препаратов, относящихся к биотерапии, проявляет более выраженную тенденцию к росту по сравнению с аналогичной кривой для традиционной лекарственной терапии. Эта тенденция связана главным образом с выраженным (превосходящий мировой) ростом числа испытаний цитокиновых препаратов и препаратов на основе стволовых клеток, особенно после 1998 г.

Подытоживая данные, относящиеся к развитию терапевтических технологий в России, можно констатировать следующее. Объем публикаций на указанную тему за последние 13 лет (1991–2003) на русском языке составляют 1,82% от мирового уровня, в том числе по традиционным лекарственным технологиям – 1,96, по прогрессивным технологиям (биотерапии) – 1,06%. Среди прогрессивных технологий по абсолютному числу публикаций преобладает ИммТ (53% от числа статей по биотерапии, 1,69% от мирового уровня), последнее место занимает ГенТ. Основной точкой приложения всех терапевтических подходов явились онкологические заболевания, для ИммТ – иммунопатология. В противоположность непрерывному росту числа публикаций по лечебным технологиям в мире, в России в этой области наблюдается депрессивная тенден-

ция: число публикаций в конце периода наблюдения почти в два раза ниже, чем в его начале. На долю клинических испытаний новых препаратов приходится 3,3% русскоязычных статей. Они составляют 2,2% от общего числа мировых публикаций по клиническому испытанию новых препаратов. Соотношение испытаний препаратов из области традиционных и новых технологий составляет 3,3 (в мире – 1,6). Наибольшее число испытаний препаратов, относящихся к области прогрессивных технологий, осуществлено в области ЦкТ. В отличие от всей суммы статей на русском языке, число статей по испытанию новых технологий росло (коэффициент роста 1,14). Рост был выше для препаратов группы прогрессивных технологий, чем для традиционных лекарственных препаратов. Таким образом, вклад терапевтических технологий, развиваемых в России, в общемировой объем исследований невелик с более низкой долей публикаций по биотерапии, причем число публикаций снижается. В то же время доля клинических испытаний новых препаратов в России нарастает, преимущественно в области биотерапии.

## **Заключение**

Разработка и использование терапевтических технологий является важнейшим направлением деятельности человека. Усилия, предпринимаемые в этом направлении в настоящее время, имеют отражение в огромном числе посвященных им публикаций. По данным поисковой системы «PubMed», на протяжении последних 13 лет в среднем в год выходило более 100 тыс. статей и созывалось 575 конференций по различным средствам терапии. 85% статей и 79% конференций было посвящено традиционной лекарственной терапии, соответственно 15 и 21% – новым технологиям, основанным на использовании природных биотехнологических продуктов (биотерапия). Число статей по всем направлениям лекарственных технологий постоянно увеличивается со среднегодовым приростом около 3%. Число работ по биотерапии растет в 1,5 раза быстрее, причем по темпу роста лидируют направления терапии, основанные на использовании дендритных, стволовых клеток и генотерапии. Некоторые из названных направлений (например, использование дендритных клеток как средства биотерапии) зародились в рассматриваемый период времени. Число работ, посвященных клиническим испытаниям но-

вых препаратов, составляет 3,2% от общего числа публикаций. Для средств биотерапии эта величина значительно выше (11,4%), что отражает наибольшую эффективность внедрения этой группы препаратов в практику. По общему числу испытаний новых биопрепаратов первое место занимают цитокины. Наибольшая интенсивность роста числа клинических испытаний у препаратов на основе стволовых и дендритных клеток; генотерапия пока не нашла серьезного применения в клинике. Соотношение направлений терапевтических технологий по объему и темпу роста числа публикаций отражено в табл. 4.

Публикации по терапевтическим технологиям на русском языке составили в исследованный период 1,8% от мирового уровня. Ежегодно по этой проблематике на русском языке публиковалось около 1900 статей и созывалось в среднем шесть конференций. На долю лекарственной терапии приходилось 91 и 85%, а на долю биотерапии – 9 и 15% от числа статей и конференций соответственно. Вклад русскоязычных статей в общее число публикаций по биотерапии был равен 1,06%, т.е. в 1,6 раз меньше, чем для суммы русскоязычных публикаций по всем лечебным технологиям. Это означает, что исследования по наиболее передовому разделу лечебных технологий в России отстают от общего уровня развития этой отрасли. В противоположность медленному, но неуклонному росту числа публикаций по рассматриваемой проблеме, который наблюдается в мире, в России регистрируется столь же неуклонное падение их числа (почти на 6% за год), что привело к почти двукратному снижению ежегодного числа публикаций за 13 лет. Лишь в трех направлениях биотерапии (генотерапия, терапия цитокинами и терапия дендритными клетками) отмечен рост числа публикаций. Несколько лучше обстоит дело с клиническими испытаниями новых препаратов. Ежегодное число посвященных им публикаций составляет 56, т.е. 3% от общего числа подобных публикаций в мире. Среди испытываемых препаратов выше, чем среди всех изучаемых препаратов, доля биотехнологических средств (23 против 9%). Однако доля испытаний новых препаратов в России очень низка (0,9% мирового уровня). По крайней мере, в трех направлениях – испытания препаратов на основе стволовых клеток, цитокинов, а также средств иммунотерапии – наблюдается положительная динамика. Таким образом, при слабом общем вкладе России в развитие исследований по лечебным технологиям с прогрессирующим снижением числа публикаций и низкой доле работ по биотера-

пи, прилагаются достаточно эффективные усилия по созданию и испытанию новых биотехнологических препаратов.

Таблица 4

**Соотношение терапевтических технологий по числу посвященных им публикаций и темпу его роста**

Область	Показатель	Ряд по убыванию
В мире	Общее число работ	ЛекТ > ИммТ > ЦкТ > РекБТ > СтвКТ > ГенТ > ДенКТ
	Коэффициент роста	ДенКТ > ГенТ > СтвКТ > ЦкТ > РекБТ > ИммТ > ЛекТ
В России	Общее число работ	ЛекТ > ЦкТ > РекБТ > ИммТ > СтвКТ > ДенКТ > ГенТ
	Коэффициент роста	ДенКТ > ГенТ > СтвКТ > ЦкТ > ЛекТ > ИммТ > РекБТ

Итак, развитие лечебных технологий в России характеризуется относительно небольшим объемом исследований и разработок с тенденцией к его дальнейшему сокращению при преобладании традиционных технологий и преимущественным развитием работ по созданию и испытанию новых лечебных средств. При этом наиболее бурно развивающиеся направления мировых терапевтических технологий получают развитие в России с отставанием в пять-восемь лет.

В связи с этим может возникнуть вопрос о целесообразности развития в России новых лечебных технологий, особенно тех, в которых отставание от передовых научных держав особенно очевидно. Едва ли ответ должен быть отрицательным. Развитие современных биотерапевтических подходов базируется на более широком технологическом фундаменте, блокировать развитие которого означало бы сознательно обречь страну на утрату каких-либо перспектив участия в мировом научном прогрессе. Кроме того, создание средств терапии, в частности новых лечебных препаратов, является одним из наиболее доходных видов бизнеса, сознательный выход из которого нецелесообразен из соображений не только научных, но и экономических. В связи с этим представляется очевидной необходимость поиска путей повышения объема и эффективности исследований и разработок в области терапевтических технологий, в особенности их наиболее прогрессивной области – биотерапии.

Очевидным является объяснение большинства недостатков и слабостей отечественной науки о лечебных технологиях ограниченным финансированием исследований, а недостаточного масштаба создания и производства новых средств – кроме того, слабостью частного бизнеса. Таким образом, преодоление отставания в изучении и производстве терапевтических средств в современной России зависит прежде всего от решения общих экономических и финансовых проблем, стоящих перед государством. Однако благоприятные сдвиги могут быть достигнуты и в рамках существующей экономической и финансовой ситуации. На наш взгляд, успех может быть достигнут, если усилия исследователей будут сосредоточены на поиске и разработке «горячих точек» в области терапевтических технологий, создании новых групп лечебных средств, применяемых в наиболее востребованных направлениях. Фактически это означает повышение инициативы в исследованиях и повышение требовательности к обоснованию задач. Таким образом, должны предприниматься специальные усилия для принятия адекватных решений при выборе направления исследований. Представляется желательным создание в рамках РАМН специальной службы прогнозирования изменений магистральных направлений развития терапевтических технологий и формирования «горячих точек», обеспечивающих очередные прорывы в создании новых путей лечения заболеваний.

## **Выводы и рекомендации**

Привлечение новых биотехнологий к лечению заболеваний человека является одной из наиболее актуальных задач современной медицины. В мировом масштабе развитие методов биотерапии и создание в ее рамках новых лечебных препаратов существенно опережают прогресс терапии, основанной на использовании традиционных лекарственных препаратов. Биотерапия является одной из критических технологий медицины в мировом масштабе. На долю России приходится менее 2% от общего объема исследований в данной области, причем ежегодное число публикаций непрерывно снижается. Передовым направлениям в области лечения заболеваний, основанным на использовании достижений биотехнологии, принадлежит меньшая доля в общем объеме исследований, чем в передовых странах. В то же время в России продолжает увеличиваться число разра-

боток по созданию и испытанию новых лечебных средств, в том числе в области биотерапии.

Приоритетное развитие биотерапии как перспективного направления в лечении заболеваний должно стать важной задачей отечественной медицины. В условиях ограниченного бюджетного финансирования и слаборазвитого частного сектора в науке решению этой задачи может способствовать научное *прогнозирование ключевых направлений биотерапии* и сосредоточение усилий на их преимущественном развитии. С этой целью рекомендуем: 1) на базе РАН, РАМН и Минобрнауки создать объединенный научный совет по определению, поддержке и контролю развития ключевых направлений биотерапии; 2) сформировать федеральную научную программу с целью финансовой поддержки развития современных направлений биотерапии (гено-, цито- и иммунотерапии) заболеваний человека.

**В.Н.Журавлев**

**НАУКОВЕДЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ПО ПРИОРИТЕТНОМУ НАПРАВЛЕНИЮ  
«АВИАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»<sup>\*</sup>**

Географические, социально-экономические, исторические и политические особенности России обуславливают необходимость наличия и совершенствования авиационной отрасли. Большинство стран мира, имеющих протяженную территорию и достаточно развитую экономику, уделяют значительное внимание развитию авиации. Использование авиационных технологий обеспечивает решение целого комплекса жизненно важных проблем России: транспортной, энергетической, управления территориями и др.

Важность авиационных технологий бесспорна. Поэтому в России и развитых странах мира уровень инновационной активности в области разработки и использования авиационных технологий очень высок. Эта тенденция будет сохраняться и в будущем [4, 5].

---

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 04-06-80252).

## **Обзор перспектив развития критических технологий в авиационной области<sup>1</sup>**

Развитие авиации определяется широким спектром современных передовых высоких технологий и лежащих в их основе фундаментальных научных исследований. Систематизацию этих технологий можно осуществлять несколькими способами:

- предметная систематизация (с учетом ориентации на соответствующие фундаментальные науки, лежащие в основе исследуемых технологий);
- объектовая систематизация (с учетом ориентации на объекты применения исследуемых технологий);
- смешанная объектово-предметная систематизация (с учетом ориентации на объекты применения исследуемых технологий, а также на соответствующие фундаментальные науки, лежащие в основе исследуемых технологий).

В авиационной отрасли сложился традиционный смешанный объектово-предметный подход к изучению направлений развития перспективных технологий. При этом необходимо отметить не только широкий спектр объектов, включаемых в набор авиационных технологий, но и большое разнообразие фундаментальных наук, лежащих в основе авиационных технологий. Именно указанный смешанный объектово-предметный подход был использован в этом исследовании.

Все рассмотренные авиационные технологии были классифицированы в первую очередь по видам авиационной техники (военная и гражданская авиационная техника). Отметим, что большинство технологий, рассмотренных в разделе, посвященном военной авиационной технике, также используется в гражданской авиационной технике, и наоборот.

---

<sup>1</sup> По материалам работы «Инновационный менеджмент в России» [6].

## **Перспективные направления развития технологий создания военной авиационной техники в ведущих странах мира**

В настоящее время цели развития военной авиационной техники определяются складывающейся с 90-х годов геополитической обстановкой: стала маловероятной угроза глобального военного конфликта, но возросло количество региональных и локальных конфликтов, возникла и обостряется угроза террористических действий. Это привело к изменению военных доктрин ведущих мировых держав и соответствующих программ развития военной техники. Обеспечение борьбы с терроризмом и участие в региональных конфликтах становятся одними из основных стимулов развития вооруженных сил ведущих мировых держав, в том числе военной авиации. Наибольшее внимание в последние годы страны-производители военной техники уделяют проблемам создания и развития авиации, которая становится важнейшим средством борьбы с новыми угрозами.

Вместе с тем при создании новых систем вооружения все большее значение приобретают экономические аспекты из-за неуклонного увеличения затрат на разработку и стоимости конечной продукции<sup>1</sup> [4, 5]. Удорожание разработок и рост цен на летательные аппараты (ЛА) обусловлены главным образом повышением сложности новых образцов военной техники. Для самолетов это связано с усовершенствованием аэродинамических компоновок и двигателей, применением новых, в первую очередь композиционных материалов, резким увеличением интеллектуальных и функциональных возможностей бортового оборудования. Для оптимизации процессов разработки и производства новых образцов авиационной техники по критерию «стоимость – эффективность» потребовалось широкое внедрение информационных технологий и методов моделирования, основанных на использовании новейших компьютеров.

Значительные затраты и возрастающая сложность авиационной техники определили тенденцию к увеличению сроков и ус-

---

<sup>1</sup> Научно-технический отчет по МАКС (2001, 2003 гг.). – Жуковский: ЗАО «Авиасалон».

ложнению организации процессов разработки и производства новых ЛА. Этапы предварительных исследований, которые предшествуют началу полномасштабной опытно-конструкторской работы, становятся все более протяженными и достигают 30–50% от общих сроков создания. Все большее распространение получает практика постройки технологических демонстраторов и экспериментальных образцов для проведения тематических исследований и оценки новых технологий и технических решений с целью создания научно-технического задела. Как правило, новая авиационная техника создается на конкурсной основе с выбором образца для производства по результатам летных испытаний прототипов, и продолжительность полного цикла работ от начала научно-исследовательских работ (НИОКР) до освоения производства составляет 10–15 и более лет.

В связи с ростом стоимости и сроков создания новых поколений авиационной техники большое значение приобретает модернизация находящихся в эксплуатации ЛА, в ходе которой производится оснащение их новыми системами оружия, усовершенствованным и радиоэлектронным оборудованием и двигателями.

В последние годы сформировались следующие основные направления развития военной авиационной техники:

- разработка высокоточного оружия;
- оснащение стратегической и дальней авиации обычным высокоточным оружием;
- создание многофункциональных истребителей пятого поколения;
- создание авиационно-космических систем разведки и наблюдения;
- создание беспилотных разведывательных и боевых ЛА;
- развитие систем информационной борьбы;
- развитие средств обеспечения мобильности войск;
- совершенствование авиационных средств противовоздушной и противоракетной обороны.

При реализации этих направлений предусматривается широкое использование результатов фундаментальных и отраслевых научных исследований, новейших достижений в области высоких технологий. Решаются проблемы заметности в оптическом, тепловом и радиолокационном диапазонах, всепогодности и круглосу-

точности применения авиационной техники, высокой точности навигации, включая спутниковую, и повышения эффективности поражения на основе применения систем автоматического управления с высоким уровнем интеллекта, глобальных систем сбора, передачи и обработки информации, новых материалов, источников энергии и т.д.

Рассмотрим главные направления современного развития основных видов боевой авиатехники и военных авиационных технологий.

### ***Бомбардировочная авиация***

По мнению военных экспертов<sup>1</sup>, стратегическая и дальняя бомбардировочная авиация (в первую очередь бомбардировщики В-2, В-1B, B-52, Ту-160, Ту-95, Ту-22М) будет находить все большее применение в региональных конфликтах. Для этого интенсивно ведутся работы по модернизации этих самолетов с целью оснащения их крылатыми ракетами и бомбами с обычными неядерными боевыми частями. В частности, в США планируется модернизация 96 стратегических самолетов (из 208), в том числе 52 В-1B и 44 B-52, которые будут способны одновременно применить 844 крылатые ракеты высокой точности и поразить ими до 300 военных объектов (по две–три ракеты на одну цель). В дальнейшем предполагается развить основное преимущество стратегической авиации – возможность поражения целей в любой точке земного шара с мест постоянного базирования бомбардировщиков за минимальное время.

Основные направления модернизации стратегических самолетов-бомбардировщиков сводятся к следующему:

- оснащение высокоточным оружием большой дальности (2000–5000 км) с обычными боевыми частями, обеспечивающими поражение сильно защищенных целей с точностью попадания 12–20 м;

- модернизация бортового оборудования с целью многократного применения высокоточного оружия по нескольким целям в одном заходе;

---

<sup>1</sup> Вестник авиации и космонавтики (2002–2003).

– повышение эффективности систем пассивной разведки и радиоэлектронной борьбы;

– снижение уровня заметности;

– оснащение автоматизированной системой цифровой связи<sup>1</sup>.

В настоящее время за рубежом ведутся научно-исследовательские работы по формированию концепции нового поколения стратегических бомбардировщиков. Они нацелены:

– на снижение стоимости самолета (более чем в пять раз по сравнению с B-2 до 200 млн. долл.);

– на сокращение эксплуатационных расходов;

– на дальнейшее снижение заметности;

– на обеспечение радиуса боевого применения без дозаправки до 9500 км;

– на обеспечение сверхзвукового крейсерского режима полета со скоростью, соответствующей числу Маха  $M = 1,5$ ;

– на повышение бомбовой нагрузки до 22 т и более.

Совершенствование фронтовой ударной авиации (например, F-16, F-15E, F/A-18, F-117, «Мираж», «Торнадо», «Харриер» и др.) направлено на обеспечение круглосуточного, всепогодного применения и оснащения ее контейнерными системами для наведения телевизионных и лазерных бомб и ракет высокой точности, системами спутниковой навигации (GPS) и системами приема информации о целеуказании от автоматизированных наземных систем в реальном режиме времени<sup>2</sup>.

Проблемными для фронтовой ударной авиации являются вопросы уменьшения радиолокационной и тепловой заметности и повышение боевой живучести самолетов. В частности, в Великобритании ведутся исследовательские работы по созданию перспективной ударной авиационной системы FOAS, которая должна заменить истребители-бомбардировщики «Торнадо» в первой четверти XXI в. и обеспечить высокоточное поражение разнообразных целей (в том числе малоразмерных и сильно укрепленных) неядерными боеприпасами. Причем рассматривается широкий спектр концепций как пилотируемых, так и беспилотных ударных ЛА.

---

<sup>1</sup> Техническая информация ЦАГИ. – 2000–2004. – (Сер. «Авиационная и ракетная техника»).

<sup>2</sup> Там же.

## *Многофункциональные истребители*

В соответствии с прогнозами<sup>1</sup> ожидается, что в США в первой четверти ХХI в. сохранится два типа фронтовых истребителей (тяжелый и легкий) при общем относительно постоянном количестве самолетов, равном примерно 4000 единиц. По прогнозу фирмы «Локхид–Мартин»<sup>2</sup>, вновь создаваемые истребители F-22 и F-35 заменят F-15, F-16, F-14, F-117, AV-8, а также F-15E и A-10. В ВМФ США предполагается сохранить F/A-18E/F наряду с F-35 ASTOVL (укороченный взлет и вертикальная посадка).

Проводимые с этой целью исследования и опытные работы нацелены на обеспечение качественно новых характеристик истребителей пятого поколения. Основное внимание уделяется следующим направлениям развития:

- многофункциональность (поражение воздушных, наземных, надводных целей, разведывательные функции, одиночные и групповые действия, осуществляемые автономно и в едином информационном поле);
- всепогодность и круглосуточность боевого применения;
- многоканальность с использованием радиолокационных, оптико-электронных и инфракрасных обзорно-прицельных систем при одновременном нанесении ударов по нескольким целям (от 2 до 10);
- создание круговой системы обороны, обеспечивающей летчику получение информации о подлете ракет «воздух–воздух» и «земля–воздух» и подавление их средствами радиоэлектронного противодействия, а также поражение ракетами «воздух–воздух»;
- обеспечение малой заметности в радиолокационном, тепловом и оптическом диапазонах с целью преодоления перспективной системы противовоздушной обороны (ПВО);
- получение высоких аэродинамических характеристик, обеспечивающих крейсерский полет на сверхзвуке (1,5–2,0 М), повышение дальности боевого применения (1200–2000 км) и сверхманевренность (до углов атаки выше 60°), в том числе за счет применения двигателей с управляемым вектором тяги;

---

<sup>1</sup> Техническая информация ЦАГИ. – 2000–2004. – (Сер. «Авиационная и ракетная техника»).

<sup>2</sup> Flight International (2002–2003).

– высокая надежность, технологичность в производстве и простота в техническом обслуживании при низкой стоимости<sup>1</sup>.

При создании многофункциональных истребителей возникает ряд сложных научно-технических проблем, требующих соответствующих решений. Среди них в первую очередь можно выделить следующие:

- обеспечение требований по боевому применению при ограниченном взлетном весе: для тяжелого истребителя – 22–25 т (максимальная взлетная масса 22,5 т при стоимости 28–38 млн. долл. для истребителя F-35 – JSF), для легкого – 14–17 т;
- создание семейства самолетов, варианты которого удовлетворяют требованиям различных родов войск (Военно-воздушных сил (ВВС), Военно-морского флота (ВМФ), Корпуса морской пехоты (КМП)), а также экспортным поставкам при высокой степени унификации в производстве (до 90%);
- создание интегрированного комплекса бортового оборудования в пределах ограниченного веса и габаритов, обеспечивающего многофункциональность боевого применения и обороны, автономность и групповые действия при низком уровне загрузки летчика;
- оптимизация аэродинамической, конструктивной схемы истребителя, силовой установки и количества двигателей;
- обеспечение низкого уровня заметности в радиолокационном, тепловом и оптическом диапазонах без ухудшения летно-технических и маневренных характеристик самолета;
- обеспечение круговой обороны самолета, включающей системы обнаружения, сопровождения и целеуказания средствам радиоэлектронной и огневой (ракетной) обороны;
- создание высокоточного всепогодного оружия «воздух–земля» низкой стоимости и всенаправленных ракет «воздух–воздух» с автономными системами самонаведения.

### *Авиация поддержки сухопутных войск*

Анализ военных конфликтов последних лет и результаты прогнозов указывают на возрастание роли огневой поддержки штурмово-

---

<sup>1</sup> Вестник авиации и космонавтики (2002–2003).

виков (типа А-10, Су-25), вертолетов (АН-64, Ми-24, Ми-28, Ка-50) в условиях контактных боев подразделений сухопутных войск<sup>1</sup>. Их применение при использовании высокоточного оружия позволяет существенно снизить людские потери. По мнению военных экспертов, в перспективе можно ожидать резкого сокращения контактных сражений и использования прицельного огня дальней артиллерии и авиации для уничтожения живой силы и техники противника.

Основными проблемами развития авиации поддержки сухопутных войск являются:

- сокращение времени реакции подразделений авиации с момента получения данных от авианаводчика (находящегося в составе сухопутного подразделения) до нанесения удара по цели<sup>2</sup>;

- обеспечение обнаружения, опознавания и поражения замаскированных целей круглосуточно и в сложных погодных условиях (для этого необходимо создание интегрированной системы прицеливания и управления вооружением, включающей радиолокационную станцию (РЛС), встроенные инфракрасный и оптический каналы с лазерным дальномером и приемником целеуказания с датчиками, расположенными на гиростабилизированных платформах; перспективная система навигации наряду с инерциальными системами должна обеспечивать коррекцию от спутниковой системы навигации (GPS));

- переход к системе засекреченной связи, противодействующей целенаправленным авиационным ударам противника (ложные наводки и целеуказания, направления в засады и зоны интенсивной ПВО);

- обеспечение живучести авиации непосредственной поддержки в условиях массированного применения стрелкового иносимого ракетного оружия, в том числе крупнокалиберных пулеметов, гранатометов, зенитных пушек, ракет типа «Стингер» (за счет бронирования кабины и жизненно важных отсеков, а также применения ложных тепловых целей и средств радиоэлектронного противодействия).

---

<sup>1</sup> Техническая информация ЦАГИ. – 2000–2004. – (Сер. «Авиационная и ракетная техника»).

<sup>2</sup> Независимое военное обозрение. – М., 2001–2004.

Одним из направлений развития авиации поддержки сухопутных войск является разработка комбинированных и преобразуемых в полете скоростных винтокрылых ЛА вертикального взлета и посадки (СВЛАВП) на основе достижений в области аэродинамики, динамики полета, конструкционных материалов, силовых установок, систем управления. Преобразуемые СВЛАВП сочетают в себе достоинства вертолета (вертикальные взлет и посадка) и самолета (большая скорость в горизонтальном полете, достигающая у аппаратов с поворотными несущими винтами 600–650 км/ч, а при использовании схемы с останавливающимся в полете двухлопастным несущим винтом, который в крейсерском полете выполняет роль несущей поверхности, 740 км/ч).

### ***Беспилотные летательные аппараты***

Начиная с 60-х годов во многих странах, в том числе США, Англии, Канаде и других, ведется разработка беспилотных (БПЛА) или дистанционно пилотируемых ЛА (ДПЛА)<sup>1</sup>.

Рядом аналитических центров США проведены исследования, в результате которых сформирована принципиально новая концепция глобальной разведывательной системы, основанной на ДПЛА различных типов. В соответствии с ней ДПЛА должны входить в единый комплекс глобального наблюдения, образуемый атмосферными ЛА и разведывательными спутниками. Этот комплекс оказывается значительно более дешевым и эффективным, чем пилотируемые авиационно-космические средства.

Преимущества беспилотных ЛА перед пилотируемыми заключаются в следующем:

- исключение потерь в живой силе при поражении ЛА системой противовоздушной обороны;
- возможность длительного барражирования над территорией противника при осуществлении наблюдения и разведки (до 24 и более часов);

---

<sup>1</sup> Техническая информация ЦАГИ. – 2000–2004. – (Сер. «Авиационная и ракетная техника»).

- меньшие вес и соответственно стоимость аппарата за счет отсутствия летчика и соответствующих систем жизнеобеспечения, защиты и спасения;
- отсутствие кабины летчика и секторов визуального обзора, что обеспечивает преимущества в компоновке и снижение заметности;
- более высокие маневренные возможности ЛА по сравнению с пилотируемым (в два раза и более);
- значительно меньшие объем и вес бортового оборудования за счет исключения системы визуализации, рычагов управления и связанной с летчиком системы обработки информации на борту;
- существенно упрощенные системы обеспечения взлета ЛА;
- намного меньшие затраты на подготовку операторов ДПЛА по сравнению с подготовкой летного состава;
- значительное сокращение затрат (до пяти раз) на техническое обслуживание ЛА в течение всего жизненного цикла.

Эти преимущества характеризуют БПЛА как наиболее эффективное средство воздушной разведки, в первую очередь районов противника с развитой системой противовоздушной обороны.

БПЛА имеют также ряд преимуществ перед космическими средствами, в том числе:

- внезапность, в отличие от орбитальных космических спутников наблюдения и разведки, появление которых в заданных районах может быть заранее определено;
- непрерывность наблюдения заданных районов в течение длительного времени;
- возможность обеспечения детальной разведки с высокой степенью разрешения за счет более низкой высоты полета;
- всепогодность применения за счет тепловизионных систем высокого разрешения и возможности изменения высоты полета при наличии облачности;
- более низкая стоимость аппаратов, систем связи и обеспечения;
- возможность применения огневых средств поражения одновременно со средствами разведки на ЛА.

Благодаря этим преимуществам появляется возможность поражения подвижных целей (в том числе по схеме «камикадзе») при

передаче данных с ДПЛА на пункт управления в реальном режиме времени.

С функциональной точки зрения создаваемые комплексы ДПЛА принято делить на две категории: разведывательные (информационные) и многоцелевые.

Информационные ДПЛА предназначены для наблюдения и разведки. Важнейшим требованием для этих комплексов является размещение на борту средств получения информации о целях, передачи ее на пункт управления, приема команд траекторного управления и изменения режимов датчиков информации. Как правило, разрабатываемые комплексы включают широкополосные линии связи, обеспечивающие передачу полученной на борту аппарата видеинформации на пункт управления для ее дешифрования и обработки в режиме времени, близком к реальному.

Многоцелевые ДПЛА, наряду с разведкой, реализуют ряд дополнительных функций, включая постановку помех РЛС и линиям связи, ретрансляцию сигналов связи, корректировку огня и целеуказание. Они могут использоваться также в качестве ложных целей и мишенией. В ряде проектов рассматриваются ДПЛА, обеспечивающие поражение наземных и надводных целей с применением управляемого и неуправляемого оружия, а также для минирования местности в противолодочных операциях. В последние годы в планах научно-исследовательских работ рассматривается возможность создания беспилотных истребителей, обеспечивающих поражение самолетов и баллистических ракет за счет высокой маневренности (с перегрузками до 20 g и более), малой заметности и применения лазерного и обычного оружия малой дальности. Проводятся также исследования по проектам военно-транспортных беспилотных самолетов. Кроме военных задач многоцелевые ДПЛА ориентированы на гражданское применение. В частности, они могут использоваться для патрулирования, обнаружения пожаров, обследования мест крупных аварий, разведки рыбы, охраны побережья от контрабандистов и т.д. При этом, естественно, возрастают функции и объемы специального оборудования на ДПЛА и соответственно габариты и вес аппаратов в целом.

По своему назначению ДПЛА делятся на стратегические, оперативные, тактические.

Стратегические ДПЛА выполняют функции наблюдения и

разведки в условиях неподавленной системы ПВО над большими территориями в течение длительного времени. При непрерывном наблюдении (до 20–30 часов) используется высотный режим полета (свыше 20 км) при малой заметности аппаратов. Их информация необходима в первую очередь при разработке планов стратегических наступательных операций с массированным применением ракет. Классическим примером такого ДПЛА являются большие ДПЛА весом более 2000 кг, например, созданный в США комплекс «Глобал Хоук» и разрабатываемый «НАЕ».

Оперативные и оперативно-тактические ДПЛА предназначены для разведки районов боевых действий глубиной в сотни километров. Информация этих ДПЛА используется для планирования операций по изоляции районов боевых действий и поражения резервов. Особую важность представляет информация о подвижных целях и местах дислокации войск и боевой техники, а также ее передача на пункты управления в реальном режиме времени. Примерами таких комплексов являются средние ДПЛА весом более 200 кг типа «НЭТ», «Предайтор» (США).

Тактические ДПЛА предназначены в первую очередь для разведки и наблюдения поля боя и обеспечения в реальном режиме времени целеуказания ударным средствам для поражения подвижных целей и бронированной техники на марше. В условиях фронтовой ПВО эти аппараты должны иметь низкую заметность, малые габариты и высокую маневренность. К таким аппаратам относятся малоразмерные (мини) ДПЛА весом до 200 кг, например, «Хантер», «Аутрайдер» (США), «Фоке» (Франция) и др.

Приоритетными направлениями работ в области разведывательных ДПЛА в настоящее время считаются:

- обеспечение ударных систем оперативной информацией о тактической обстановке и целях в реальном режиме времени;
- использование разведывательных данных для применения высокоточного оружия;
- создание разведывательно-ударных систем, синхронизация действий ударных и разведывательных средств;
- усовершенствование (обеспечение скрытности) и расширение диапазона систем передачи данных в реальном режиме времени;
- расширение и усовершенствование средств загоризонтной связи.

В частности, в настоящее время в США по разведывательным и многоцелевым ДПЛА ведутся работы более чем по 20 программам, в том числе: микро-ДПЛА, сверхлегкий тактический, беспилотный истребитель X-36, высотные ДПЛА длительного наблюдения сверхбольшой дальности, ДПЛА длительного наблюдения солнечными источниками энергии и др.<sup>1</sup>.

Управление перспективных исследований при министерстве обороны США осуществляет также программу MAV (Micro Air Vehicles), предусматривающую разработку и экспериментальную отработку технологий, позволяющих создавать различные типы разведывательных микро-БПЛА. Такие ЛА должны действовать в чрезвычайно стесненных пространствах: городские кварталы, внутренние помещения зданий, джунгли и т.д. Внутрь помещений они должны проникать по вентиляционным магистралям. Микро-БПЛА, размеры которых не должны превышать размеры колибри или стрекозы, предполагается оснащать видеокамерами для передачи изображения. В 1997 г. девять фирм приступили к исследованиям по микро-БПЛА. В Министерстве обороны США были выработаны требования к таким ЛА: максимальные габариты не должны превышать 152 мм, они должны выполнять полет на расстояние 10 км с максимальной скоростью 65–75 км/ч и находиться в зоне патрулирования от 20 мин. до 2 часов. Микро-БПЛА должны запускаться с руки солдата с помощью кассетных боеприпасов или пилотом с борта ЛА. Они предназначены для ведения разведывательных операций, поиска целей, установки регистрирующих датчиков, обеспечения радиосвязи и выявления зон, опасных для людей.

В конструкции перспективных БПЛА предполагается использовать композиционные материалы, которые при повреждениях смогут самовосстанавливаться, а так же программное обеспечение, способное при отказах каких-либо систем выбирать альтернативные алгоритмы управления для продолжения полета. К 2027 г. могут быть созданы БПЛА, конфигурация которых (размах и стреловидность крыла, размеры фюзеляжа и оперения) в зависимости от режима полета будет меняться. Значительные изменения ожидаются в наземных средствах управления. Вместо больших передвижных фургонов, внутри которых размещаются операторы,

---

<sup>1</sup> Независимое военное обозрение. – М., 2001–2004.

появятся индивидуальные комплекты, работа которых будет основана на сигналах от нервно-мускульной системы человека. Визуальная информация с борта БПЛА будет передаваться на нашлемный дисплей.

В число приоритетных задач в области создания перспективных БПЛА, которые намечено решить в последующие 25 лет, входят следующие:

- разработка и принятие на вооружение боевого беспилотного самолета (ББС), предназначенного для выполнения ударных операций и подавления системы ПВО (закупка таких ЛА предусмотрена в 2010 г.);

- демонстрация возможности использования БПЛА для ведения радиоэлектронной войны (предполагается, что эту задачу можно осуществить до 2008 г.);

- разработка для армии к 2007 г. легкого тактического БПЛА с двигателем мощностью 40–60 л.с., работающим на тяжелом топливе и имеющим удельную мощность 0,45 л.с./кг;

- демонстрация в 2005 г. возможности передачи с борта БПЛА телевизионного изображения сверхбольшого разрешения;

- создание в 2006 г. автоматической системы обмена информацией между БПЛА, что позволит быстро идентифицировать неподвижные и подвижные цели и осуществлять их поражение;

- доведение ежегодного числа летных происшествий с БПЛА до десяти на 100 тыс. летных часов к 2008 г. и до пяти к 2015 г.

Эксперты полагают<sup>1</sup>, что на будущих БПЛА будет использоваться высокоэнергетическое микроволновое оружие, с помощью которого можно будет вывести из строя электронные системы средств контроля и управления вооруженными силами. БПЛА смогут нести также небольшие усовершенствованные корректируемые авиабомбы (калибром 113 кг с точностью попадания не более 5 м), способные пробивать бетонные перекрытия толщиной 1,5 м и вызывать разрушения, сопоставимые с разрушениями от бомбы калибром 910 кг.

---

<sup>1</sup> Независимое военное обозрение. – М., 2001–2004.

## *Ракетное оружие*

Ракетному вооружению отводится ведущая роль в будущих военных конфликтах. Предполагается, что ракеты с неядерными боевыми частями смогут решить задачи поражения боевой техники, изоляции поля боя, нанесения непоправимого ущерба военно-производственному потенциалу государств при минимальных потерях в живой силе и минимальном ущербе для мирного населения стран – участников военного конфликта.

В настоящее время большое внимание страны --создатели ракетного оружия уделяют развитию крылатых ракет большой дальности воздушного и морского базирования, тактических ракет средней дальности воздушного базирования, управляемых авиационных бомб.

## *Крылатые ракеты*

Развитие крылатых ракет (КР) большой дальности обеспечивается в основном путем модификации созданных ранее крылатых ракет с ядерными боевыми частями. При этом вносятся изменения в конструкцию планера, силовой установки и систему наведения стратегических крылатых ядерных ракет. Например, фирмой «Боинг» предполагается применить новые материалы на основе сочетания алюминиевых сплавов и композиционных материалов, усовершенствованный и экономичный турбореактивный двухконтурный двигатель (ТРДД), миниатюрные электронные системы, а также повысить уровень технологичности производства. Эффективная отражающая поверхность такой ракеты может быть обеспечена на уровне менее 0,05 кв. м при стоимости 600 тыс. долл.

Важнейшей проблемой создания крылатых ракет с неядерными боевыми частями (БЧ) является обеспечение высокой точности наведения. Ядерные крылатые ракеты осуществляют полет к цели с помощью инерциальной системы, корректируемой через определенные промежутки времени с помощью корреляционной системы навигации по карте рельефа местности «ТЕРКОМ», что обеспечивает точность наведения порядка 100 м. Для уменьшения ошибок наведения до десятков метров требуется применение систем самонаведения, основанных на сравнениях эталонного и опти-

ческого (тепловизионного) реального изображения местности в районе цели или образа цели. Для этого в крылатых ракетах применяется цифровой оптический коррелятор типа DSMAC (Digital Scene Matching Area Corrector), который включает преобразованное в цифровую форму изображение цели или района цели (эталон), оптическую или тепловизионную систему обзора, импульсный источник света для подсвета местности при ночном применении и цифровую систему сравнения (корреляции) реального и эталонного изображений (подобные системы используются в США на ракетах «Томагавк» и др.).

Серьезную проблему при применении крылатых ракет большой дальности представляет подготовка полетных (боевых) заданий, включающая: карту рельефа местности, над которой проходит ракета (по ней выбираются и преобразуются в цифровую форму зоны коррекции по рельефу); фото- или тепловизионные изображения района местности с образом цели в цифровой форме; профиль полета ракеты по маршруту с учетом огибания рельефа и обхода зон ПВО; выбор скорости полета, режимы скороподъемности и пикирования, время прибытия на цель. Подготовка данных для полетных заданий занимает длительное время, причем информация обеспечивается разведывательными спутниками и воздушной разведкой. Обработка разведывательных данных, прокладка маршрутов полета, уточнение координат и образов целей обеспечивается специальными центрами вооруженных сил. Все это практически исключает применение таких ракет по оперативно обнаруживаемым и нестационарным целям. Поэтому сокращение времени и объема работ по подготовке боевых заданий и обеспечение их соответствия существующим в данный момент требованиям является одной из важных проблем применения крылатых ракет<sup>1</sup>.

### *Тактические ракеты*

Развитие тактических ракет «воздух–земля» нацелено: на увеличение дальности полета до 300 км, обеспечивающей пуск ракеты вне объектовой зоны ПВО цели; на увеличение поражающей способности ракеты за счет повышения веса (до 400 кг, при

---

<sup>1</sup> Независимое военное обозрение. – М., 2001–2004.

стартовом весе ракеты 1100 кг) и эффективности боевой части; на повышение точности наведения ракеты за счет комплексирования систем инерциальной, спутниковой навигации и тепловизионной головки самонаведения (ГСН) с целеуказанием от носителя по видеозображению, передаваемому от ГСН на носитель.

Основными направлениями НИОКР при создании перспективных тактических ракет являются совершенствование аэродинамики, конструкции планера, повышение технологичности, улучшение экономичности двигательных установок, увеличение дальности самонаведения, обеспечение всепогодности применения ракет, уменьшение массогабаритных характеристик, а также снижение заметности с целью применения ракет с фронтовых самолетов в условиях развитой системы ПВО<sup>1</sup>.

### ***Управляемые авиационные бомбы***

В последнее время в США все большее внимание уделяется созданию новых управляемых авиационных бомб, в которых сочетаются высокая поражающая способность боевых частей обычных бомб и точность наведения на цель управляемых ракет «воздух–земля». Отсутствие двигателя и топлива позволяет обеспечить управляемой бомбе доставку к цели боевой части, составляющей 0,7–0,9 от стартовой массы бомбы, вместо 0,2–0,5 у ракеты. Использование в качестве системы управления спутниковой системы GPS позволяет обеспечить автономное всепогодное применение бомб с точностью до единиц метров (применение систем оптического и лазерного самонаведения на оперативно-тактических ракетах «земля–земля», артиллерийских снарядах и минах позволило уже в настоящее время обеспечить точность попадания в цель на уровне 1–2 м). При этом значительно (на порядок) снижается стоимость оружия (по сравнению с управляемыми ракетами).

Среди проблем, требующих решения, важнейшими являются повышение помехозащищенности системы наведения и увеличение дальности сброса бомбы<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Научно-техническая информация / НИЦ ГосНИИАС. – 2001–2003. – (Сер. «Авиационные системы»).

<sup>2</sup> Независимое военное обозрение. – М., 2001–2004.

## *Бортовые средства радиоэлектронной борьбы*

Перспективные средства радиоэлектронной борьбы (РЭБ) должны быть частью интегрированной информационной системы ЛА. С их помощью предполагается осуществлять оперативную обработку всей поступающей на борт информации, ускоренный анализ текущей обстановки, классификацию угроз, высокоскоростной прогноз развития ситуации. По результатам расчетов принимаются наиболее эффективные меры противодействия.

Главной тенденцией развития средств РЭБ является повышение информированности об окружающей обстановке на основе новейших информационных оптико-электронных, лазерных, радиолокационных систем (в частности, приемников предупреждения о радиолокационном облучении, инфракрасных (ИК) систем предупреждения о пуске и приближении ракет противника, систем радиолокационного обзора ближней зоны и др.)<sup>1</sup>.

В настоящее время развитие бортовых информационных систем происходит в следующих направлениях:

- расширение диапазона частот;
- повышение быстродействия в обработке принимаемой информации;
- повышение эффективности обнаружения опасных источников излучения слабой мощности в насыщенной радиолокационной обстановке;
- повышение точности измерения углового положения источника излучения методом малобазового (с одного самолета) и широкобазового (с группы самолетов) приема;
- создание информационных систем обзора ближней зоны самолета для предупреждения об атакующих ракетах на основе импульсно-допплеровских РЛС с радиусом действия до 10 км;
- разработка пассивных, полуактивных и активных информационных оптико-электронных систем повышенной точности угловых разрешений;
- дальномерирование и скрытность работы;

---

<sup>1</sup> Jane's Defense Weekly, 2002.

– повышение защиты оптико-электронных систем от искусственных и ложных ИК-излучений с переходом в ультрафиолетовый диапазон частот;

– комплексирование тепловизоров (в диапазоне 3–12 микрон) и радиолокаторов миллиметрового диапазона, обеспечивающее существенное повышение устойчивости системы к средствам противодействия (с целью исключения воздействия на систему металлизированных ложных целей) [9].

Разработка перспективных средств радиоэлектронного подавления нацелена на обеспечение:

- подавления радиоэлектронных средств системы ПВО;
- внешнего помехового прикрытия группы самолетов;
- индивидуальной защиты самолетов;
- помех средствам коммуникаций в комплексах ПВО<sup>1</sup>.

В области бортовых средств РЭБ большое значение придается:

- комплексированию средств РЭБ и других радиоэлектронных систем;
- созданию средств защиты самолетов от ракет с ИК-головками самонаведения, буксируемых ловушек и др.

Например, буксируемые ловушки представляют собой вынесенный передатчик с миниатюрной лампой бегущей волны, на который с борта защищающегося самолета подается модулирующий сигнал по легкому оптоволоконному кабелю. Такая возвращаемая ловушка имеет сравнительно невысокую стоимость (до 30 тыс. долл.) и обладает высокой эффективностью защиты, осуществляя перенацеливание радиоуправляемых ракет.

### ***Разведывательные системы***

Военные конфликты в Ираке и Югославии показали решающую роль глобальной авиационно-космической системы разведки в обеспечении успешного применения оружия по стационарным целям. В то же время была обнаружена ее недостаточная эффективность при разведке мобильных, малоразмерных и тщательно маскируемых целей. Были выявлены также серьезные про-

---

<sup>1</sup> Научно-технический отчет по МАКС (2001 г., 2003 г.). – Жуковский: ЗАО «Авиасалон».

блемы обеспечения всепогодности, круглосуточности и непрерывности разведки в районах боевых действий. Для устранения этих недостатков предполагается применение на разведывательных самолетах и спутниках радиолокационных систем с синтезированием апертуры (PCA)<sup>1</sup>, которые основаны на цифровой обработке радиосигналов с использованием данных навигационной системы ЛА и позволяют обеспечить разрешение, близкое к оптическим системам, вне зависимости от условий освещенности, времени суток и метеообстановки, на большой дальности и в широкой полосе обзора (в режиме съемки местности системы PCA обеспечивают получение радиолокационного изображения с разрешением менее 1 м, а в режиме автоматической селекции движущихся целей определяют параметры движения объектов, перемещающихся со скоростью свыше 4 км/ч).

РЛС с синтезированием апертуры планируется устанавливать на беспилотные ЛА и пилотируемые самолеты в сочетании с тепловизорами, системами лазерного дальномерирования и целеуказания, что позволит обеспечить непрерывное наблюдение за полем боя и заданными районами.

При развитии воздушно-космической разведывательной системы большое внимание уделяется разработке средств пассивной радиотехнической разведки, обеспечивающих обнаружение, классификацию и определение координат радиолокационных станций, центров связи и управления. С этой целью проводятся работы по повышению уровня избирательности, точности пеленгации, определения координат излучающих объектов и передачи данных ударным средствам в реальном режиме времени.

Серьезное внимание уделяется работам по интегрированию данных различных систем разведки в единую всеобъемлющую информационную базу данных, доступную всем видам войск и недоступную противнику. Такое информационное поле (сеть) – «инфосфера» – позволит повысить достоверность разведки за счет комплексирования данных различных источников и оперативной передачи их ударным средствам. Кроме того, с ее помощью будет решена также проблема оперативной и достоверной оценки ре-

---

<sup>1</sup> Научно-техническая информация / НИЦ ГосНИИАС. – 2001–2003. – (Сер. «Авиационные системы»).

зультатов воздействия ударных средств по стационарным и подвижным целям.

Расширяющееся применение высокоточного оружия, нацеленное на точечное поражение критических элементов, ключевых компонентов и малоразмерных объектов, обеспечивающее прекращение функционирования сложных пространственно-распределенных целей ( заводов, электростанций, центров управления, коммуникаций и т.д.), требует использования в разведывательных системах технологий создания трехмерных многоспектральных моделей целей. Получаемые с их помощью образы целей могут быть использованы в информационных системах высокоточного оружия для сравнения с реальной наблюдаемой картиной и самонаведения высокоточного оружия на указанные в образе цели точки.

Необходимость поражения мобильных и движущихся целей, в частности бронетехники, ставит перед разработчиками проблему обеспечения минимального запаздывания при использовании результатов разведки для применения средств огневого поражения. В связи с этим ведется разработка разведывательно-ударных комплексов в составе разведчика (самолета, вертолета, ДПЛА) и ударных средств (истребителей-бомбардировщиков, боевых вертолетов, артиллерии), непосредственно взаимодействующих в условиях боя с передачей целеуказания огневым средствам в реальном режиме времени, а также многофункциональных комплексов, обеспечивающих разведку и поражение с самого носителя, в том числе с БПЛА.

### *Системы противовоздушной обороны*

В перспективных локальных конфликтах основными ударными средствами являются малозаметные крылатые, баллистические ракеты и скоростные тактические ракеты «воздух–РЛС». Поэтому важнейшей задачей комплексов ПВО становится поражение этих средств нападения.

На решение этой задачи направлены работы по модернизации наиболее совершенных в настоящее время комплексов зенитных ракет (ЗР) типа «Патриот» (США). Основные усилия при этом направляются на увеличение дальности обнаружения и поражения нападающих ракет, повышение точности наведения и эффективно-

сти действия боевых частей ЗР. Одновременно решаются проблемы борьбы с массированными авиационными ударами по системе ПВО путем обеспечения загоризонтного поражения комплексом ЗР самолетов стратегической бомбардировочной и ударной фронтовой авиации на дальностях до 400 км (т.е. до пуска ими ракет «воздух–РЛС»)<sup>1</sup>. Такие системы обеспечат преимущество комплексов ЗР над ударными самолетами в дуэльной ситуации.

Важнейшей проблемой обороны является борьба с разведывательной космической группировкой. При этом наряду с использованием средств радиоэлектронной борьбы и дезинформации должна решаться задача поражения разведывательных спутников. Первый опыт поражения космического аппарата был осуществлен истребителем спутников в Советском Союзе в августе 1970 г. [1]. Позднее работы по созданию комплекса противоспутниковой обороны были прекращены. Подобные работы проводились фирмой «Боинг» в США. Экспертные оценки показывают, что разведывательная космическая группировка может быть выведена из строя несколькими спутниками-истребителями. Одним из возможных направлений решения этой задачи в настоящее время считается создание пилотируемого космического самолета, являющегося второй ступенью в системе многоразового авиационно-космического комплекса.

Для решения задач противоракетной обороны планируется также применение и авиационных средств. В США на базе большегрузного гражданского самолета Боинг-747 создается система оружия, предназначенная для поражения тактических баллистических ракет над территорией противника с помощью химического лазера большой мощности (предполагается, что парк из семи самолетов может быть развернут в 2007–2009 гг.; исследуется возможность использования таких самолетов и для поражения низколетящих крылатых ракет и ракет класса «земля–воздух»)<sup>2</sup>.

Ожидается, что развитие твердотельных лазеров в направлении уменьшения размера и энергопотребления позволит применять их на самолетах меньших размеров в целях их обороны от атакующих ракет. На исследовательском уровне проводятся также работы

---

<sup>1</sup> Научно-технический отчет по МАКС (2001, 2003 гг.). – Жуковский: ЗАО «Авиасалон».

<sup>2</sup> Независимое военное обозрение. – М., 2001–2004.

по созданию авиационного оружия направленной энергии других видов (например, микроволнового оружия, способного вывести из строя радиоэлектронное оборудование командных пунктов, ЛА, наземной военной техники и т.п.).

## *Авионика*

В настоящее время передовые позиции в авионике занимают США, где в течение последних двух десятилетий ее развитие идет по специальным программам (DIAS, Pave Pillar, Pave Pace)<sup>1</sup>. В процессе реализации этих программ были разработаны основные принципы выбора архитектуры, составных элементов и методика создания бортового оборудования боевых самолетов, обеспечивающие переход к централизованной высокointегрированной открытой масштабируемой модульной архитектуре на супермультипроцессорах и единой унифицированной сети передачи данных, включающие:

- унифицированную бортовую сеть, обеспечивающую высокую скорость передачи информации, малую задержку в передаче, разделяемую память, масштабируемость, передачу информации на большие расстояния, вычисления в реальном времени при сравнительно невысокой стоимости;
- мультипроцессорный суперкомпьютер, обеспечивающий обработку сигналов, данных, изображений, реализацию алгоритмов искусственного интеллекта;
- интегрированную обработку информации от различных датчиков на основе общих цифровых и аналоговых модулей;
- применение передовых технологий в источниках питания и средствах охлаждения;
- передовые технологии разработки программного обеспечения и технического обслуживания;
- единый унифицированный интерфейс, обеспечивающий связи между модулями, блоками, датчиками и дисплеями, гибкость при использовании различных вычислительных систем, открытость при наращивании функциональных и приборных возможностей.

---

<sup>1</sup> Техническая информация ЦАГИ. – 2000–2004. – (Сер. «Авиационная и ракетная техника»).

## **Перспективные направления развития технологий создания гражданской авиационной техники в ведущих странах мира**

В связи с резким обострением конкуренции на рынке гражданской авиационной техники среди фирм ведущих авиационных держав – США, стран Европы и России – конкурентоспособность новых типов гражданских самолетов и вертолетов в долгосрочной перспективе может быть обеспечена только на основе внедрения новейших научных и технологических достижений в конструкцию, силовые установки, информационные и управляющие системы ЛА, постоянного совершенствования организации и технологии их эксплуатации и ремонта.

Анализ тенденций развития гражданской авиации показывает, что основными задачами, стоящими перед разработчиками нового поколения ЛА, являются дальнейшее улучшение их экономичности и экологических параметров, а также повышение безопасности. За рубежом, главным образом в США и Европе, сформированы взгляды на пути развития гражданской авиационной техники и определены цели, к которым следует стремиться. Еще в 1997 г. в США специалистами Американского национального управления по аeronautике и исследованию космического пространства (National Aeronautics and Space Administration – NASA) был подготовлен концептуальный документ под названием «Авиация и космическая техника: Три столпа успеха»<sup>1</sup>. В нем не только раскрываются глобальные направления развития научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, но и приводятся количественные характеристики, которых необходимо достичь до 2020 г. Из трех разделов этого документа (они называются «столпами», на которых базируется развитие авиационно-космической промышленности США) авиации посвящены два.

Первый раздел касается перспектив развития гражданских ЛА. В нем отмечается, что если до середины 70-х годов США были лидером в мировом производстве пассажирских самолетов, то

---

<sup>1</sup> Three Pillars for Success. NASA's Response to Achieve the National Priorities in Aeronautics and Space Transportation. Message from the NASA Administrator. Daniel S. Goldin. – USA, March, 1997.

сейчас этому лидерству угрожает Европа в лице фирмы «Эрбас», самолеты которой пользуются все большей популярностью. Поэтому американская промышленность и NASA должны использовать весь спектр перспективных технологий, чтобы сделать магистральный самолет более безопасным, экологически чистым и комфортабельным. NASA поставило целью снизить в ближайшие 10–20 лет коэффициент аварийности в пассажирской авиации в 5–10 раз, эмиссию двигателей в 3–5 раз, уровень шума в 2–4 раза. Рост воздушных перевозок потребует значительного увеличения мирового парка магистральных самолетов, в результате чего число вылетов и посадок резко возрастет. В NASA полагают, что необходимо разработать такие технологии, которые обеспечили бы требуемый уровень безопасности при увеличении пропускной способности системы воздушного транспорта в 3 раза.

Вторым «столпом» являются технологии, позволяющие не только осуществить революционные изменения в области авиационной техники, но и открыть новые сегменты мирового авиационного рынка. Одним из них может стать рынок сверхзвуковых перевозок. Хотя сейчас в США работы по сверхзвуковому пассажирскому самолету (СПС) нового поколения прекращены и официально не финансируются, тем не менее поиски технологий для такого ЛА продолжаются. В частности, ведутся исследования сверхзвукового административного самолета. При этом необходимо решить ряд сложных задач, которые обеспечат его общественное признание. Например, нужны малошумные и экологически чистые двигатели, дешевые материалы и конструкции, обеспечивающие экономическую эффективность самолета. Его облик и аэродинамика должны способствовать снижению звукового удара. Перспективные технологии и конструктивные решения должны отрабатываться с помощью экспериментальных ЛА серии «Х». Такие аппараты созданы и активно используются.

В бюджетах NASA на исследования в области авиационной техники ежегодно выделяются сотни миллионов долларов, в частности в бюджете на 2004 финансовый год ассигновано более 1 млрд. долл. Значительные суммы выделяют из своих средств фирмы. Например, фирма «Боинг» ежегодно тратит порядка 1 млрд. долл. на авиационные НИОКР (с учетом военных ЛА).

В январе 2001 г. руководство 15 ведущих европейских авиаи-

онно-космических фирм и научных центров опубликовало специальный доклад «Европейская авиация: Взгляд в 2020 г.»<sup>1</sup>, где было заявлено о серьезных намерениях относительно развития гражданской авиационной науки и техники, главным образом за счет объединения усилий стран ЕС в области научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Представляя доклад, председатель Европейской комиссии по науке и технике Филипп Бюскен заявил: «Европа намерена не только добиться паритета с Америкой, но и сказать собственное слово в области безопасности, экологии и комфорта воздушного транспорта». В этом докладе определена стратегия развития авиационной отрасли в странах ЕС до 2020 г. В нем подчеркивается, что если Европа хочет остаться лидером на мировом рынке гражданской авиационной техники, то она не может себе позволить распылять материальные и интеллектуальные ресурсы по национальным программам НИОКР, которые дублируют друг друга и практически не координируются. В докладе говорится, что для сохранения позиций Европе необходимо до 2020 г. ассигновать на НИОКР по гражданской авиационной технике из государственных и частных источников не менее 100 млрд. евро. Если при разработке ЛА прежних поколений конструкторы работали под девизом «выше, дальше и быстрее», то в настоящее время основным должен стать девиз «доступность, безопасность и экологичность».

Среди главных целей, которые предполагается достигнуть к 2020 г., были названы следующие:

- уменьшение в пять раз среднего коэффициента аварийности в гражданской авиации;
- значительное снижение роли человеческого фактора как причины аварийности;
- снижение на 50% уровня воспринимаемого шума;
- уменьшение на 50% уровня эмиссии углекислого газа и на 80% эмиссии окислов азота в пересчете на один пассажирокилометр;
- создание системы управления воздушным движением, которая сможет ежегодно обеспечивать 16 млн. вылетов (при круг-

---

<sup>1</sup> European Aeronautics: A Vision for 2020. Meeting Society's Needs and Winning Global Leadership. Report of the Group of Personalities. – Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2001. – Jan.

лосуточной работе аэропортов) и эффективно использовать воздушное пространство Европы;

– обеспечение 99%-ной регулярности эксплуатации (с учетом задержки вылета или прилета не более чем на 15 мин.) в любых погодных условиях;

– сокращение времени пребывания пассажиров в аэропорту до 15 мин. до вылета для маршрутов малой протяженности и 30 мин. для маршрутов большой протяженности.

В докладе отмечалось, что при разработке пассажирских самолетов нового поколения необходимо использовать не только наиболее передовые научно-технические достижения, но и учитывать социальные требования. Не исключается, что в будущем будут созданы пассажирские самолеты, способные перевозить 1000 человек и более. Европейская авиационная промышленность (АП) должна быть готова к разработке сверхзвукового пассажирского самолета нового поколения, а также самолетов вертикального взлета-посадки (СВВП). Особо в докладе подчеркивается возможность появления пассажирских самолетов, выполненных по схеме «летающее крыло».

Предлагается создать Европейский совет по авиационным НИОКР, состоящий из 20–30 членов, обладающих «высокой квалификацией и широтой взглядов». Совет должен разработать и принять стратегические направления работ, корректируя их каждые два года, координировать деятельность фирм, научных организаций, институтов, вырабатывать рекомендации по финансированию НИОКР и оценивать полученные результаты, разрабатывать политику в области обучения и подготовки авиационных научных и технических кадров.

Необходимо подчеркнуть, что с 1983 г. странами – членами ЕС уже осуществляются четырехлетние рамочные программы НИОКР в области авиации и космонавтики. На пятую программу (1999–2002) правительства выделили 700 млн. евро; такая же сумма ассигнована по линии ЕС. В 2002 г. была принята шестая рамочная программа НИОКР на 2003–2006 гг.

Были сформированы приоритетные направления по разработке и освоению новейших авиационных технологий в области гражданской авиации и в российской АП:

– разработка методов и средств повышения аэродинамиче-

- ского качества ЛА;
- обеспечение экономичности и экологической безопасности авиационных двигателей;
  - разработка информационно-цифровых технологий, включая системы CALS;
  - совершенствование методов и средств повышения безопасности и регулярности полетов;
  - снижение стоимости ЛА, систем, агрегатов и средств обеспечения эксплуатации в течение всего жизненного цикла;
  - совершенствование средств обеспечения комфорта пассажиров;
  - создание и внедрение новейших материалов, в том числе композиционных;
  - совершенствование методов и средств повышения ресурса и надежности ЛА, силовых установок и бортовых систем;
  - интеграция бортового радиоэлектронного и общесамолетного оборудования;
  - снижение веса и уменьшение габаритов всех составных частей самолетов и вертолетов [7].

### *Программы развития магистральных и региональных самолетов*

Магистральные реактивные самолеты охватывают диапазон пассажировместимости более 100 человек и составляют основу парка гражданской авиации. За рубежом магистральные самолеты разрабатывают и производят две компании: «Боинг» (США) и «Эрбас Индастри» (Франция, ФРГ, Великобритания, Испания), между которыми идет жесткая конкурентная борьба за рынки сбыта.

В конце 2000 г. компания «Эрбас Индастри» начала разработку самолета A380 на 555 мест (822 места в более плотной компоновке кресел в пассажирских салонах). A380 намечено ввести в строй в 2006 г., причем прогнозируется производство 1235 пассажирских и 315 грузовых самолетов такого класса в ближайшие 20 лет на сумму 343 млрд. долл. Создание самолетов большой пассажировместимости не только повышает рентабельность перевозок, но и способствует решению одной из основных проблем воздушного транспорта на современном этапе, связанной с перегру-

женностью крупнейших аэропортов.

Использование на самолете A380 перспективных технологий позволит обеспечить снижение эксплуатационных расходов на 15–20% (в пересчете на одного пассажира) и увеличение дальности полета на 10–15% по сравнению с самолетом Боинг B747-400. Самолет спроектирован в соответствии с будущими требованиями по шуму главы 4 ИКАО, которая будет введена в действие в 2006 г. Уровень шума при взлете будет вдвое ниже, чем у самолета Боинг B747-400 при увеличенной на 35% пассажировместимости. Наличие двух палуб позволит обеспечить чрезвычайно высокий уровень комфорта для пассажиров. Кроме пассажирских салонов трех классов (первого, бизнес-класса и экономического) по желанию заказчика на самолете могут быть оборудованы помещения для отдыха, спортивный центр с тренажерами и душем, прогулочное помещение с киосками и барами, отсек для детских игр и т.п. На самолете A380 предполагается использовать новый материал GLARE, который обладает повышенными усталостными и прочностными характеристиками по сравнению с обычными алюминиевыми сплавами и высокой сопротивляемостью пожару. Расчеты показали, что применение нового материала позволяет снизить массу панелей обшивки на 15–20%.

Фирма «Боинг» в свою очередь планирует увеличить вместимость самолета B-747-400 (416 мест) (в модификации Боинг 747XS) до 504–522 мест (660 мест в плотной компоновке).

Следует отметить, что разработки новых моделей магистральных самолетов становятся все более редкими, а их развитие идет в основном по пути создания большого числа модификаций с требуемой вместимостью и дальностью полета посредством увеличения или уменьшения длины фюзеляжа, увеличения запасов топлива, усиления (при необходимости) конструкции, установки двигателей оптимальной тяги и т.п. В настоящее время «Эрбас» и «Боинг» создают самолеты с дальностью беспересадочного полета порядка 16 тыс. км (A340-500, Боинг 777-200LR).

Одновременно с этим в США и Европе проводятся НИОКР, направленные на исследования облика перспективных пассажирских самолетов 2010–2020 гг. В их числе:

– исследования перспективного самолета, выполненного по концепции BWB (Blended Wing Body), которая предусматривает создание тяжелых пассажирских и транспортных самолетов по схеме

«летающее крыло» (первые исследования самолетов типа BWB начала фирма «Макдоннелл-Дуглас» в 1991 г., позднее она провела испытания летающей радиоуправляемой модели; в настоящее время работы по концепции BWB продолжает фирма «Боинг», исследования по концепции BWB направлены на создание в будущем тяжелых транспортных самолетов, например дальнемагистрального самолета на 468 мест с дальностью полета более 15 700 км; крейсерская скорость этого самолета будет соответствовать числу  $M = 0,85$ ; выпуск самолетов типа BWB ожидается в 2010-х годах)<sup>1</sup>;

– разработка дальнемагистрального самолета Боинг 767-«Дримлайнер», который имеет низкорасположенное стреловидное крыло большого удлинения с вертикальными законцовками, силовую установку из двух ТРДД, имеющих степень двухконтурности около 12, степень повышения давления 50 и диаметр вентилятора в диапазоне 2,66–2,92 м; его основные элементы, включая крыло и фюзеляж, будут изготавливаться из усовершенствованных композиционных материалов (КМ); например для крыла предусматривается использование титаново-углеродных КМ, исследования которых показали, что они легче и долговечнее обычных КМ на основе волокон углерода; самолеты предназначены для сегмента рынка, который занимают самолеты Боинг 737-900, 757 и 767, Эрбас A300-600, A310-300, A320 и A321 по пассажировместимости, и самолеты Боинг 747 и 777, Макдоннелл-Дуглас DC-10 и Эрбас A330 и A340 – по дальности полета; исходный вариант самолета, рассчитанный на 250 мест, будет эксплуатироваться на авиалиниях протяженностью 13 300–14 800 км, в будущем могут появиться варианты на 280–300 мест для маршрутов 6500–7000 км, а также варианты с дальностью полета более 16 тыс. км, причем они должны обеспечить непосредственную связь между сотнями пар городов в соответствии с концепцией фирмы «Боинг», предусматривающей отказ от узловых аэропортов в пользу принципа «от двери к двери»; первый полет опытного самолета «Дримлайнер» намечен на 2007 г., сертификация и начало эксплуатации – на 2008 г. с перспективой в течение 20 лет поставить 2500–3000 самолетов.

---

<sup>1</sup> Техническая информация ЦАГИ. – 2000–2004. – (Сер. «Авиационная и ракетная техника»).

Что касается производства турбореактивных и турбовинтовых региональных воздушных судов (вместимость 19–90 человек), то оно доступно многим странам. Ведущие позиции в этой области занимают Канада, Бразилия, США, Франция, Италия, Великобритания, ФРГ. В 2000 г. было поставлено 390 региональных самолетов (280 турбореактивных и 110 турбовинтовых). Канадская компания «Бомбардье» и американо-германская «Фэрчайлд Дорнье» прогнозируют производство более 9000 региональных самолетов к 2020 г. Тенденция последних лет состояла в увеличении доли производства турбореактивных самолетов. Турбореактивные региональные самолеты охватывают диапазон от 30 до 90 и более мест (в последнем случае происходит некоторое пересечение с магистральными самолетами). Развитие региональных воздушных судов также идет в основном по пути создания модификаций, но в группе турбореактивных региональных самолетов ведутся новые разработки<sup>1</sup>.

### *Развитие авиации общего назначения и административных самолетов*

За рубежом видное место занимает так называемая «авиация общего назначения» (АОН), включающая в себя в основном легкие ЛА, которые находятся в личной собственности или принадлежат каким-либо фирмам, компаниям, корпорациям и используются ими в служебных целях (административные или корпоративные ЛА). Численность мирового парка АОН составляет более 300 тыс. самолетов и вертолетов. Самолеты АОН выпускаются с поршневыми, турбовинтовыми и турбореактивными двигателями. Для деловых сообщений все более широкое применение находят турбореактивные административные самолеты (ТРАС). В этой категории ЛА наблюдается наибольший рост числа новых образцов с вместимостью от четырех–пяти до 19 человек и с дальностью полета до межконтинентальной ( $\approx 12$  тыс. км). В прошедшем десятилетии рынок ТРАС интенсивно развивался, на нем были представлены компании США, Канады, Франции, Израиля.

---

<sup>1</sup> Техническая информация ЦАГИ. – 2000–2004. – (Сер. «Авиационная и ракетная техника»).

Развитию АОН особенно большое значение придают в США. НАСА осуществляет ряд исследовательских программ, направленных на повышение безопасности полетов легких самолетов, создание авиационных дизелей и недорогих малоразмерных турбореактивных двигателей и т.д. Планируется, что турбореактивные самолеты будут широко использовать большое число общественных аэропортов и частных аэродромов и это позволит разгрузить крупные узловые аэропорты.

В США и Европе проводятся также работы по сверхзвуковым административным самолетам (САС). Исследования показали, что САС будут экономически приемлемы в том случае, если смогут совершать полеты над сушей (на начальном этапе работ предполагалось, что из-за ограничений по шуму полеты будут выполняться над океанами). В связи с этим необходимо решить проблему снижения интенсивности звукового удара путем выбора соответствующей аэrodинамической компоновки самолета. Без решения сложных технических и экологических проблем программа разработки САС не может получить официальное одобрение. Результаты маркетингового анализа показывают, что в ближайшие 20 лет мировому рынку потребуется 300–400 сверхзвуковых административных самолетов.

В настоящее время фирма «Гольфстрим Аэроспейс» разрабатывает проект самолета QSJ (Quiet Supersonic Jet), который должен обладать малым уровнем шума, сниженной интенсивностью звукового удара, низкой эмиссией и отвечать всем сертификационным стандартам. Самолет QSJ рассчитан на перевозку 8–14 пассажиров на маршрутах протяженностью 7400–9250 км при крейсерской скорости в диапазоне чисел  $M = 1,6\text{--}2$ ; объем пассажирского салона 37 куб. м, максимальная высота салона 1,98 м, ширина прохода между креслами 0,5 м (у самолета «Конкорд» – 0,43 м), расчетная цена может составить 70–100 млн. долл. Фирма «Дассо Авиасьон» изучает проект самолета с тремя ТРДД и дальностью полета 7400 км при скорости, соответствующей числу  $M = 1,8$ . Самолет выполнен по схеме «утка» (размах крыла 17 м и площадь 130 кв. м), длина самолета 32,4 м, салон рассчитан на девять пассажиров и по размерам соответствует салону административного

самолета «Фалькон 50»; максимальная взлетная масса самолета 40 т, масса пустого снаряженного 17 т<sup>1</sup>.

### *Развитие авиационных двигателей*

Воздушный транспорт становится объектом все более жестких экологических ограничений (шум, эмиссия углекислого газа и окислов азота, воздействие на озоновый слой). В США и странах Западной Европы расширяются масштабы исследований по совершенствованию авиационных двигателей, в том числе в направлении решения экологических проблем. Загрязнение окружающей среды может быть снижено при использовании криогенного топлива (сжиженный природный газ, жидкий водород). Вопрос об альтернативных авиационных топливах может стать особенно актуальным, по зарубежным оценкам, через 30–40 лет в связи с исчерпанием природных запасов нефти.

В настоящее время за рубежом помимо интенсивного модификации новейших серийных турбореактивных двухконтурных двигателей (ТРДД) ведутся активные работы по созданию для гражданской авиации двигателей следующего поколения. В соответствии с программой работ NASA до 2020 г. эмиссия вредных веществ должна быть снижена в пять раз, а уровень шума авиационных двигателей в четыре раза.

Одновременно осуществляется полномасштабная доводка и опытная эксплуатация боевых самолетов с двигателями пятого поколения (в США истребитель F-22 с двигателями F-119, в Европе истребители «Рафаль» с двигателями M-88 и «Еврофайтер» с двигателями EJ-200). Начато производство турбовальных двигателей нового поколения T800 (США), MTR-390 (Европа). Проводятся работы по созданию новых двигателей с широким использованием неметаллических материалов для беспилотных ЛА. В США ведется разработка унифицированного массового истребителя F-35 с силовой установкой на основе двигателя F-119, на котором впоследствии предполагают внедрить новейшие технологии шестого поколения.

По сравнению с двигателями четвертого поколения на пери-

---

<sup>1</sup> Техническая информация ЦАГИ. – 2000–2004. – (Сер. «Авиационная и ракетная техника»); Air & Cosmos, 2003.

од до 2015 г. в США намечается повышение отношения тяги к весу двигателей боевых самолетов в 2–2,5 раза. Следует отметить, что практически во всех новых разработках, проводимых в США по двигателям для военной и гражданской авиации, широко используется научно-технический задел, создаваемый в программе ИНРТЕТ, которая осуществляется с 1987 г. по заказу BBC США с годовым бюджетом 100–150 млн. долл. (в частности, в ходе выполнения этой программы фирмой «Пратт-Уитни» испытано более десяти газогенераторов и восьми демонстрационных двигателей, на которых отрабатывались новейшие технологии, в том числе двухступенчатый вентилятор с лопatkами, имеющими обратную стреловидность, пятиступенчатый компрессор высокого давления, турбина высокого давления с охлаждением рабочих лопаток, вал из керамического материала с металлической матрицей и др.)<sup>1</sup>.

Двигатели нового поколения, создание которых следует ожидать в 2010–2015 гг., должны развиваться в следующих направлениях:

– для боевой авиации – уменьшение удельного веса, удельного расхода топлива, повышение надежности, обеспечение ресурса двигателя, соответствующего ресурсу планера, снижение удельной трудоемкости технического обслуживания и, в совокупности, снижение стоимости жизненного цикла примерно в 1,5 раза;

– для магистральных самолетов – обеспечение высокой безопасности эксплуатации, увеличение назначенного ресурса для «горячей» части двигателя до 15 тыс. полетных циклов, уменьшение удельного расхода топлива на 10–15%, снижение уровня шума на 10–20 EPN дБ, уровня эмиссии окисла азота – на 40–80%, снижение в два раза трудозатрат на техническое обслуживание;

– для вертолетов – увеличение ресурса и надежности в 1,5–2 раза по сравнению с современным уровнем, улучшение топливной экономичности и весовых показателей на 10–15%, обеспечение надежной эксплуатации в экстремальных климатических и

---

<sup>1</sup> Научно-технический отчет по МАКС (2001 г., 2003 г.). – Жуковский: ЗАО «Авиасалон»; Программа JSF: Аналит. обзор / НИЦ ГосНИИАС, 2000; Техническая информация ЦАГИ. – 2000–2004. – (Сер. «Авиационная и ракетная техника»).

метеорологических условиях, снижение трудозатрат на техническое обслуживание в 2–3 раза;

– для беспилотных ЛА – улучшение тяговых и габаритных показателей, улучшение топливной экономичности, обеспечение требуемой «абсолютной» надежности при длительном хранении и последующей эксплуатации в широком диапазоне высотно-климатических условий [8].

## **Критическая технология «Авиационная и ракетно-космическая техника с использованием новых технических решений».**

### **Обоснование выбора темы исследования**

В настоящей работе из рассматриваемой критической технологии выделены исследования в области создания комбинированных ЛА вертикального взлета и посадки с поворотными несущими воздушными винтами.

Авиация играет весьма важную роль в обеспечении практических всех отраслей экономики России. Эта важная роль авиации обусловлена огромной территорией РФ и недостаточным развитием дорожной сети на большей ее части. Особую роль в транспортной системе РФ играют винтокрылые ЛА – вертолеты. Общепризнанна и неоднократно доказана на практике решающая роль вертолетов при разработке природных ресурсов на малоосвоенных территориях (Сибирь, Дальний Восток, Крайний Север). Большую роль играют вертолеты и в хорошо обжитых районах, выполняя различные виды работ (транспортные, спасательные, патрульные и т.д.). По образному выражению одного из основателей отечественной вертолетной науки и техники, «Россия создана для вертолетов». Очевидно, что в дальнейшем в нашей стране роль авиационного транспорта, способного взлетать и садиться на неподготовленные и минимально подготовленные площадки, будет возрастать. Это связано с планами дальнейшего освоения Восточной Сибири, Дальнего Востока, Крайнего Севера, российского прибрежного шельфа.

Наряду с указанными потребностями в применении вертолетной техники в России существует и хорошо развитая вертолетная промышленность, включающая в себя научные и проектные

организации, а также серийные заводы. При этом необходимо отметить, что подобная высокоразвитая вертолетная промышленность, способная создавать и серийно производить новые оригинальные типы винтокрылой техники, в настоящее время существует всего в нескольких странах мира (Россия, США, Франция, Великобритания, ФРГ, Италия).

Вертолет является ЛА с относительно небольшой скоростью и дальностью полета. Однако современный уровень техники дает вертолетной промышленности широкие перспективы для разработки новых типов винтокрылых ЛА, обладающих значительно лучшими летными, эксплуатационными и экономическими характеристиками.

В настоящее время вертолеты наиболее совершенных типов могут развивать максимальную скорость до 330–350 км/ч (крейсерскую до 270–300 км/ч). Дальнейшее значительное увеличение скорости полета и уменьшение километрового расхода топлива (а значит и существенное увеличение дальности полета) возможно только при создании новых типов винтокрылой авиационной техники – аппаратов вертикального взлета и посадки (АВВП).

За последние 50 лет учеными и конструкторами различных стран было предложено большое разнообразие концепций и типов вертикально взлетающих ЛА. Часть из них была доведена до стадии испытаний, в ходе которых была продемонстрирована техническая осуществимость некоторых из этих концепций. Но все же до недавнего времени ни одна из них не была выбрана для серийного производства и эксплуатации из-за чрезвычайно высокой степени новизны и сложности. Можно без преувеличения сказать, что в настоящее время АВВП являются самыми сложными с точки зрения механики творениями человеческих рук.

Существует несколько типов АВВП, в первую очередь, отличающихся друг от друга принципами создания подъемной силы на режимах взлета и посадки. Многочисленные исследования показали, что наиболее эффективными типами АВВП с точки зрения взлетно-посадочных характеристик и транспортных возможностей являются ЛА, имеющие поворотные несуще-тянущие воздушные винты (ПНТВ), которые создают тягу на вертикальных и горизонтальных режимах полета (рис. 1).



Рис. 1. Аппарат вертикального взлета и посадки с поворотными несуще-тянущими воздушными винтами  
Боинг-Белл V-22 «Оспри» [13]

За счет поворота винтов на  $90^\circ$  при переходе с режима вертикального полета к горизонтальному АВВП с ПНТВ избегает характерных для вертолета режимов косой обдувки несущего винта, сопровождающихся ростом сопротивления винта из-за явлений срыва и сжимаемости потока воздуха на отступающей и наступающей лопастях. Таким образом, крейсерские скорости полета АВВП с ПНТВ увеличиваются по сравнению с вертолетами в два раза и более: до 600–650 км/ч (до скоростей самолетов с турбовинтовыми двигателями). При этом АВВП с ПНТВ также могут вертикально взлетать и садиться, как вертолеты. За счет лучшего по сравнению с вертолетами аэродинамического качества в горизонтальном полете у АВВП с ПНТВ значительно снижается километровый расход топлива, что обеспечивает возрастание нормальной дальности полета до 1500–2000 км.

По своим летно-техническим характеристикам АВВП с ПНТВ (далее АВВП) занимают промежуточное положение между вертолетами и самолетами (рис. 2):

– они могут, как вертолеты, взлетать и садиться на минимально подготовленные (и даже, при определенных ограничениях, неподготовленные) площадки;

– летать с крейсерскими скоростями, близкими к скоростям полета самолетов с турбовинтовыми двигателями.

Разумеется, за такую универсальность АВВП приходится «платить» ухудшением ряда их технико-экономических характеристик, к которым относятся:

- коэффициент весовой отдачи (отношение массы суммарной полезной нагрузки (коммерческого груза и топлива) к взлетной массе ЛА);

- энерговооруженность (отношение суммарной взлетной мощности двигателей к взлетному весу ЛА).

Однако АВВП по ряду важных технико-экономических характеристик выигрывают по сравнению с самолетами и вертолетами:

- для АВВП требуется меньше топлива на перевозку единицы массы коммерческой нагрузки на единицу расстояния, по сравнению с вертолетами;

- для взлета и посадки АВВП не требуется наличия больших взлетно-посадочных полос, которые необходимы самолетам.

В последние 10–15 лет работы в области создания АВВП с ПНТВ перешли из стадии чисто поисково-исследовательских и экспериментальных в стадию разработки серийных ЛА. Начало этому было положено достаточно успешной реализацией американскими авиастроительными фирмами «Белл» и «Боинг-Вертол» программы JVX (Joint Services Advanced Vertical Lift Aircraft), которая в дальнейшем получила развитие в программе создания АВВП с ПНТВ V-22 «Оспри». Финансирование этих работ осуществляется за счет средств Министерства обороны США. Серийное производство V-22 началось в 1998 г. Таким образом, V-22 является первым в мире серийно выпускаемым АВВП с ПНТВ.

История разработок *принципиально новых типов ЛА* во всех странах мира демонстрирует один очень важный факт: практически все эти работы полностью или в значительной мере финансировались за счет государственных бюджетных средств (по линии министерств обороны или государственных научно-экспериментальных программ). Такая закономерность объясняется высокой стоимостью, большими сроками и высокой степенью риска таких работ.

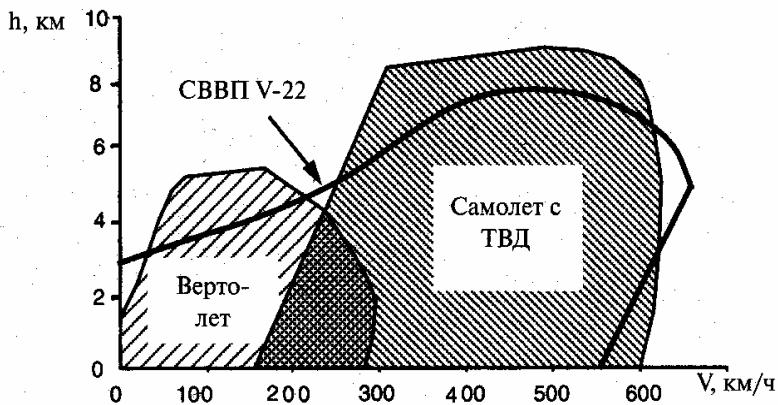


Рис. 2. Сравнение летных характеристик АВВП с ПНТВ V-22, вертолета и самолета с турбовинтовым двигателем [13]

Эти данные позволяют выделить общую тенденцию в развитии науки и высоких технологий передовых стран (и не только в авиации). Исследования не могут носить чисто рыночный характер и нуждаются в государственной поддержке. Эта тенденция в будущем, по-видимому, сохранится. Действительно, ни в одной стране мира не найдутся частные предприниматели, готовые потратить десятки, сотни миллионов и даже миллиарды долларов, при условии, что прибыль удастся получить только через несколько десятилетий. В США исследования в области АВВП с ПНТВ начались в середине XX в. Однако сейчас американские фирмы-разработчики АВВП смогут выйти на рынок новых перспективных ЛА, занять на нем лидирующие позиции и получать значительные доходы и прибыли, по крайней мере, в течение нескольких десятилетий. По существующим оценкам «Teal Group Corp» [18], на долю АВВП с ПНТВ (V-22 и BB.609) придется более 20% всего объема рынка винтокрылой техники.

Ведущие авиационные фирмы Объединенной Европы также стремятся занять определенные позиции на рынке перспективных АВВП.

Положительным примером разработок в области перспективных АВВП являются работы на уровне подсистем будущего проекта европейского АВВП, проводимые в странах Объединенной Европы в рамках «Пятой программы финансирования базовых технических направлений», принятой Отделом науки и техники (DG12) Европейской комиссии (ЕК)<sup>1</sup>. В ходе выполнения этой Программы выделено 43 млн. евро на пять лет. Эти работы планируется продолжить в рамках «Шестой программы финансирования базовых технических направлений», которая началась в 2003 г. При этом будут выполняться работы по созданию демонстрационного образца перспективного АВВП.

В России работы по созданию перспективных АВВП с ПНТВ проводились в ряде ведущих авиационных научных и проектных организаций [13].

Из изложенного выше можно сделать следующий вывод: *работы по созданию перспективных аппаратов вертикального взлета и посадки с поворотными несуще-тянущими воздушными винтами (АВВП с ПНТВ) весьма важны по следующим причинам:*

- разрабатываемые аппараты вертикального взлета и посадки с поворотными несуще-тянущими воздушными винтами являются новыми перспективными типами ЛА, которые в значительной степени будут определять развитие мировой винтокрылой авиации в ближайшие десятилетия;

- применение таких аппаратов в России даст значительный экономический эффект в различных отраслях экономики;

- в России накоплен большой научный, конструкторский и производственный потенциал в области создания новых образцов винтокрылой техники, позволяющий решать самые сложные задачи и проблемы; этот потенциал сопоставим только с возможностями АП США и Объединенной Европы;

- в России существуют большие научные и конструкторские заделы в области разработки перспективных аппаратов вертикального взлета и посадки с поворотными несуще-тянущими воздушными винтами.

---

<sup>1</sup> European Aeronautics: A Vision for 2020. Meeting Society's Needs and Winning Global Leadership. Report of the Group of Personalities. – Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2001. – Jan.

Последние две причины как раз и обосновывают целесообразность выделения данной темы из направлений отмеченной критической технологии.

## Источники информации

Понятие «авиационные технологии» охватывает широкий диапазон технологий, базирующийся на различных фундаментальных и прикладных науках. Сбором и анализом научно-технической информации в области авиационных технологий у нас в стране и за рубежом занимается большое число информационно-научных центров, специализированных фирм и организаций. Они издают информационные сборники, обзоры и аналитические материалы, посвященные отдельным видам авиационных технологий. В последние годы благодаря публикациям в Интернете стали доступны прогнозы и обзоры специализированных правительственные комиссий (в первую очередь США и Объединенной Европы):

- A decisive new step towards a single European sky: The report of the High Level Group on Air Traffic Reform. – Brussels. – 2000. – 18 Dec.;
- European Aeronautics: A Vision for 2020. Meeting Society's Needs and Winning Global Leadership. Report of the Group of Personalities. – Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2001. – Jan.;
- Final Report of the Commission on the Future of the United States Aerospace Industry. Commission on the Future of the United States Aerospace Industry Commissioners. – USA, November, 2002;
- NASA Goals and Objectives for the Aerospace Technology Enterprise, 1997 (revised 2001). – NASA, USA, 1997;
- NASA's Vision for Aerospace Transportation. – NASA, USA, 2000;
- National Research and Development Plan For Aviation Safety, Security, Efficiency, and Environmental Compatibility. Committee on Technology. Subcommittee on Transportation Research and Development. The President's National Science and Technology Council. – USA, November, 1999;
- The NASA Aeronautics Blueprint – A Technology Vision for Aviation. NASA, USA, 2002; Three Pillars for Success. NASA's Response to Achieve the National Priorities in Aeronautics and Space

Transportation. Message from the NASA Administrator. Daniel S. Goldin. – USA, March, 1997;

– Vision 2050: An Integrated National Transportation System. The Federal Transportation Advisory Group. – USA, 2000;

– White Paper «European transport policy for 2010: time to decide». Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. The Commission's Legislative and Work Programme for 2003. Commission of the European Communities. – Brussels. – 30.10.2002.

Эти прогнозы и обзоры создавались наиболее авторитетными специалистами в области авиационной науки и техники в соответствии с решениями государственных органов различного уровня. В данной работе именно эти материалы были рассмотрены в качестве источников информации для выявления наиболее перспективных технологий по анализируемой теме.

Необходимо отметить, что структура практически всех указанных информационных источников имела сходный характер. В них рассматривались наиболее важные задачи, которые нужно будет решить разработчикам новой авиационной техники, а также направления исследований, обеспечивающие решение поставленных задач. Таким образом, все исследованные документы носят ярко выраженный программно-целевой характер и содержат перечень научных и опытно-конструкторских работ, которые будут иметь приоритетное финансирование в последующие два десятилетия.

Анализ выявленных информационных источников показал, что, несмотря на различный состав экспертных групп, организаций-заказчиков соответствующих документов и стран, в которых создавались эти документы, перечни наиболее важных задач, которые нужно будет решить разработчикам новой авиационной техники в течение ближайших 10–20 лет, а также направлений соответствующих исследований в значительной степени совпадают. Этот факт подтверждает достаточно объективный характер результатов, полученных различными группами экспертов.

В работе были использованы следующие источники информации:

1) база данных с поисковой системой по отечественным патентам Федерального института промышленной собственности

(ФИПС), доступная по Интернету. По ключевым словам выделены патенты за 1994–2002 гг., где приведены: авторы; дата подачи заявки; дата публикации формулы патента; название; патентообладатель; реферат; в качестве ключевых слов использовались следующие термины: «самолет вертикального взлета и посадки», «аппарат вертикального взлета и посадки», «поворотный винт», «поворотные двигатели»;

2) база данных с поисковой системой Всероссийского научно-технического информационного центра: производился поиск кандидатских и докторских диссертаций за 1992–2002 гг., а также отчетов о научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах, проведенных в России и финансируемых из государственного бюджета; для диссертаций была найдена информация, содержащая: фамилию диссертанта и название работы, реферат, ключевые слова, учченую степень, номер специальности, шифр совета, дату и место защиты; похожая информация приведена и для отчетов;

3) база данных научно-технической библиотеки Московского авиационного института (государственного технического университета) – МАИ;

4) базы данных на веб-сайтах:

– Американского национального управления по аeronавтике и исследованию космического пространства (National Aeronautics and Space Administration – NASA);

– Американского вертолетного общества (American Helicopter Society – AHS);

– Европейского вертолетного общества (European Helicopter Society – EHS);

5) материалы форумов:

– Американского вертолетного общества (American Helicopter Society – AHS);

– Европейского вертолетного общества (European Helicopter Society, IHS);

– Российского вертолетного общества;

6) научные журналы:

– «Техническая информация» Центрального аэрогидродинамического института (ЦАГИ);

– Обзорно-аналитические выпуски «Обзоры, переводы, рефераты» отдела научно-технической информации (ОНТИ) ЦАГИ;

– информационный бюллетень ВИНИТИ, серия «Авиастроение».

## **Развитие работ в области создания аппаратов вертикального взлета и посадки с поворотными несуще-тянущими винтами**

Современный ЛА представляет собой сложную техническую систему (авиационный комплекс), управляемую человеком и состоящую из большого количества подсистем и агрегатов. В свою очередь эти подсистемы и агрегаты состоят из многих узлов и элементов.

При разработке авиационного комплекса решаются *задачи комплексного проектирования* (задачи комплексной технологии создания). К их числу относятся: выбор основных параметров авиационного комплекса и его подсистем; объемная и силовая компоновка; аэродинамическое и весовое проектирование; энергетический баланс; устойчивость и управляемость; эксплуатационная технологичность; целевая эффективность; экономичность; производственная технологичность и т.д. В процессе создания отдельных деталей, узлов, агрегатов, подсистем необходимо решать проблемы *более частные по отношению ко всему авиационному комплексу*. Эти проблемы определяются назначением и особенностями соответствующих деталей, узлов, агрегатов, подсистем и носят весьма разнообразный характер. Например, при создании АВВП с ПНТВ необходимо решать проблемы:

- создания воздушных винтов, выполняющих с высоким уровнем эффективности функции несущих и тянувших винтов (пропеллеров) (проблемы аэrodинамики и прочности винтов);

- создания легких и надежных систем поворота винтомоторной установки;

- устойчивости и управляемости АВВП на всех режимах полета (это особенно важно на переходных режимах – при переходе от висения к горизонтальному полету и обратно) и т.д.

Для пассажирских АВВП важным является обеспечение низкого уровня шума, так как основным местом взлета и посадки этих аппаратов будут населенные пункты.

Далее представлен научно-исследовательский анализ научно-исследовательских разработок в области создания АВВП с ПНТВ, проводившихся в нашей стране и за рубежом. Все материалы, посвященные проблемам создания АВВП, были систематизированы по отдельным направлениям научно-технических разработок:

- проектирование и применение;
- аэродинамика;
- динамика полета, устойчивость, управляемость;
- испытания в трубах, на стендах и летные испытания.

Предлагаемая систематизация направлений исследований (отдельных технологий создания АВВП) соответствует укрупненной системе направлений научно-технических разработок, проводимых при создании ЛА различных типов. Этим основным тематическим направлениям обычно посвящена работа научно-технических конференций американского, европейского и российского вертолетных форумов.

Таблица 1

**Соотношение между отечественными и зарубежными публикациями по направлениям исследований и в целом (в %)**

Распределение	Проектирование	Аэродинамика	Динамика, устойчивость и управляемость	Испытания в трубах, на стендах и летные	Все направления
Отечественные публикации	13	29	12	8	15
Зарубежные публикации	87	71	88	92	85
Всего	100	100	100	100	100

## **Анализ мирового информационного потока**

Анализ мирового информационного потока проведен на основе 488 публикаций, охватывающих 1960–2002 гг. Свыше 90% зарубежных публикаций составляют работы, опубликованные в США. Анализ базируется на сопоставлении отечественных и зарубежных публикаций, которые разделены в соответствии с отмеченными выше направлениями научно-технических разработок. В число отечественных публикаций включены выявленные отчеты по тематике разработок АВВП с ПНТВ.

В табл. 1 и на рис. 3. приведено соотношение между отечественными и зарубежными публикациями по выделенным четырем направлениям исследований.

Распределение отечественных, зарубежных и общего числа публикаций по направлениям исследований приведено в табл. 2 и на рис. 4–6.

Таблица 2

### **Распределение отечественных, зарубежных и общего числа публикаций по направлениям исследований (в %)**

Направления научно-технических исследований	Отечественные	Зарубежные	Всего
Проектирование и применение	36	42	42
Аэродинамика	38	17	20
Динамика полета, устойчивость, управляемость	13	17	16
Испытания в трубах, на стендах и летные	13	24	22
По всем направлениям	100	100	100

Построены распределения числа отечественных, зарубежных и общего числа публикаций по годам по каждому направлению, причем на этих рисунках приведены как число ежегодных публикаций, так и накопленные по годам суммы.

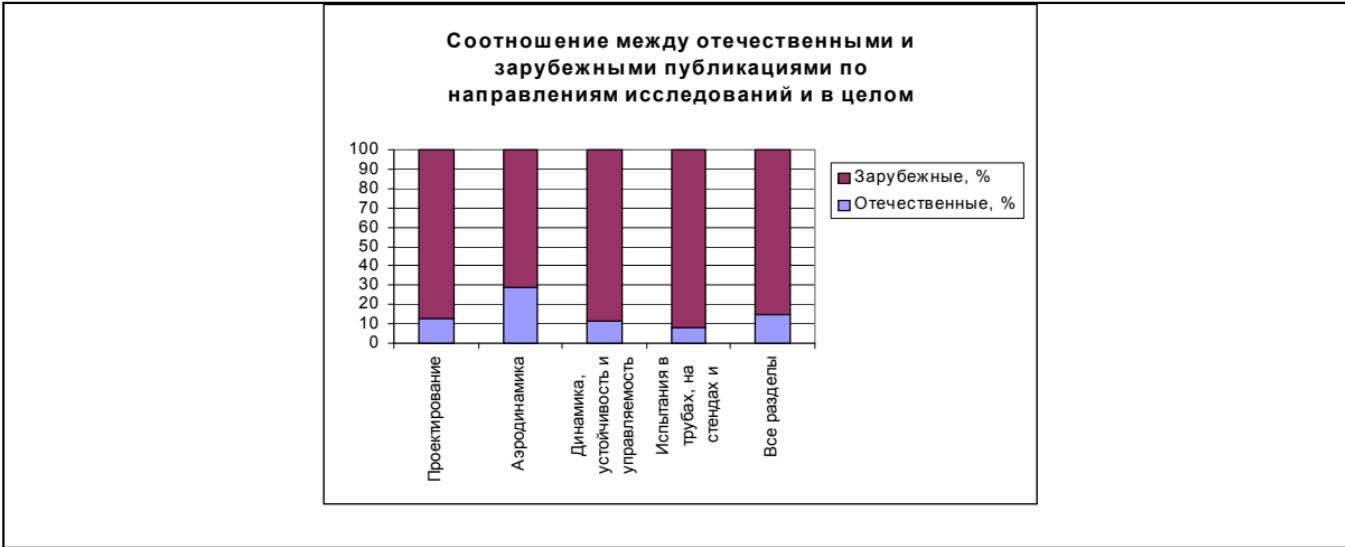


Рис. 3. Соотношение между отечественными и зарубежными публикациями по направлениям исследований (в %)



Рис. 4. Распределение отечественных публикаций по направлениям

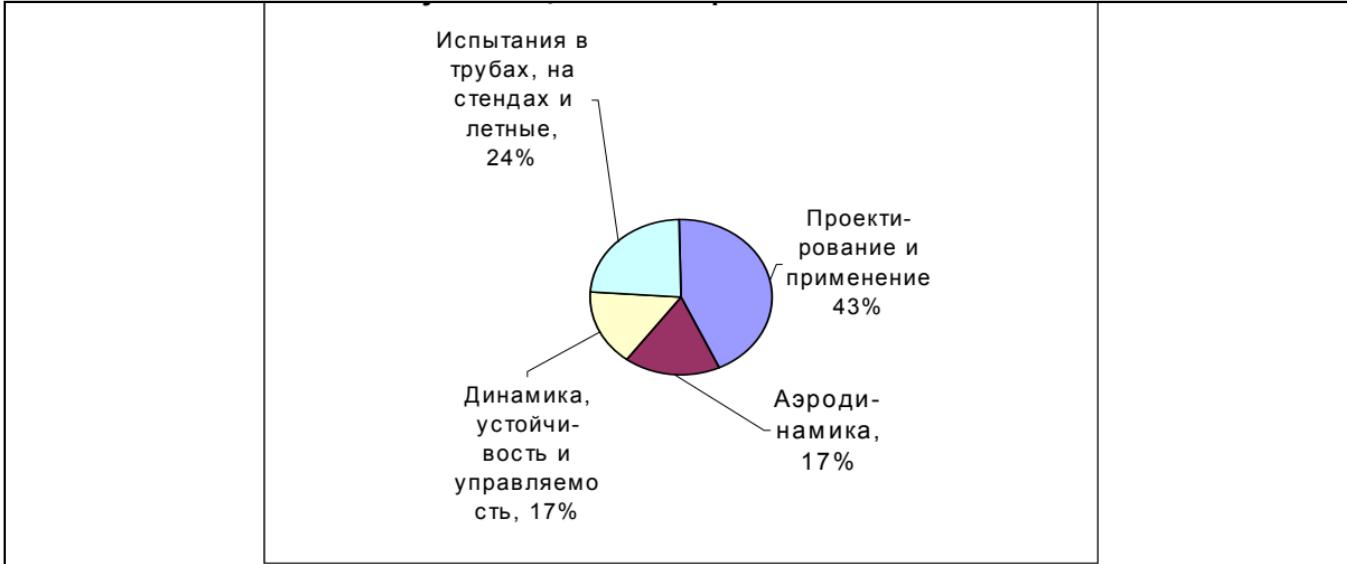


Рис. 5. Распределение зарубежных публикаций по направлениям

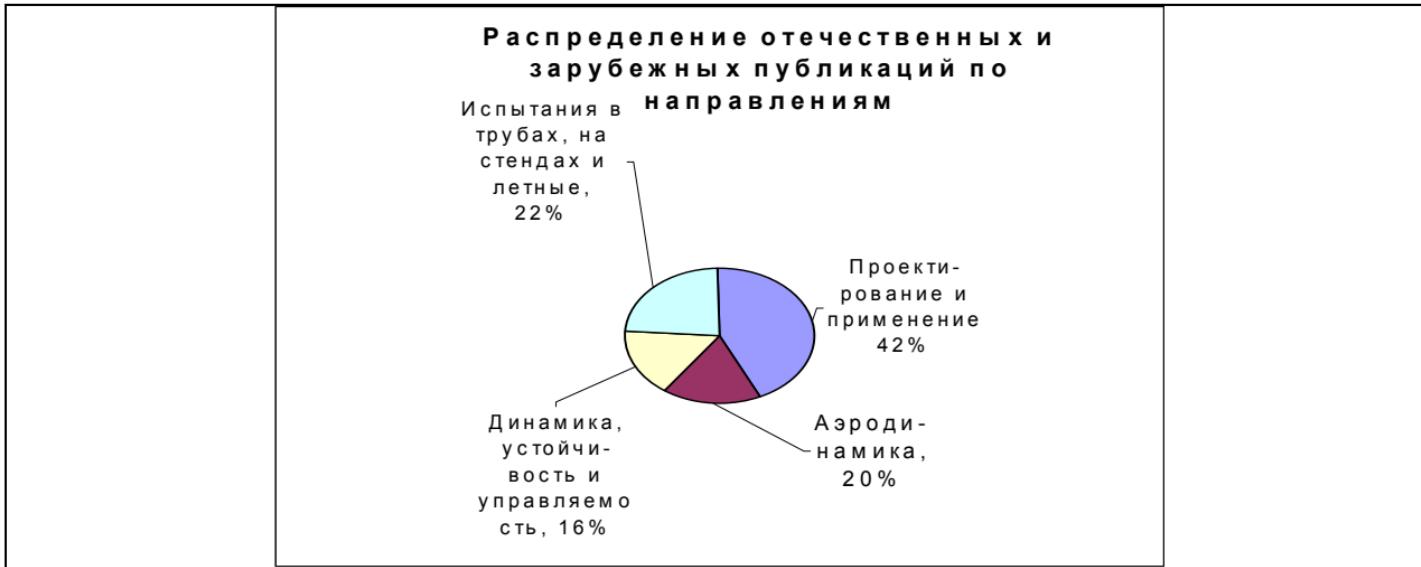


Рис. 6. Распределение отечественных и зарубежных публикаций по направлениям

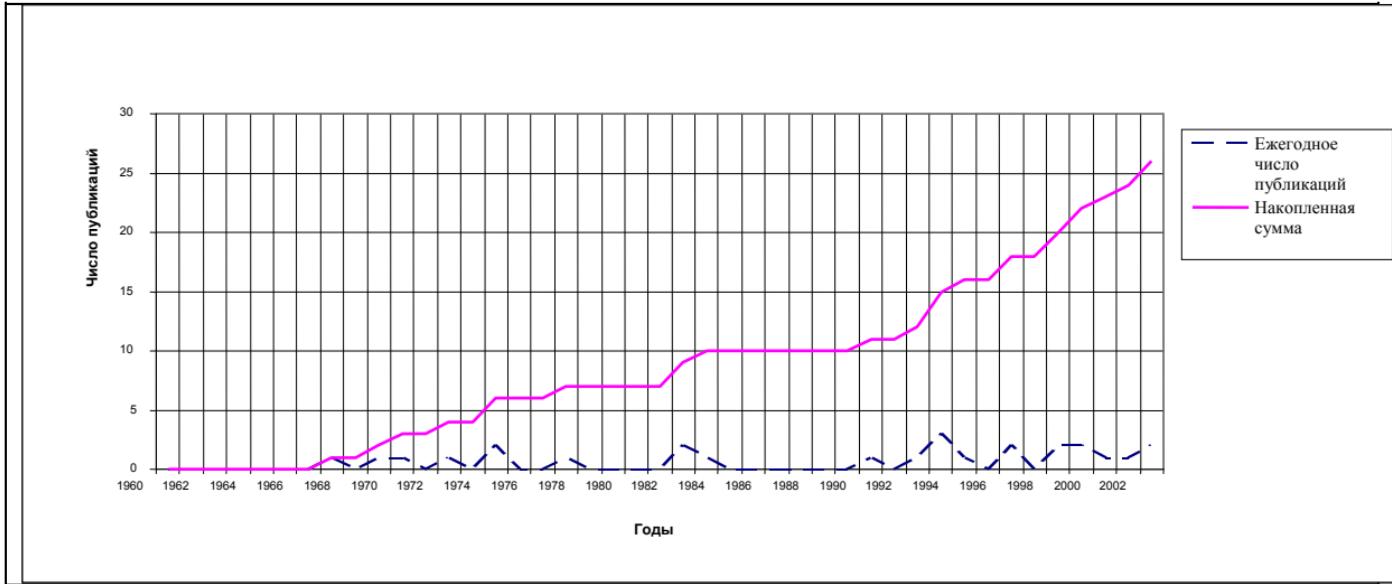


Рис. 7. Число отечественных публикаций по проектированию и применению АВВП с ПНТВ

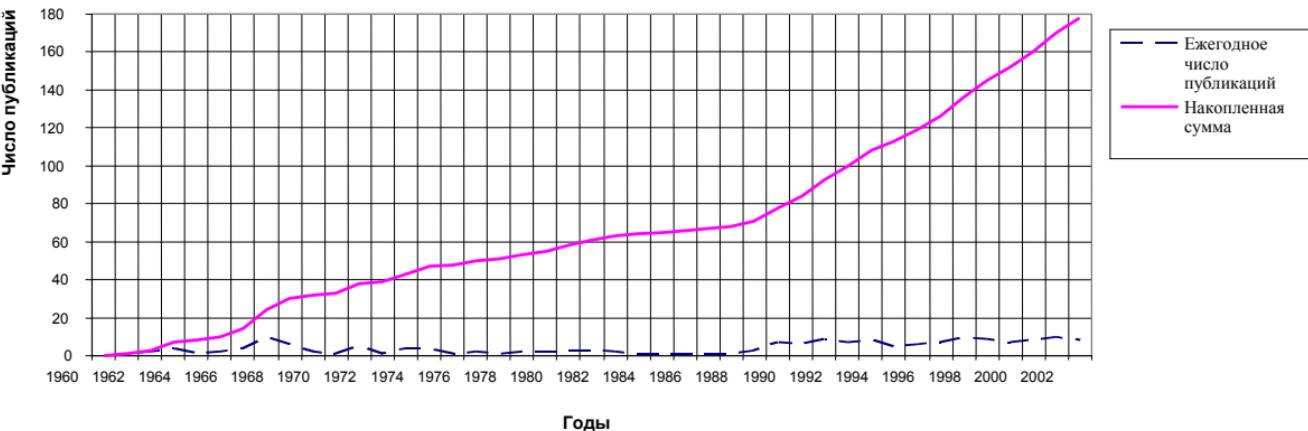


Рис. 8. Число зарубежных публикаций по проектированию и применению АВВП с ПНТВ

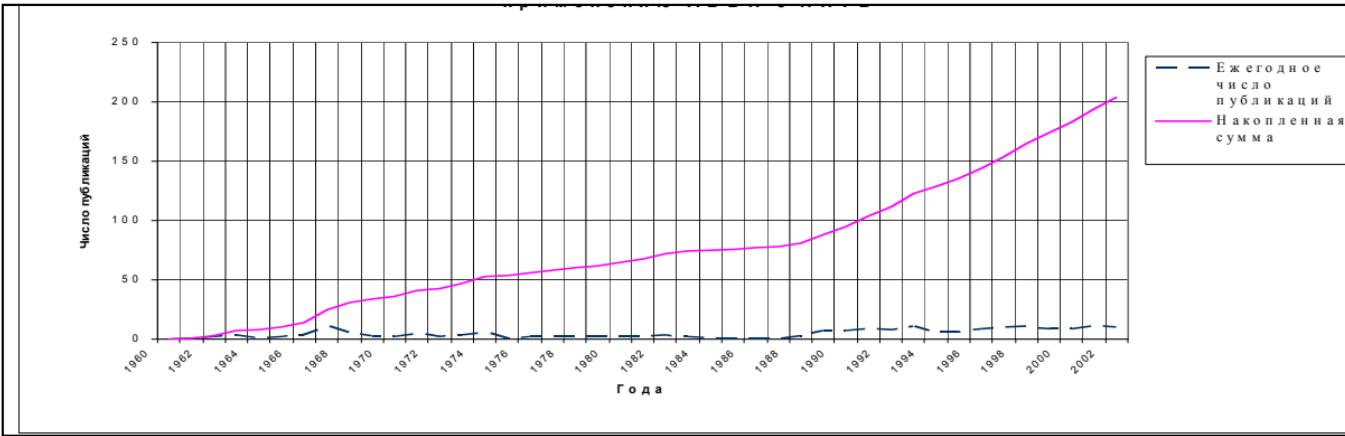


Рис. 9. Число отечественных и зарубежных публикаций по проектированию и применению АВВП с ПНТВ

Отечественные публикации составляют 15% от общего числа (табл. 1), причем только 8% работ посвящено испытаниям (у нас в стране, в отличие от США, работы по АВВП с ПНТВ не были доведены до стадии постройки аппаратов). Вклад публикаций по аэродинамике (29%) характеризует значительную интенсивность отечественных работ по предварительным исследованиям АВВП с ПНТВ. По этой же причине публикации по аэродинамике и проектированию составляют наибольшую долю всех отечественных публикаций по разработке АВВП с ПНТВ (табл. 2). Среди зарубежных публикаций по разработке АВВП с ПНТВ наибольшие доли составляют публикации по проектированию и испытаниям (табл. 2), что объясняется большим объемом работ по разработке конструкций значительного количества реальных АВВП с ПНТВ и их испытаниям, проводившихся в США.

На всех графиках, отражающих динамику числа публикаций по годам (рис. 7–9), наблюдались практически одни и те же закономерности:

- сокращение числа публикаций в США в период сокращения объема работ по разработке АВВП с ПНТВ в середине 60-х – начале 70-х и в конце 70-х – начале 80-х годов;
- рост числа публикаций в периоды интенсификации работ по разработке новых проектов АВВП с ПНТВ XV-15, V-22 и ВВ.609 (середина 70-х годов и с конца 80-х годов по настоящее время).

Приблизительно ту же тенденцию имеет динамика отечественных публикаций по разработке АВВП с ПНТВ, что, очевидно, связано со стремлением отечественных заказчиков, и исполнителей НИР «отслеживать» работы, проводимые за рубежом.

Отметим также, что число публикаций, появившихся не в США и не у нас в стране, составляет лишь несколько процентов, что говорит о значительном отставании других стран в области исследований по разработке АВВП с ПНТВ.

## **Анализ отечественных информационных потоков**

Приведем результаты анализа базы данных ФИПС по патентам. Было выбрано 76 патентов, содержащих информацию о АВВП различных типов. Наибольшее число (58) соответствовало

тематике самолетов вертикального взлета и посадки с турбореактивными двигателями (поворотными или с отклоняющимися реактивными струями) или винтами-вентиляторами в кольце (поворотными или используемыми только на взлете и посадке). В этой группе преобладали патенты по тематике самолетов вертикального взлета и посадки с турбореактивными двигателями. Такое значительное число патентов, очевидно, является следствием большого объема отечественных работ в области создания соответствующих самолетов Як-36, Як-38 и Як-141. Остальные 18 выявленных патентов распределились на две группы:

- 10 патентов по тематике АВВП с ПНТВ;
- 8 патентов по тематике АВВП с останавливающимися и убирающимися несущими винтами (АВВП с ОУНВ).

Именно эти две группы патентов и будут ниже проанализированы. Все патенты были опубликованы в 1994–2003 гг. Они были заявлены организациями и частными лицами России. Распределение числа патентов исследуемых групп по видам заявителей приведено в табл. 3. Необходимо отметить, что ни акционерные общества, ни производственные объединения, заявившие патенты в исследуемых группах, не относятся к числу организаций, известных в качестве разработчиков или изготовителей авиационной техники. Распределение числа патентов исследуемых групп по годам приведено в табл. 4. Максимальное суммарное число патентов в группах патентов по тематике АВВП с ПНТВ и ОУНВ приходится на 1996 г. В 1997 г. произошло сокращение числа патентов в 2,5 раза, затем – колебания числа патентов от 0 до 3, однако, в последние три года число патентов стало возрастать. Аналогичные закономерности наблюдались и для патентов по отдельным исследуемым группам (АВВП с ПНТВ и АВВП с ОУНВ).

Таблица 3

**Распределение патентов по видам заявителей (в %)**

Вид заявителей	В группе патентов по тематике АВВП с ПНТВ	В группе патентов по тематике АВВП с ОУНВ	Суммарно в группах патентов по тематике АВВП ПНТВ и ОУНВ
Вузы	10	—	5,6
Акционерные общества	40	50	44,4
Производственные объединения	10	12,5	38,9
Частные лица	40	37,5	11,1
Всего	100	100	100

Таблица 4

**Распределение патентов по годам**

Год	Число патентов в группе патентов по тематике АВВП с ПНТВ	Число патентов в группе патентов по тематике АВВП с ОУНВ	Суммарное число патентов в группах патентов по тематике АВВП с ПНТВ и ОУНВ
1994	0	1	1
1995	2	1	3
1996	2	3	5
1997	1	1	2
1998	0	0	0
1999	1	0	1
2000	0	0	0
2001	1	0	1
2001	2	1	3
2003	1	1	2

Сходные тенденции изменения числа патентов в обеих исследуемых группах позволяет выдвинуть гипотезу об общих факторах, негативно влиявших на изобретательскую активность в период 1995–1998 гг.

На следующем этапе исследования проведен анализ отчетов из базы данных Всероссийского информационного научно-технического центра и других открытых источников информации. Всего было выявлено 17 отчетов, посвященных созданию АВВП различных типов, которые были распределены на две группы:

– 5 отчетов о НИР по тематике самолетов вертикального взлета и посадки с турбореактивными двигателями (поворотными или с отклоняющимися реактивными струями) или винтами-вентиляторами в кольце (поворотными или используемыми только на взлете и посадке);

– 12 отчетов о НИР по тематике АВВП с ПНТВ.

Все отчеты о НИР по тематике АВВП с ПНТВ были выполнены с 1993 по 1996 г. Их распределение по годам и тематике приведено в табл. 5. Эта информация отражает низкий уровень финансирования работ по созданию АВВП с ПНТВ в России.

Таблица 5

**Распределение отчетов о НИР по тематике АВВП с ПНТВ по годам и направлениям научно-технических исследований**

Направления научно-технических исследований	Годы			
	1993	1994	1995	1996
Проектирование и применение	3	1	0	1
Аэродинамика	1	0	0	4
Динамика полета, устойчивость, управляемость	1	0	0	0
Испытания в трубах, на стендах и летные	1	0	0	0
По всем направлениям	6	1	0	5

Распределение числа руководителей работ по ученым степеням приведено в табл. 6. Анализируемая область исследований хорошо обеспечена высококвалифицированными кадрами. Все работы выполнялись под руководством докторов и кандидатов наук.

Таблица 6

**Распределение числа руководителей работ по ученым степеням**

Направления научно-технических исследований	Доктора наук	Кандидаты наук	Всего
Проектирование и применение	4	1	5
Аэродинамика	3	2	5
Динамика полета, устойчивость, управляемость	1	0	1
Испытания в трубах, на стендах и летные	0	1	1
По всем направлениям	8	4	12

Были также проанализированы диссертационные исследования. За период с 1992 по 2003 г. в России было защищено четыре диссертации по тематике создания АВВП всех типов, из них две докторские и две кандидатские диссертации. Все работы были защищены в Московском авиационном институте. Две докторские и одна кандидатская диссертация были посвящены тематике создания самолетов вертикального взлета и посадки с турбореактивными двигателями и только одна – тематике создания АВВП с ПНТВ. Все диссертации были защищены по техническим наукам:

- по специальности «Проектирование летательных аппаратов» – две докторские и одна кандидатская диссертация;
- по специальности «Проектирование двигателей летательных аппаратов» – одна кандидатская диссертация.

Резюмируя вышесказанное, можно сделать выводы.

1. Лидерство в области авиационной техники является одним из важнейших приоритетов наиболее развитых стран мира. При этом осуществляется разделение ролей государственных структур и частного сектора.

2. Выполнен научноведческий анализ технологии создания ЛА нового типа – комбинированных летательных аппаратов вертикального взлета и посадки с поворотными несуще-тянущими воздушными винтами.

3. Как следует из результатов анализа мирового информационного потока по проблемам создания АВВП с ПНТВ, в России накоплен богатый опыт работ по данной тематике. Она занимает второе (после США) место в указанной области. В то же время с

начала 90-х годов произошло снижение исследовательской активности и масштаба работ в России.

## **Подготовка специалистов по авиационным технологиям**

Многочисленные исследования различных экономических и социальных научных организаций показывают, что главным условием, определяющим уровень производительности труда в экономике и ее конкурентоспособность, является качество квалифицированных кадров (особенно подготавливаемых в системе высшего профессионального образования (ВПО)), а также их количество. Таким образом, развитая система профессионального образования создает конкурентоспособную рабочую силу, а последняя – конкурентоспособную экономику.

АП является одной из наиболее наукоемких и высокотехнологических отраслей. Она «впитывала» все новейшие достижения из многих отраслей науки и техники (аэро- и газодинамики, материаловедения, электроники, вычислительной техники и т.д.). Можно сказать, что появление АП стало возможно только на определенном этапе развития науки и технологии. В свою очередь, авиация всегда была «локомотивом» развития многих отраслей науки, техники и производства.

Из всех государств только США и Россия имеют научно-технический и производственный потенциал, необходимый для обеспечения всех стадий создания новых типов современной авиационной техники (ЛА, двигателей и оборудования). Ни одна другая страна мира не в состоянии осуществить своими силами полный цикл создания новых типов современной авиационной техники. По этой причине страны Западной Европы объединились в авиастроительную корпорацию «Эрбас» и ряд других консорциумов, канадская авиастроительная корпорация «Бомбардье» и бразильская «Эмбраэр» широко используют результаты научных разработок и комплектующие, производимые в США и Западной Европе. Аналогичную интеллектуальную и материальную «подпитку» китайские фирмы получают из России, а также Западной Европы и США.

Подобная картина существует и в области подготовки кадров для АП. В нескольких десятках стран мира успешно функцион-

нируют системы подготовки кадров для структур, эксплуатирующих авиационную технику (авиакомпаний, военно-воздушных сил и т.д.). В меньшем количестве стран готовят специалистов для серийных авиационных производств. Однако только в США и России существуют системы высших учебных заведений, которые готовят «полный комплект» кадров для фирм, создающих новую современную авиационную технику. В странах Западной Европы (Франция, Великобритания, Германия, Голландия, Италия и Испания) также существует ряд высших учебных заведений, которые готовят кадры для авиационных фирм. Однако ни в одной из них нет системы подготовки кадров для обеспечения всего процесса создания новой современной авиационной техники (ЛА, двигателей и оборудования).

Собственную полномасштабную систему подготовки кадров для АП, которая была подорвана в период «культурной революции», пытается восстановить и развить Китай. Ее основы были заложены в 50–60-е годы XX в. с помощью СССР. После «культурной революции» восстановление в Китае системы подготовки кадров велось по англо-американскому бакалавро-магистерскому пути, что создало большое количество проблем из-за недостаточной квалификации основной массы выпускников китайских вузов (бакалавров) при слабом развитии системы доучивания и переподготовки кадров на фирмах.

В ряде стран Азии существуют правительственные программы по созданию современной АП и системы подготовки кадров для нее. Но до сих пор они не дали какого-либо существенного результата.

Особо необходимо отметить положение в Бразилии. Авиастроительная бразильская корпорация «Эмбраэр» в настоящее время делит вместе с канадской авиастроительной корпорацией «Бомбардье» 3–4-е места в мире по объемам продаж гражданской авиационной техники (после корпораций «Boeing» и «Эрбас»). При этом в Бразилии последовательно развивается система подготовки кадров для АП. Однако пока ее успехи в этом направлении достаточно скромны, и основные кадры для корпорации «Эмбраэр» готовятся в европейских и американских университетах.

Подобное положение можно объяснить несколькими причинами. Во-первых, разработка новых типов современной авиацион-

ной техники стала весьма дорогостоящим процессом. Поэтому проходит укрупнение программ разработки техники и соответственно фирм не только на национальном, но и межнациональном уровне. Во-вторых, те же явления наблюдаются в области подготовки кадров для АП (межгосударственная коопeração и специализация). В-третьих, эти процессы идут на фоне глобализации экономик стран всего мира. В-четвертых, они происходят в условиях чрезвычайно большой «инертности» развития наиболее сложных и высокотехнологичных отраслей промышленности и направлений образования (мировой опыт показывает, что для создания полноценного авиационного вуза, научного центра или конструкторского бюро требуется около 20–25 лет).

Наряду с указанными тенденциями есть примеры весьма бережного отношения к сложившимся структурам в области подготовки кадров в ряде западноевропейских стран. Так, в Голландии на протяжении почти всего XX в. существовала достаточно развитая, хотя и компактная АП (знаменитая фирма «Фоккер»). Значительную часть кадров для нее готовили в соответствующих учебных заведениях Голландии. В первой половине 90-х годов XX в. фирма «Фоккер» разорилась и перестала существовать как независимая самолетостроительная компания, осуществлявшая разработку и производство новых типов ЛА (но сохранилась в виде научно-инженерного центра, работающего в коопेरации с другими зарубежными авиационными фирмами). Кроме того, в Голландии остался ряд предприятий по производству комплектующих для ЛА, производимых в других странах. Сохранилась в полном объеме и занимает достойное место голландская система подготовки авиационных специалистов, осуществляющая подготовку кадров как для европейских фирм, так и для стран всего остального мира. При этом правительство Голландии осуществляет поддержку (в том числе и материальную) соответствующих факультетов и кафедр голландских университетов, считая, что таким образом укрепляется накопленный высокий интеллектуальный потенциал всей голландской технической высшей школы и науки. Разумеется, эта поддержка голландской системы подготовки специалистов стимулируется в рамках интеграционных процессов, проходящих в Европе.

Для информационно-аналитического обзора по системе подготовки авиационных специалистов в ведущих авиационных стра-

нах мира был выполнен поиск информации в Интернете обо всех высших учебных заведениях, осуществляющих подготовку авиационных кадров. Была найдена информация о вузах 23 стран. Очевидно, что число стран, в которых осуществляется подготовка авиационных специалистов, гораздо больше. Однако можно с высокой степенью вероятности утверждать, что в число обследованных попали все наиболее известные вузы.

Был проведен подробный анализ американских вузов, осуществляющих подготовку авиационных специалистов. Это было сделано по той причине, что именно американская АП, гражданская авиация, военно-воздушные силы и соответствующая система образования наиболее сопоставимы по уровню развития, разнообразию и численности с российскими аналогами. Приведем некоторые результаты этого анализа.

Все американские вузы, осуществляющие подготовку авиационных специалистов, можно разделить на следующие группы:

*1-я группа* – вузы, преимущественно ориентированные на подготовку специалистов различного направления для авиационной отрасли (как для АП, так и для сферы ее эксплуатации);

*2-я группа* – многопрофильные вузы (не только чисто технические), имеющие факультеты или кафедры, на которых осуществляется подготовка специалистов для АП и гражданской авиации;

*3-я группа* – многопрофильные вузы, имеющие факультеты или кафедры, на которых осуществляется подготовка специалистов для АП;

*4-я группа* – многопрофильные вузы, имеющие факультеты или кафедры, на которых осуществляется подготовка специалистов для гражданской авиации;

*5-я группа* – специализированные вузы, осуществляющие подготовку специалистов для министерства обороны (в первую очередь, для военно-воздушных сил).

Необходимо отметить следующие особенности американских вузов, осуществляющих подготовку авиационных специалистов:

– достаточно равномерное распределение по всей территории США; при этом подавляющее большинство вузов (особенно самых престижных) расположено в небольших или совсем маленьких городах, находящихся на значительном удалении от крупных мегаполисов;

– расположение в регионах с развитой АП, сетью научных центров и структур гражданской авиации;

– специальности, учебные и научные лаборатории, основное оборудование, близкие к аналогичным показателям российских вузов (то же самое относится к соответствующим европейским вузам); вузы готовят специалистов по широкому спектру авиационных специальностей и специализаций, используя очень сложную и дорогостоящую лабораторную базу (аэродинамические трубы, испытательные стенды, тренажеры, учебные аэродромы, учебные ЛА, лаборатории с примерами препарированных конструкций ЛА и т.д.);

– подготовка специалистов как для сферы создания и производства авиационной техники, так и для сферы ее эксплуатации (эта особенность отличает американские вузы от российских, которые имеют жесткую специализацию: вузы, готовящие кадры для АП, и вузы, готовящие кадры для гражданской авиации или военно-воздушных сил);

– наличие элитных вузов – исследовательских университетов, готовящих специалистов для наиболее наукоемкой области – сферы создания и производства авиационной техники; эти вузы или соответствующие факультеты получают щедрое финансирование, за счет которого создаются условия дополнительной материальной поддержки студентов; например, в Эмбри-Риддл университете аeronавтики соотношение количества студентов и преподавателей равно 17:1 (в обычных многопрофильных американских вузах это соотношение находится в диапазоне от 25:1 до 30:1), и более чем 87% студентов получает финансовую помощь через университет, что позволяет им успешно обучаться сложным авиационным специальностям, не отвлекаясь на работу, которая обеспечила бы независимое материальное положение; в Массачусетском технологическом институте 72% студентов, обучающихся для получения степени бакалавра, имеют различные виды материальной поддержки (эта помощь осуществляется с учетом материального положения родителей студентов), при этом 25% студентов получают стипендии, 42% – зарплату за работу в научных группах института и 11% – зарплату за работу в качестве вспомогательного учебного персонала; таким образом, свыше половины студентов фактически проходят обучение в составе научно-учебных коллек-

тивов, осваивая свою будущую специальность и теоретически, и на практике;

– бакалавры, получившие подготовку в области авиации, стремятся к более высокому уровню квалификации, что отражается, например, в таком факте: 96% бакалавров-выпускников Эмбри-Риддл университета аэронавтики в течение года принимают решение о продолжении своего обучения; данное стремление объясняется высокими квалификационными требованиями со стороны авиационной отрасли;

– подготовка магистров аэронавтических наук (Aeronautical Science), магистров аэрокосмической техники (Master of Aerospace Engineering) и инженеров; выпускники указанных квалификаций (магистры аэрокосмической техники (Master of Aerospace Engineering) и инженеры) по своей подготовке приближаются к инженерам-выпускникам российских авиационных вузов.

В США соответствующая система дополнительной профессиональной подготовки и переподготовки специалистов достигла высокого уровня развития. Так, например, численность учащихся всех американских центров дополнительной профессиональной подготовки и переподготовки специалистов выше, чем численность студентов всех высших учебных заведений страны. В авиационной отрасли США все фирмы и корпорации имеют соответствующие учебные центры, в которых обучается большинство принимающих на работу специалистов. Подобная система доучивания и переподготовки кадров существовала в СССР в виде отраслевых центров (институтов) повышения квалификации. Сейчас в России такая система в значительной степени разрушена (так как она существовала при отраслевых министерствах и финансировалась через них) и очень медленно воссоздается.

На предприятиях американской АП (особенно в научно-проектных центрах) основная масса специалистов имеет степень магистра. Все специалисты-бакалавры прошли обучение в соответствующих учебных центрах в течение 1,5–2 и более лет (фактически получая инженерную подготовку по специальностям, по которым они будут работать, как это делалось в советской инженерной высшей школе).

Доучивание бакалавра до уровня профессионального специалиста (через степень магистра или систему профессиональной под-

готовки соответствующих фирм) в АП США занимает три-четыре года. Следовательно, обучение профессиональных специалистов занимает семь-восемь лет (бакалавриат + послебакалаврское доучивание). Обучение в магистратуре занимает как минимум два года и обеспечивает подготовку, в первую очередь, научного работника с весьма узкой специализацией. Следовательно, подготовка магистра занимает как минимум шесть лет.

В настоящее время руководителей промышленности западных стран подобная ситуация с подготовкой технических специалистов не устраивает. По их требованию началась частичная реформа авиационного образования, направленная на подготовку в вузах полноценных инженеров. Это означает приближение англо-американской двухступенчатой системы подготовки специалистов к российской одноступенчатой системе подготовки инженеров. Так, например, ведущий технический университет США – Массачусетский технологический институт – с 1995 г. начал подготовку инженеров-магистров. Во Франции Национальный институт прикладных наук (INSA) и Технический университет в Компьене (VTS) также по требованию промышленности перешли на пятилетние учебные планы подготовки инженеров.

Основными недостатками двухуровневой системы подготовки специалистов являются:

- увеличение до шести-восьми лет срока обучения полноценного профессионального специалиста для АП (вместо 5,5–6 лет подготовки по российской системе обучения инженеров);
- недостаточно высокое качество профессиональной подготовки магистра, так как за два-три года он должен изучить большое количество профессиональных дисциплин, которые невозможно выстроить в строгую последовательность (эта последовательность логически и методически строго выстраивается только в течение пяти лет), когда знания одной дисциплины последовательно используются в следующей дисциплине.

При 5,5–6-летнем сроке обучения изучение профессиональных дисциплин начинается с первого курса и продолжается до конца учебы, постепенно увеличиваясь в объеме. Таким образом, обеспечивается постепенное накопление профессиональных знаний и навыков, что гарантирует высокое качество подготовки вы-

пускника российской школы высшего технического образования и его быструю адаптацию на производстве.

Рассмотрим ряд вопросов обучения специалистов по авиационным технологиям в России [3], связанных с историей и с современным состоянием авиационной промышленности. История российской авиации и системы подготовки кадров для нее (системы подготовки авиационных кадров) началась в первых десятилетиях XX в.

Основоположником русской научно-педагогической школы в области авиационных наук был Николай Егорович Жуковский. Еще до первых полетов самолета он приступил к разработке вопросов теории «летания». В 1909 г. студенты Московского высшего технического училища (МВТУ), слушавшие лекции Н.Е.Жуковского, организовали воздухоплавательный кружок, где с 1911 г. началось систематизированное чтение лекционных курсов по основным направлениям авиационной науки и техники. В 1910 г. Н.Е.Жуковский организовал в МВТУ аэродинамическую лабораторию, а затем аэромеханический факультет, на базе которого в 1930 г. было создано Высшее аэромеханическое училище (ВАМУ), названное впоследствии Московским аэромеханическим институтом. 20 августа 1930 г. было утверждено название «Московский авиационный институт». Он стал первым в стране высшим учебным заведением, где все специальности были связаны с АП. В том же 1930 г. был создан также Харьковский авиационный институт.

Так как в 30-е годы предусматривался преимущественный рост производства тех отраслей, которым предназначалась главная роль в деле обеспечения обороны и хозяйственной устойчивости страны в военное время, АП стала быстро развиваться. Началось строительство авиационных и моторостроительных заводов, создавались конструкторские бюро, которые требовали все больше и больше кадров с высшим образованием. В 1932 г. начинают работать Казанский и Рыбинский авиационные институты. В 1940 г. был создан Московский авиационный технологический институт, в 1941 г. – Ленинградский авиационный институт, переименованный впоследствии в Ленинградский институт авиационного приборостроения. В 1942 г. страна получила еще два вуза: Куйбышевский и Уфимский авиационные институты.

Специалистов по эксплуатации для гражданской авиации в СССР готовили вузы, находившиеся в Киеве (Киевский институт ин-

женеров гражданской авиации), Риге (Рижский институт инженеров гражданской авиации) и Ленинграде (Ленинградская академия гражданской авиации). В Москве до 1971 г. работал филиал Киевского института инженеров гражданской авиации, который затем был преобразован в Московский институт инженеров гражданской авиации.

За прошедшие почти 100 лет российская авиация и система подготовки кадров для российской авиации прошли большой путь развития. В России, как и в других странах мира, система подготовки авиационных кадров создавалась и развивалась в соответствии с потребностями авиационной деятельности, что отражалось как на создании и развитии соответствующих направлений авиационного образования (подготовка кадров для сферы научных исследований, разработки и изготовления авиационной техники, ее эксплуатации (применения и обслуживания) и ремонта), так и на территориальном размещении учебных заведений, а также их ведомственной принадлежности.

Во всех вышеперечисленных городах, в которых появились авиационные вузы, были как опытные, так и серийные авиационные производства, однако сеть серийных заводов непрерывно расширялась. Поскольку в те годы осуществлялась политика распределения заводов по стране, то очень скоро появилась необходимость подготовки кадров с высшим образованием в Комсомольске-на-Амуре, Иркутске, Новосибирске, Перми, Воронеже, Тбилиси, Ташкенте и Ульяновске. В политехнических вузах этих городов были созданы самолетостроительные, ракетостроительные, двигателестроительные и приборостроительные факультеты или кафедры, часть которых в последние годы преобразовалась или находится в процессе преобразования в авиационные или аэрокосмические вузы.

Подготовка специалистов по авиационным технологиям определяется состоянием АП в стране. Нынешнее состояние АП является прямым следствием ее формирования в условиях тотального государственного планирования в СССР и закрытости государства от внешнего мира, причем не предполагалось, что она когда-либо будет функционировать в иных условиях. Ранее в стране производилось не менее четверти выпускаемых в мире ЛА, в основном военного назначения (свыше 80% всей производимой в стране авиатехники) [5]. Экспорт в СССР далеко не всегда носил

коммерческий характер и часто преследовал цели сохранения и расширения «зон влияния» без учета экономической целесообразности. Когда политическая и экономическая ситуация в стране кардинально изменилась, негативные последствия стали практически неизбежны.

В 90-е годы имело место резкое снижение производства в авиастроении. При этом число производителей и разработчиков авиационной техники, несмотря на бурные, но хаотичные процессы акционирования, конверсии и изменения ведомственной принадлежности за последние двенадцать лет мало изменилось. Численность работающих уменьшилась с 1,5 млн. человек в начале 90-х годов до примерно 0,5 млн. человек в настоящее время [9]. Учитывая, что реализация ЛА сокращалась существенно более высокими темпами, неудивительно, что производительность труда упала в 2,5–3 раза [10, 12].

Еще одним негативным последствием падения производства стала близкая к критической утрата технологической культуры. Учитывая, что в силу специфики производства в авиастроении и обслуживании ЛА даже сравнительно кратковременный отрыв инженерно-технического работника от производственного процесса влечет за собой необходимость его переподготовки, нетрудно представить себе, каков уровень падения квалификации в условиях дляящихся годами простоев. Существенную роль играет также уход значительной части квалифицированного персонала в другие сферы деятельности: теряется эффект «передачи опыта».

Таким образом, основными «болевыми точками» авиастроения стали:

- недозагрузка производственных мощностей;
- рост цен на комплектующие, двигатели и, как следствие, ЛА;
- снижение производительности труда, его низкая оплата;
- отсутствие возможности осуществлять НИОКР с целью разработки перспективных образцов продукции;
- отсутствие возможности в необходимые сроки осуществить доработку образцов техники, которые пока отвечают современным требованиям, но отстают от зарубежных аналогов по ряду показателей;
- отсутствие реальной возможности поставлять производимые ЛА на условиях лизинга [4, 6].

Сложившееся положение объясняется следующими причинами.

*Исторические причины* – нерыночный характер советской экономики (гарантированные централизованные закупки, прямое регулирование цен).

*Внутриэкономические причины* – падение платежеспособного спроса на продукцию производителей авиационной техники со стороны авиакомпаний и на авиаперевозки со стороны населения и грузоотправителей.

*Внешнеэкономические причины* – высокая конкурентность рынков, повышение требований к техническому уровню обеспечения безопасности полетов и экологическим характеристикам самолетов.

*Внутриполитические причины* – отсутствие достаточно четко структурированной государственной политики, слабая экономическая обоснованность и низкая реализация принимаемых решений.

*Организационные причины* – разрыв и потеря многих кооперационных связей между предприятиями и организациями АП.

Следует признать, что до недавнего времени совокупность проблем гражданской авиации и авиапрома, возникших в силу вышеперечисленных причин, не имела реального решения в рамках рыночной системы. Авиакомпании могли с избытком обеспечивать имеющийся платежеспособный спрос силами парка воздушных судов, оставшихся в их распоряжении с советского периода. При этом оценка рынка авиаперевозок внушала опасения. Государство, обремененное тяжелыми внешними и внутренними обязательствами, не могло выступать в качестве гаранта закупки продукции АП в течение сколько-нибудь длительного времени (закупки за счет бюджета прекратились еще в 1995 г.).

Научно-технический потенциал авиастроительных научно-исследовательских институтов (НИИ) и опытно-конструкторских бюро (ОКБ) в настоящее время все еще позволяет разрабатывать, испытывать и передавать в серийное производство ЛА, однако постепенно утрачивается способность к проведению задельных НИР и осуществлению масштабных опытно-конструкторских разработок. Это происходит, в основном, по следующим причинам:

– хроническая недостаточность финансирования (практически из всех источников не более 20–30% от необходимого); как следствие этого, с 1991 по начало 2000-х годов более чем в четыре раза сократился объем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР); это грозит серьезным отставанием отечественной авиационной науки от США и Европейского союза;

- отток научных и инженерных кадров высшей квалификации;
- разрушение уникальной экспериментальной базы [4, 6].

В результате перед Россией встала угроза отставания от мирового уровня в области разработки новых образцов авиационной техники. При этом АП была и остается самой наукоемкой и высокотехнологичной отраслью промышленности. Подсчитано, что себестоимость производства в расчете на килограмм веса авиатехники составляет от 1 до 3 тыс. долл., в том числе авионики – до 10 тыс. долл., тогда как бытовой видеоаппаратуры – от 200 до 300 долл., а автомобиля – от 10 до 30 долл. [4].

АП СССР, функционировавшая в рамках Министерства авиационной промышленности (МАП) СССР, представляла собой мощную авиационную корпорацию в современном смысле этого слова. Она имела научно-исследовательские и опытно-конструкторские организации, серийные заводы, т.е. все те структуры, которые характерны для таких ведущих авиационных корпораций, как «Боинг» и «Эрбас». В рамках МАП СССР (с привлечением других министерств) формировались финансовые потоки, успешно обеспечивавшие создание и производство новой авиационной техники, а также дополнительное финансирование системы подготовки кадров [5, 6, 10]. Однако в отечественной АП существовали предпосылки, осложнившие ее развитие. В первую очередь необходимо отметить юридическую и организационно-финансовую разрозненность ОКБ и серийных заводов в рамках МАП. Если в советское время проблемы, связанные с этой разрозненностью, компенсировались централизованным финансированием и планово-командной системой руководства, то после акционирования и приватизации 90-х годов данная разрозненность «ударила» как по ОКБ, так и по серийным заводам. Во-первых, произошло обвальное сокращение государственного финансирования научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Во-вторых, в процессе приватизации произошло раздробление Аэро-

флота и создание огромного количества авиакомпаний (свыше 400), подавляющее большинство которых нацелено только на получение краткосрочной прибыли и практически не заботится о модернизации и обновлении парка (они и не способны это делать в силу своей малости и финансовой слабости). Следовательно, финансовые потоки от покупателей гражданской авиационной техники к создателям этой техники сократились. В-третьих, произошла раздельная приватизация авиационных серийных заводов и ОКБ, проектировавших для них новую авиационную технику. Это практически перекрыло каналы финансирования разработки новой авиационной техники со стороны серийного производства.

Необходимо отметить, что в середине 80-х годов были попытки объединения серийных заводов и ОКБ АП, но они были неудачны. Это объясняется нежеланием одних руководителей переходить в подчинение другим (руководители ведущих ОКБ и серийных предприятий МАП СССР имели высокий статус в хозяйственном руководстве страны и большое влияние в политическом руководстве СССР), а также отсутствием твердой и последовательной воли со стороны руководства МАП и правительства СССР проводить такое объединение. Сейчас подобного рода объединение ОКБ и серийных предприятий сдерживается по тем же причинам. К ним прибавилось стремление руководителей отдельных организаций и заводов максимально самостоятельно осуществлять финансовую деятельность своих предприятий.

В-четвертых, после получения самостоятельности большинство серийных авиационных заводов отказалось отчислять часть доходов от продаж разработчикам авиационной техники, мотивируя эти действия тем, что в свое время (при существовании СССР) государство полностью профинансировало затраты на ее создание<sup>1</sup>. При этом наблюдается процесс организации новых ОКБ при серийных авиационных заводах. Сейчас они находятся на стадии становления и реально будут выдавать полноценные новые разработки через 10–15 лет. Ранее же сложившиеся творческие коллективы ОКБ умирают. Сочетание этих тенденций значительно сдерживает развитие АП, хотя, если удастся сформировать вполне квалифицированные ОКБ при серийных заводах, то в будущем

---

<sup>1</sup> Независимое военное обозрение. – М., 2001–2004.

(лет через 10–15) их деятельность в тесной связке с серийными заводами принесет положительные результаты.

Последние 14 лет экономических и социальных преобразований в России в наибольшей степени «ударили» по высокотехнологическим отраслям промышленности, соответствующим российским научным и образовательным структурам. Пострадала и АП России. В ней идет утрата технологий создания новой авиационной техники и ее серийного производства, но наиболее тревожное явление – потеря основного кадрового потенциала практически во всех организациях и предприятиях авиационной промышленности [5, 6].

Рассмотрев современное состояние АП России, дадим краткую характеристику состояния ее кадровых ресурсов [4, 11]. Для них характерны:

1) сравнительно большой срок формирования; минимальный срок подготовки инженерно-технических работников (ИТР) с учетом обучения в вузе составляет шесть–семь лет, а «доведение» специалиста до уровня инженерной и/или научной зрелости – не менее 12 лет; при этом нижняя возрастная граница получения ученой степени кандидата наук составляет 30 лет, а доктора наук – 40 лет; для рабочих получение достаточной квалификации, определяемой соответствующим разрядом, составляет не менее пяти лет;

2) сравнительно малые сроки потери необходимого уровня квалификации (деквалификация) в случае простоев и/или перерывов в работе по специальности; утрата базовых знаний и дезактуализация представлений о ситуации в проблемной области составляет не более трех лет;

3) большая продолжительность и низкая вероятность успешной квалификационной реабилитации; как правило, переобучение занимает не менее одного года и имеет вероятность благоприятного исхода менее 50%;

4) значительные затраты на обучение; хотя в настоящее время реальные затраты на подготовку авиационного специалиста с высшим образованием не превышают 5–10 тыс. долл., в случае дальнейшего выравнивания внутристранских и мировых цен они должны составить не менее 100–300 тыс. долл., а по наиболее интеллектуалоемким специальностям могут достигнуть 500 тыс. долл.;

5) низкие интенсивность и результативность целевой адаптации сотрудников с неавиационной подготовкой для работы на предприятиях АП; как правило, адаптация на авиационном производстве проходит плохо; пожалуй, единственное исключение составляют военные отставники, причем в основном служившие в ВВС, ПВО, РВСН и академиях авиационного профиля;

6) особый характер мобильности; авиационные специалисты по уровню своей подготовки конкурентоспособны на рынке рабочей силы и легко трудоустраиваются вне АП, неохотно в силу цеховых психологических ограничений осуществляют внешнюю и внутреннюю эмиграцию, а в случае трудоустройства испытывают дискомфорт и почти никогда не возвращаются в авиационную сферу; кроме того, реальная мобильность авиационных кадров легко реализуема только в крупных научно-промышленных центрах и практически недоступна занятым на градо- и регионаобразующих предприятиях;

7) низкая профессиональная диверсифицированность; основная масса российских кадровых работников в АП не готова и не способна выйти за рамки своей достаточно узкой специализации, для получения которой они затратили большое количество времени и усилий; кроме того, играет роль снижение уровня интеллектуального труда при уходе из АП в другие отрасли и сферы деятельности (специалист неохотно идет на менее творческий вид деятельности, требующий меньшей квалификации, чем им была приобретена ранее);

8) низкая требовательность к уровню доходов и условиям труда в сочетании с ориентацией на завышенную социальную оценку своей производственной деятельности; так, например, средний уровень доходов работников АП на начало 2000 г. составлял около 60 долл. в месяц, в то время как физиологический уровень выживания оценивался на уровне не менее 110 долл. в месяц;

9) высокая латентная безработица; реальная производственная загрузка специалистов АП составляет не более 30% от потенциально возможной (иногда используется термин «располагаемой»); соответственно работа имеет низкую интенсивность, порождает низкую производительность и рассматривается большинством специалистов как формальная занятость, которая обеспечивает неосновной источник доходов и сохраняет трудовой стаж;

10) низкий уровень фактической фондооруженности, особенно в части современного оборудования (с одной стороны, неизношенного физически, а с другой – морально устаревшего); это прежде всего относится к современной вычислительной технике;

11) высокая (с точки зрения уровня, существующего в развитых странах) изолированность от мировой авиационной науки и промышленности; подавляющее большинство российских специалистов в АП не имеют межличностных и производственных контактов с зарубежными коллегами;

12) информационная оторванность, выражаяющаяся в отсутствии возможности получать новейшую информацию о мировой авиационной науке и промышленности;

13) широкое распространение «династичности», при которой новые работники являются преимущественно потомками ранее работавших в АП (зачастую в тех же организациях);

14) падение числа занятых в АП; на серийных заводах численность производственных рабочих сократилась практически пропорционально сокращению объема производства, т.е. в несколько раз; при этом ушли наиболее квалифицированные кадры; практически все ОКБ и НИИ тоже потеряли ведущие кадры;

15) существование фактически непреодолимых барьеров для трудоустройства иностранных авиационных специалистов (режимный, зарплатный и языковой барьеры);

16) старение (средний возраст работающих в НИИ и ОКБ равен 55–60 годам, на серийных предприятиях немногим ниже); практически отсутствует средневозрастные инженеры и учёные, имеющие необходимый опыт и квалификацию и способные выполнять высококвалифицированную работу, быть лидерами творческих коллективов и обучать молодых специалистов;

17) преобладание среди руководителей предприятий, административно-управленческих служб и подразделений специалистов, не обладающих профессиональной менеджерской подготовкой;

18) социально-психологическая непrestижность АП и неуверенность работников в завтрашнем дне;

19) рассредоточенность серийных заводов АП по территории всей страны и одновременная концентрация значительной части НИИ и ОКБ в Москве и Московской области;

20) повышенная концентрация центров подготовки авиационных специалистов (особенно специалистов для НИИ и ОКБ) в Москве;

21) отсутствие необходимой мобильности кадров, обусловленное отсутствием жилья.

Указанные особенности кадровых ресурсов АП позволяют сделать следующие выводы:

1) кадровый потенциал АП уже находится в состоянии, препятствующем технологическому совершенствованию авиационного производства;

2) основные тенденции развития кадрового потенциала АП негативны и трудноисправимы, что требует выработки специальных мер.

Главные причины отмеченного негативного состояния кадрового потенциала АП:

1) общеэкономический кризис, приведший к значительному падению доходности отечественного авиационного производства;

2) вырождение управленческой сферы АП на всех уровнях, в том числе связанное с неквалифицированным управлением в части использования и развития кадрового потенциала [4].

Поэтому необходима реализация комплекса антикризисных мер в области кадровой политики предприятий АП, направленных на улучшение состояния кадрового потенциала и затрагивающих всех работников, особенно «молодых специалистов» (работников в возрасте до 28–33 лет). Именно они составляют основную часть так называемого человеческого потенциала АП на среднесрочную и долгосрочную перспективу, так как в ближайшие 5–10 лет специалисты старшего поколения (старше 55 лет) объективно утратят работоспособность, а специалисты среднего поколения (35–55 лет) не смогут эффективно работать в дискомфортных условиях. Поэтому в обозримом будущем реальны два сценария: либо потенциал АП окажется полностью разрушен, и тогда проблема кадров для него исчезнет сама собой; либо кадровая составляющая будет в основном представлена специалистами не старше 45 лет, а управление будет наиболее действенным.

В силу инерционности процессов формирования кадрового потенциала последствия эффективного управления могут сказать-

ся лишь через несколько лет. Поэтому выработка соответствующих управленческих решений должна начаться как можно раньше.

Особую специфику имеет кадровая проблема предприятий АП в крупных городах (особенно в Москве). Например, средние доходы в Москве значительно выше, чем в целом по России. Так средняя зарплата достигла уже 16–18 тыс. рублей при средней зарплате по России 8 тыс. рублей. Предлагаемая же на московских авиационных предприятиях зарплата в пределах 10 тыс. рублей не привлекает выпускников вузов. Тем более что перспективы повышения зарплаты молодых специалистов в связи с низким уровнем средних зарплат на предприятиях нет. Московские авиационные предприятия испытывают постоянную нехватку молодых специалистов, несмотря на попытки их привлечения. Все это приводит к значительно более быстрому сокращению численности московских предприятий АП по сравнению с другими регионами России за счет интенсивного оттока кадров в те отрасли, зарплаты в которых значительно выше.

Необходимо отметить, что в связи с большой сложностью и наукоемкостью авиационной отрасли постепенно, но достаточно последовательно сложилась дифференциация подготовки авиационных кадров. Во-первых, выделились вузы, осуществляющие подготовку авиационных специалистов для АП – авиационные институты. В две самостоятельные группы выделились также вузы, осуществляющие подготовку специалистов в области эксплуатации авиационной техники (для гражданской авиации и вооруженных сил). Этот процесс шел постепенно, но достаточно последовательно, хотя так и не завершился. Например, Военно-воздушная инженерная академия им. Н.Е.Жуковского (ВВИА) вплоть до 50-х годов осуществляла подготовку специалистов в области проектирования ЛА (начиная с 50-х годов она перешла на подготовку специалистов только в области эксплуатации авиационной техники). Во-вторых, произошла специализация авиационных институтов на вузы, осуществляющие подготовку специалистов для НИИ и ОКБ (сфера разработки авиационной техники) и серийных заводов (сфера серийного производства авиационной техники). В настоящее время положение с подготовкой специалистов для АП в России по сравнению с началом 90-х годов ухудшилось из-за уменьшения набора студентов и, следовательно, выпуска инженеров.

Внедрение рыночных отношений в экономику нашей страны привело к ряду негативных последствий в области подготовки инженерных кадров высшими учебными заведениями, в том числе и по авиационным специальностям. Однако можно констатировать, что авиационные вузы России выжили и пока еще продолжают подготовку инженерных кадров и высококвалифицированных специалистов для АП практически по всей номенклатуре профильных специальностей.

*В тяжелое положение попали студенты, обучающиеся по высокотехнологичным специальностям в авиационных вузах. Это вызвано следующими причинами:*

1) обучение осталось сложным и трудоемким; оно требует много времени для выполнения большого количества курсовых работ, курсовых проектов и других видов самостоятельной работы студента; в среднем студент тратит 54 часа в неделю на учебу (аудиторные занятия и самостоятельная работа);

2) максимальная стипендия студента-отличника составляет в настоящее время около 1000 рублей в месяц, что в сопоставимых ценах в пять–шесть раз ниже стипендии в 80-х годах.

В целом материальное положение семей студентов, которые в основном являются детьми работников АП, невысокое. До начала 90-х годов большая часть студентов участвовала в научных исследованиях, проводившихся на выпускающих кафедрах. Они получали дополнительный заработок и приобретали навыки проведения научных и инженерных работ по избранной специальности, что повышало их творческий потенциал. В настоящее время практически все студенты технических специальностей не имеют дополнительной достойно оплачиваемой работы по специальности. Их трудовая деятельность никак не связана со специальностью, по которой они обучаются.

Отметим, что рабочая группа Совета деканов инженерных факультетов вузов США [2] в числе рекомендаций по совершенствованию процесса подготовки инженерных кадров указала на необходимость обеспечения достойного и высокого уровня финансовой поддержки студентов (в первую очередь стипендий), которая должна составлять величину, примерно равную половине зарплаты выпускника вуза. В 70-х годах в советских технических вузах стипендия студентов как раз соотносилась с зарплатой молодых специали-

стов как 1:2. В настоящий момент в московских технических вузах это соотношение в диапазоне от 1:10 (при соотнесении стипендии к минимальной зарплате молодых специалистов в московских организациях АП) до 1:30 (при соотнесении стипендии к средним зарплатам выпускников ведущих московских технических вузов, которые примерно равны средним зарплатам по Москве).

*В последние 14 лет резко снизился уровень государственного финансирования образования в авиационных вузах при почти полном отсутствии финансирования со стороны АП. Около 10 лет оно осуществлялось только по статье «заработка плата» на чрезвычайно низком уровне. По этой причине авиационные вузы, имевшие мощную материально-техническую базу, оказались в тяжелом положении. Их недофинансирование привело к следующим последствиям:*

- резко снизился интерес молодежи к работе преподавателя и вообще работника вуза;
- из вузов ушло подавляющее большинство молодых талантливых специалистов (преподавателей, учебно-вспомогательного и научного персонала);
- отток молодежи привел к старению профессорско-преподавательского состава (особенно на специальных кафедрах); средний возраст преподавателя на специальных кафедрах авиационных вузов равен 62 годам, а профессоров приблизился к 70 годам; низкая пенсия заставляет преподавателей вести учебную работу, несмотря на возраст; руководство вузов вынуждено с этим мириться, так как преподавателей-пensionеров заменить некем;
- произошло разрушение педагогических школ; это вызвано тем, что молодой начинающий преподаватель должен в течение примерно пяти лет под руководством куратора-профессора кафедры осваивать методику учебного процесса, постепенно поднимая уровень своего мастерства; в настоящий момент из-за отсутствия молодых преподавателей старшему поколению передать свой педагогический опыт некому и это грозит исчезновением педагогических школ на специальных кафедрах авиационных вузов;
- низкая заработная плата преподавателей также не способствует привлечению к педагогической работе молодых ученых и высококлассных специалистов из промышленности; в настоящее время реальная заработная плата преподавателей высших учебных заведений составляет не более 25% от той, которую они имели до 1990 г.;

– возникла и прочно закрепилась социальная апатия у работников вузов, появилась необходимость в совместительстве в других организациях (при этом на учебно-методическую работу остается немного времени);

– нехватка средств сказалась на уровне материально-технического обеспечения учебного процесса (не могут эксплуатироваться и фактически вышли из строя уникальные учебно-научные стенды и установки, что неизбежно оказывается на качестве выпускаемых специалистов);

– учебно-вспомогательный персонал, который по нормативам высшей школы должен составлять 25% от численности преподавательского состава, практически отсутствует в авиационных вузах из-за очень низкой оплаты труда.

*Спад в АП привел к резкому сокращению объемов НИР, выполняемых в авиационных вузах по заказам отраслей и отдельных предприятий (примерно на порядок по сравнению с концом 80-х годов).* Это привело к следующим отрицательным результатам:

– в значительной степени утрачен главный источник знаний по профилю специальности, а значит, практически прекратилось обновление содержания специальных учебных дисциплин;

– из-за простоя предприятий АП вузы лишились полноценных учебно-производственных практик;

– исчезли условия для наиболее эффективных форм обучения студентов – в составе учебно-научных групп, работающих по реальной тематике;

– происходит деградация профессорско-преподавательского состава как ученых, способных решать реальные научные задачи;

– сведен до минимума источник внебюджетного финансирования вузов за счет научных исследований.

Значительно снизилась помощь предприятий АП специальным кафедрам авиационных вузов. До начала 90-х годов они оказывали (часто безвозмездно) большую материально-техническую помощь.

Специальные кафедры получали от предприятий АП новейшие образцы авиационной техники и различные исследовательские установки, что позволяло вести обучение студентов не только на уровне серийно освоенных, но и самых передовых технологий.

Реформирование образования, введение государственных образовательных стандартов (ГОС) привели к существенному со-

кращению объема учебных занятий по специальным дисциплинам и дисциплинам специализаций, что ударило по спецкафедрам, их научным школам, где сосредоточена большая часть крупных учебных и педагогов, на которых держится и которыми гордится высшая авиационная школа России.

Рассмотрим основные предлагаемые мероприятия, направленные на сохранение и совершенствование отечественной системы подготовки авиационных кадров и развитие авиационной науки в вузах. В ближайшие годы в авиационных вузах произойдет ряд очень важных и далеко идущих событий. В связи с сокращением контингента преподавателей придется осуществить вынужденное объединение авиационных специальных кафедр, что привлечет за собой сокращение и перестройку (реконфигурацию) классификатора специальностей и специализаций. Станет актуальной проблема консервации специальных знаний на достигнутом уровне «до лучших времен». Необходима реализация экстренных, чрезвычайных мер по созданию кадрового резерва на авиационных специальных кафедрах за счет целевого дополнительного выделения средств для привлечения молодых специалистов на приемлемых для них условиях (зарплата, возможности научного роста, жизнеустройство в будущем).

Качество подготовки специалистов даже в ведущих технических (в том числе авиационных) вузах существенно снизилось как по объективным причинам, связанным с состоянием базовых отраслей промышленности и недофинансированием вузов, так и по субъективным причинам, связанным с реформированием системы образования на основе экономических критериев и недифференцированным подходом при принятии решений, не учитывающих специфику технического образования.

Задача научного обоснования оптимальной системы образования в различных областях образовательной деятельности никогда не решалась. К счастью, в области авиационного образования пока сохранилась российская система инженерного образования, хотя и в заметно «подпорченном» виде из-за государственных образовательных стандартов, которые применялись без дифференцированного подхода с грубым нарушением диалектики стандартизации.

Несмотря на необоснованные нападки и необъективную критику сторонников «радикального реформирования» россий-

ской системы инженерного образования, подавляющее большинство профессионалов-педагогов авиационных вузов и специалистов АП выступают за ее сохранение и дальнейшее совершенствование на базе современных образовательных технологий.

Нельзя допустить развала системы, прекрасно зарекомендовавшей себя на практике, создававшейся и совершенствовавшейся многие десятилетия. Это тем более нецелесообразно потому, что в авиационном образовании США, Франции и других высокоразвитых стран вместе с созданием новых подходов к организации высшего образования методично шаг за шагом воспроизводится наша российская система инженерного образования: наши конкуренты осознали ее неоспоримое преимущество и безальтернативность.

Необходимо срочно предоставить головным авиационным вузам и соответствующим учебно-методическим объединениям совместно с промышленностью исключительные права вносить изменения в классификатор авиационных специальностей и содержание образовательного процесса для оперативного реагирования на изменения возможностей вузов по реализации учебного процесса. Реконфигурация образовательных процессов по авиационным специальностям должна быть легитимной в рамках нормативно-правового поля (например, предоставление соответствующих академических свобод ряду вузов и учебно-методических объединений).

Организациям АП необходимо принять активное участие в формировании нового перечня авиационных специальностей с учетом существующего и перспективного уровней развития авиационной отрасли. Заказчикам специалистов по авиационным специальностям надо глубже вникать в суть решений по реформированию образования, в частности, разобраться в проблеме стандартизации в образовании с тем, чтобы своевременно отстаивать свои интересы в области качества подготовки специалистов.

Необходимо решить вопрос о расширении участия профессорско-преподавательского состава и студентов вузов в научных исследованиях по профилю специальности. Целесообразно объединить очень небольшие, но жизнеспособные (по возрасту персонала и тематике) педагогические и научные коллективы, а также отдельных преподавателей и научных сотрудников московских авиационных вузов в *отдельный компактный авиационный элитный вуз – исследовательский университет* (может быть, используя часть базы

одного из существующих вузов), который должен финансироваться из специальных фондов (федеральных, региональных и отраслевых) на таком уровне, чтобы обеспечивать учебный процесс очень небольшого контингента студентов по основным авиационным специальностям в течение ближайших 10–15 лет. При этом уровень финансирования отдельного преподавателя и студента должен быть увеличен не менее чем на порядок по сравнению с существующим уровнем, в противном случае не будет выполнена задача притока молодых талантливых перспективных преподавательских и научных кадров, а это значит, что средства, выделенные в меньших размерах, будут потрачены зря. При этом такой вуз будет готовить кадры, как для АП, так и для гражданской авиации. Их основная часть будет работать на региональных предприятиях и в организациях АП, а также региональных авиационных вузах (для передачи педагогического опыта московских вузов).

## **Заключение**

Выполнен научноведческий анализ исследований по технологии создания ЛА нового типа – комбинированных летательных аппаратов вертикального взлета и посадки с поворотными несущими воздушными винтами. Как следует из результатов анализа мирового и отечественного информационных потоков по проблемам создания АВВП с ПНТВ, в России накоплен богатый опыт работ по данной тематике. Она занимает второе (после США) место в указанной области. В то же время с начала 90-х годов произошло снижение исследовательской активности и масштаба работ в России.

В анализируемой области исследований проявились несколько положительных и отрицательных факторов. К положительным факторам можно отнести:

- близость структур (распределений по тематике) отечественных и зарубежных информационных потоков;
- значительное преобладание докторов наук среди руководителей научно-технических исследований, финансируемых из государственного бюджета;

– приблизительную синхронность темпов изменения числа отечественных публикаций и темпов изменения числа зарубежных публикаций по отдельным направлениям исследований в целом;

– сочетание научно-исследовательской и преподавательской деятельности значительной части научных сотрудников, работающих по данной тематике.

К факторам, тормозящим исследовательские работы по созданию АВВП с ПНТВ, относятся:

– обвальное снижение финансирования в период с начала 90-х годов по настоящее время;

– недостаточный объем работ по подготовке высококвалифицированных кадров.

Учитывая интенсификацию исследовательских работ по созданию АВВП с ПНТВ, проводимых в США и Западной Европе, необходимо на основании технико-экономических расчетов предпринять неотложные меры по увеличению объема и интенсивности подобных работ в России за счет государственного бюджета. Это в самой ближайшей перспективе может дать значительный экономический эффект с учетом высокого уровня потребности в использовании подобных транспортных средств.

В России, как и в других странах мира, система подготовки авиационных кадров создавалась и развивалась в соответствии с потребностями АП, гражданской авиации и военно-воздушных сил. Это отражалось как на создании и развитии соответствующих направлений авиационного образования (подготовка кадров для сферы научных исследований, разработки и изготовления авиационной техники, ее эксплуатации (применения и обслуживания) и ремонта), так и на территориальном размещении учебных заведений, а также их ведомственной принадлежности.

Негативным следствием падения производства в АП стала близкая к критической утрата технологической культуры. Научно-технический потенциал авиастроительных НИИ и ОКБ в настоящее время все еще позволяет разрабатывать, испытывать и передавать в серийное производство воздушные суда и авиационные комплексы любого назначения, однако постепенно утрачивается способность к проведению задельных НИР.

Кадровый потенциал российской АП находится в таком состоянии, что препятствует технологическому совершенствованию

авиационного производства. Основные тенденции развития состояния кадрового потенциала АП являются негативными и трудноисправимыми, что требует выработки, принятия и реализации специальных мер.

Несмотря на проявившиеся в последнее десятилетие негативные тенденции, можно констатировать, что авиационные вузы России выжили и пока еще продолжают подготовку инженерных кадров и высококвалифицированных специалистов для АП практически по всей номенклатуре профильных специальностей.

Спад в АП привел к резкому сокращению объемов НИР, выполняемых в авиационных вузах по заказам отраслей и отдельных предприятий (примерно на порядок по сравнению с концом 80-х годов).

В ближайшие годы в связи с сокращением контингента преподавателей придется осуществить вынужденное объединение авиационных специальных кафедр. Сокращение контингента преподавателей и числа специальных кафедр повлечет за собой сокращение и перестройку (реконфигурацию) классификатора специальностей и специализаций. Необходима реализация экстренных, чрезвычайных мер по созданию кадрового резерва на авиационных спецкафедрах за счет целевого дополнительного выделения средств для привлечения молодых специалистов на приемлемых для них условиях. Учитывая критическое состояние в области подготовки кадров по авиационным специальностям, необходимо предоставить головным вузам и соответствующим учебно-методическим объединениям совместно с промышленностью исключительные права вносить изменения в классификатор авиационных специальностей и содержание образовательного процесса для оперативного реагирования на изменения возможностей вузов по реализации учебного процесса.

Необходимо решить вопрос о расширении участия профессорско-преподавательского состава и студентов вузов в научных исследованиях по профилю специальности. Неучастие профессорско-преподавательского состава в НИР приводит к отставанию содержания учебных дисциплин от уровня современных достижений науки и техники. Неучастие студентов в выполнении реальных НИР лишает вуз возможностей реализации наиболее эффективной формы учебного процесса – обучения в составе учебно-научных групп. Наконец, профессорско-преподавательский состав как наиболее

квалифицированная часть научного потенциала страны оказывается незадействованным в решении многочисленных проблем отрасли.

## Список литературы

1. Авиация ПВО и научно-технический прогресс: Боевые комплексы и системы вчера, сегодня, завтра / Под ред. Федосова Е.А. – М.: Дрофа, 2001. – 816 с.
2. Актуальные проблемы зарубежной высшей и средней специальной школы. Экспресс-информация НИИ Проблем высшей школы. – М., 1989. – Вып. 1. – 31 с.
3. Аэрокосмические вузы России: Кто есть кто от А до Я / Ред. совет: Матвеенко А.М. и др. – М.: Изд-во МАИ, 1996. – 144 с.
4. Бодрунов С.Д., Дмитриев О.Н., Ковальков Ю.А. Авиационно-промышленный комплекс России на рубеже XXI века: Проблемы эффективного управления: В 2 ч. – СПб.: Корпорация «Аэрокосмическое оборудование», 2002. – Ч. 1. – 549 с. – Ч. 2. – 475 с.
5. Бодрунов С.Д., Ковальков Ю.А. Экономика и организация авиастроения в России. – СПб, 2001. – 288 с.
6. Инновационный менеджмент в России: Вопросы стратегического управления и научно-технической безопасности / Рук. авт. колл. Макаров В.Л., Варшавский А.Е. – М.: Наука, 2004. – 880 с.
7. Необходимый модельный ряд. Мнение экспертов компаний «Ильюшин-Финанс» // Самолет. – М., 2003. – № 5–6.
8. Новости авиакосмической науки и техники МАКС 2003: Сб. / ОАО «Авиасалон»; Межрегиональное общество авиастроителей. – М., 2003.
9. О ходе реформирования предприятий и организаций авиационной промышленности. – Режим доступа: // <http://www.svavia.ru>.
10. Перспективы гражданской авиации в России: Аналит. записка / Рейтинговое агентство «Эксперт». – М., 2002. – 23 с.
11. Принципы подготовки специалистов для авиационной и ракетно-космической промышленности и их закрепления на предприятиях, в организациях и учреждениях: Расширенное заседание Научно-технического совета Российского авиационно-космического агентства 6 декабря 2001 г. – М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2001. – 124 с.
12. Проблемы, принципы и методы корпоратизации авиапромышленного комплекса России / Бодрунов С.Д., Дмитриев О.Н., Ковальков Ю.А. и др. – СПб.: Корпорация «Аэрокосмическое оборудование», Петроградский и Ко, 2000. – 432 с.
13. Ружицкий Е.И. Европейские самолеты вертикального взлета. – М.: Астрель: ACT, 2000. – 145 с.