



Distr.
GENERAL

A/53/202
28 July 1998
RUSSIAN
ORIGINAL: ENGLISH

Пятьдесят третья сессия
Пункт 67 предварительной повестки дня*

РОЛЬ НАУКИ И ТЕХНИКИ В КОНТЕКСТЕ МЕЖДУНАРОДНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И
РАЗОРУЖЕНИЯ

Доклад Генерального секретаря

СОДЕРЖАНИЕ

	<u>Пункты</u>	<u>Стр.</u>
ВВЕДЕНИЕ	1 - 3	2
ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ В ОТДЕЛЬНЫХ ОБЛАСТЯХ	4 -	2
151		
А. Ядерная технология	4 - 28	2
В. Космическая техника	29 - 56	9
С. Технология материалов	57 - 84	18
Д. Информационная технология	85 - 112	25
Е. Биотехнология	113 - 151	32

* A/53/150.

ВВЕДЕНИЕ

1. Настоящий доклад представляется во исполнение резолюций Генеральной Ассамблеи 51/39 от 10 декабря 1996 года и 52/33 от 9 декабря 1997 года. В резолюции 51/39 Ассамблея просила Генерального секретаря обновить и дополнить предыдущий доклад от 17 октября 1990 года, озаглавленный "Достижения науки и техники и их воздействие на международную безопасность" (A/45/568), с целью оценить воздействие последних достижений науки и техники, особенно тех, которые могут быть применены в военных целях. В резолюции 52/33 Ассамблея напомнила о резолюции 51/39, а также о своей просьбе к Генеральному секретарю представить обновленный доклад не позднее чем на ее пятьдесят третьей сессии.

2. В докладе 1990 года содержались оценки тенденций и достижений в пяти основных областях: ядерная технология, космическая техника, материаловедение, информационная технология и биотехнология. Эти оценки были сделаны учеными, представившими подготовленные ими документы для обсуждения на конференции высокого уровня по теме "Новые тенденции в науке и технике: последствия для международного мира и безопасности", проведенной в Сендае, Япония, в апреле 1990 года. Организатором конференции выступило правительство Японии. Представленные документы были доработаны с учетом обсуждений, состоявшихся на этой конференции.

3. Во исполнение просьбы, содержащейся в резолюциях 51/39 и 52/33, экспертам, подготовившим первоначальные материалы для доклада 1990 года, было предложено обновить свои более ранние оценки и провести краткий обзор широких новых тенденций, отмеченных после представления предыдущего доклада, охарактеризовать любые новые тенденции и, по возможности, проиллюстрировать их и представить замечания в отношении применения последних достижений в мирных и иных целях. Приведенные ниже обновленные оценки отражают точки зрения их авторов.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ В ОТДЕЛЬНЫХ ОБЛАСТЯХ

А. Ядерная технология*

4. В докладе 1990 года отмечалось, что после нескольких десятилетий стремительного развития ядерная технология, как представляется, достигла такого уровня, когда новые крупные качественные сдвиги в ближайшем будущем представляются маловероятными. Под "сдвигами" подразумевался не обычный прогресс в области научных исследований, а достижения, которые, как можно было ожидать, окажут воздействие - позитивное или негативное - на политику в области международной безопасности и на усилия в направлении разоружения. Данный прогноз подтвердился, о чем будет более подробно сказано ниже.

5. В 70-х и 80-х годах поговаривали о том, что технология оттеснила политику. Радикальные изменения в международных отношениях в 90-е годы несколько восстановили приоритет политики. Это, пожалуй, более заметно в ядерной области, чем во многих других областях, поскольку большинство ведущихся в настоящее время исследований и разработок в ядерной области нацелены на выполнение политических решений, вынесенных вследствие этих изменений.

6. За время, прошедшее после подготовки предыдущего доклада, мир стал свидетелем, наряду с другими событиями, распада Советского Союза и перевода всех советских ядерных вооружений на территорию Российской Федерации, вывода почти всех достратегических ядерных вооружений из

* Настоящий раздел подготовил д-р Тор Ларссон, координатор исследований в области ядерного оружия, Национальное управление военных исследований, Стокгольм.

Европы и, возможно, ликвидации многих из них, продолжения работы по выполнению Договора о сокращении и ограничении стратегических наступательных вооружений (Договор СНВ-1), подписания (но еще не ратификации) Договора СНВ-2 и проведения предварительных обсуждений относительно будущего договора СНВ-3. На многостороннем уровне был продлен на неограниченный срок Договор о нераспространении ядерного оружия, был заключен Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний - хотя в нем содержатся положения, которые могут воспрепятствовать его вступлению в силу в его нынешней форме, - и были активизированы усилия по заключению договора о запрещении производства материалов для ядерного оружия. Война в Заливе и ее последствия послужили важными уроками. Недавно свою способность производить ядерное оружие продемонстрировали Индия и Пакистан, которые открыто провели испытания нескольких взрывных устройств.

7. В идеале все эти вышеуказанные новые моменты следовало бы учесть при пересмотре доклада 1990 года, который охватывал тенденции, касающиеся:

- производства ядерного оружия;
- производства ядерной энергии в гражданских целях;
- методов производства ядерных материалов;
- так называемого радиологического оружия;
- лазерных лучей или пучков частиц, применяемых в качестве альтернативы активной противоракетной обороне или каким-либо иным способом в контексте ядерного оружия;
- ядерной технологии для целей обнаружения и контроля за соблюдением договоров.

8. В действительности же, вышеупомянутые изменившиеся обстоятельства обуславливают необходимость переноса акцента по сравнению с 1990 годом. Налицо также необходимость рассмотреть вопросы, которые в предыдущем докладе затрагивались лишь поверхностно или вообще не затрагивались, с тем чтобы отразить направления дальнейшего развития, которые приобрели важное значение в свете последних событий. Как и в предыдущем докладе, такие вопросы, как наработки в области средств доставки (ракеты и т.д.) и оружейных платформ, не рассматриваются, поскольку с научной точки зрения они считаются не связанными с ядерной технологией.

Ядерное оружие

9. В докладе 1990 года особое внимание было уделено вопросу о верхних пределах в том, что касается как мощности оружия, так и возможного манипулирования, т.е. "распределения" поражающими факторами оружия. Как представляется, сегодня эти вопросы вызывают меньший интерес. Одна из причин заключается просто в том, что дальнейшая разработка новых систем ядерного оружия, похоже, прекратилась. Другая причина - это то, что возможность развязывания ядерной войны, в ходе которой такие конкретные характеристики оружия могли бы считаться полезными, в настоящее время представляется весьма отдаленной.

10. Важным фактором в замедлении или прекращении разработки новых типов ядерных взрывных устройств - если таковая действительно велась ранее - явилось приостановление на длительное время испытаний ядерного оружия Соединенными Штатами Америки, Российской Федерацией и Соединенным Королевством Великобритании и Северной Ирландии. Эти три

государства провели свои последние по времени и, возможно, вообще последние испытательные взрывы соответственно в 1992, 1990 и 1991 годах, тогда как Китай и Франция продолжали испытывать ядерное оружие даже в 1996 году. Однако в конце 1996 года все пять держав, традиционно считающихся ядерными, приняли на себя обязательство полностью прекратить испытания, подписав Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний. Хотя политические последствия испытаний, проведенных Индией и Пакистаном в мае 1998 года, являются весьма существенными, нет никаких оснований считать, что эти испытания знаменуют собой какие-то технологические прорывы за пределы того, что уже давно было достигнуто первоначальными пятью государствами, обладающими ядерным оружием.

11. С другой стороны, ряд ядерных государств обеспокоены проблемой поддержания технического состояния своих ядерных арсеналов (или арсеналов, оставшихся после сокращения вооружений) в условиях отсутствия возможности проведения полномасштабных испытаний. По этой причине правительство Соединенных Штатов выделяет значительные средства на осуществление программы, обычно называемой "программой содержания ядерного арсенала"; аналогичная, хотя и значительно меньшая по своим масштабам, программа осуществляется также во Франции. Вместе с тем, существует значительная неопределенность в отношении будущей направленности таких программ и, следовательно, возможностей, которые они могут открывать для технической модификации и совершенствования ядерных боеголовок, которые они призваны "содержать".

12. Сторонники "программы содержания" считают, что она должна обеспечивать, чтобы: а) вся информация, полученная по результатам предыдущих испытаний, сохранялась и была понятной; б) поражающие факторы оружия можно было имитировать в максимально возможной степени; и в) вычислительные методы были адекватными для замены, обновления или модернизации компонентов оружия по истечении их технического ресурса. Второй из этих пунктов связан в первую очередь с воздействием радиации на современные микроэлектронные средства, что имеет исключительно важное значение как для наступательных, так и для оборонительных систем. Заострение внимания на этом аспекте могло бы стать указанием на то, что требования, обусловленные ядерным стратегическим противостоянием, до сих пор остаются актуальными. В третьем пункте на передний план выносится аспект, о котором было хорошо известно, но который мало обсуждался во время подготовки предыдущего доклада, т.е. вопрос о старении различных частей ядерных боеголовок.

13. Общеизвестно, что, если действие боеголовки зависит от наличия в ней трития, то это вещество необходимо заменять через регулярные промежутки времени, поскольку его период полураспада составляет примерно 12 лет. Однако старению могут подвергаться и другие, неядерные компоненты. Например, взрывчатое вещество может разлагаться под воздействием радиации, в результате теплового воздействия могут выходить из строя отдельные компоненты, а на стыках между разными материалами может появляться ржавчина. Если говорить в целом, то существует мнение, что ядерные боеголовки должны подвергаться капитальному ремонту каждые пять-десять лет. Поскольку напряженная экономическая ситуация в Российской Федерации делает сложным продолжение предыдущей практики обслуживания, ряд российских обозревателей действительно считают, что российский ядерный арсенал в настоящее время в значительной мере является ненадежным в техническом отношении. Однако многие наблюдатели сомневаются в том, что такая крупномасштабная, далеко идущая и дорогостоящая исследовательская программа действительно необходима для решения проблем такого рода. Поэтому они полагают, что за этим также может скрываться стремление обойти запрещение испытаний и разработать новые системы оружия.

Производство ядерной энергии

14. Хотя производство ядерной энергии для гражданских нужд несомненно открывает некоторые возможности для распространения оружия, в предыдущем докладе отмечалось, что реальный ход событий показывает, что взаимосвязь между ними не является весьма существенной. Сегодня нет причин отказываться от этой оценки, поскольку распространение, которое действительно имело место, было обусловлено политическими соображениями и, вероятно, все равно бы произошло, даже если бы данные государства в меньшей степени зависели от ядерной энергетики. Однако существуют и другие пути опосредованного воздействия ядерной энергетики на международную безопасность, в частности с учетом той роли, которую она играет в глобальном энергоснабжении, а также с учетом опасений экологического характера и обеспокоенности по поводу своей безопасности со стороны широкой общественности. Судя по всему, во многих странах эти опасения привели к снижению производства ядерной энергии.

15. Одним из следствий такого замедленного развития производства ядерной энергии является полное отсутствие дефицита ядерного топлива или урановой руды, служащей сырьем для производства такого топлива. При нынешнем уровне развития техники и нынешних темпах роста можно рассчитывать на то, что исследованных запасов урана будет достаточно для удовлетворения глобальных потребностей в течение многих лет, хотя, по оценкам Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), до 2050 года, по-видимому, придется рассмотреть вопрос о более эффективном использовании запасов урана. Что касается реакторного топлива, то его запасы, если учитывать плутоний, превосходят спрос на него.

16. В докладе 1990 года отмечалась растущая заинтересованность в использовании смешанного оксидного топлива (СОТ), объясняющаяся необходимостью принять какие-то меры в отношении увеличивающихся запасов плутония. Часть этого плутония добывается из ликвидируемого ядерного оружия, однако основная его часть выходит из облученного ядерного топлива. Эта тенденция сохраняется, и сегодня есть ряд исследовательских программ, нацеленных на решение проблемы плутония - с оказанием или без оказания одновременно поддержки производству энергии. Одной из рассматриваемых здесь идей является концепция субкритического реактора, управляемого ускорителем. Ее реализация позволила бы фактически устранить аварии на реакторах, которые можно было бы просто останавливать, отключая ускоритель. Что касается проблемы ликвидации плутония, то она более подробно рассматривается ниже.

17. Поиск методов производства ядерной энергии с использованием других процессов, помимо расщепления, ведется медленными темпами. Несмотря на крупномасштабные международные научно-исследовательские программы, такие, как "Джойнт юропиэн торус" (ДжЕТ) и "Международный термоядерный экспериментальный реактор" (МТЭР), будущее практическое использование энергии, получаемой в результате ядерного синтеза, остается неясным. То же самое, вероятно, можно сказать и о других интересных с научной точки зрения методах, над которыми в настоящее время ведется работа, в частности о методе "инерциально удерживаемого термоядерного синтеза".

18. Еще более умозрительными представляются другие весьма экзотические идеи, такие, как использование метода изомерии спина ядра и метода электростатического ускорения ионов дейтериума для получения мощного пучка нейтронов. Они упоминаются здесь только ради полноты изложения и не характеризуются как потенциальные источники энергии, поскольку ни один из этих методов не позволяет производить энергию в большем количестве, чем то, которое затрачивается при их применении.

Производство и удаление ядерных материалов

19. В конце 80-х - начале 90-х годов отмечался большой интерес к новым методам производства расщепляющихся материалов, особенно к методам, основанным на использовании

лазерного излучения. Этот интерес был во многом связан с проблемами распространения, но также и с перспективой использования низкообогащенного урана для производства реакторного топлива недорогостоящим способом. Как представляется, первый из этих аспектов в значительной мере утратил свое значение. Распространение происходило, и соответствующие материалы производились традиционными способами. Действительно, пресеченная попытка распространения в Ираке была предпринята частично с использованием метода электромагнитного разделения изотопов, от которого давно уже отказались все пять признанных ядерных государств по причине его низкой эффективности и высокой стоимости.

20. Что касается вышеупомянутого аспекта, связанного с реакторным топливом, то основная проблема сегодня - это избыточность расщепляющихся материалов, а не их нехватка. Более того, в настоящее время в мире используется только 80 процентов всех обогатительных мощностей. Тем не менее разработка более экономичных методов производства обогащенного урана по-прежнему представляет интерес с коммерческой точки зрения. Поэтому в Соединенных Штатах и других странах продолжают исследования таких методов, как атомное лазерное разделение изотопов в потоке пара (АЛРИП) и молекулярное лазерное разделение изотопов (МЛРИ). Помимо этого, сейчас разрабатывается новый способ разделения изотопов методом лазерного возбуждения (СИЛЕКС). Все эти методы, как считается, со временем способны стать потенциально более совершенными, чем метод сепарации на центрифуге. Когда-то наиболее широко использовавшийся способ обогащения методом газовой диффузии считается теперь устаревшим и экономически невыгодным в будущем. Эти соображения не оказывают непосредственного влияния на меры в области разоружения, но их необходимо будет учитывать при рассмотрении средств контроля для возможного будущего договора о запрещении производства расщепляющихся материалов для ядерного оружия или других ядерных взрывных устройств.

21. В предыдущем докладе метод трансмутации не рассматривался, поскольку в то время он считался сугубо теоретическим и излишним с точки зрения производства расщепляющихся материалов. Однако в 90-х годах исследованиям в области трансмутации стало придаваться важное значение, поскольку они открывали возможность для удаления как ядерных отходов с энергетических установок, так и излишков материалов, используемых для производства оружия. В настоящее время исследовательские программы осуществляются во многих странах, в том числе в Соединенных Штатах, Российской Федерации, Франции и Японии. Основная идея заключается в использовании ускорителя частиц для получения весьма большого потока быстрых (высокоэнергетических) нейтронов с помощью процесса, называемого расщеплением. Когда такие нейтроны взаимодействуют с подлежащим удалению материалом, они трансформируют его в другие, менее способные к размножению нуклиды и снижают (хотя не устраняют полностью) необходимость окончательного удаления в геологические хранилища. Некоторые из предлагаемых решений конкретно рассматриваются как методы удаления отходов, тогда как другие могут способствовать появлению новых источников энергоснабжения, если они окажутся экономически выгодными. Несмотря на многие, до сих пор не решенные технические проблемы, метод трансмутации можно рассматривать как наиболее перспективную и важную подобласть ядерной технологии.

22. Одним из факторов, усложняющих плутониевую проблему, является отсутствие согласованной политики на этот счет. По существу, имеются две различные научные школы: представители одной из них, к которой принадлежат многие российские ученые, считают, что имеющийся в настоящее время легкодоступный плутоний представляет собой весьма большую ценность с экономической точки зрения и что он должен в максимальной степени использоваться для производства энергии. Представители другой школы, среди которых много американских ученых, утверждают, что наличие плутония в чрезмерных количествах является негативным моментом, потому что он не нужен для производства энергии и потому что его использование в СОТ или иным способом будет сопряжено со значительными издержками.

Радиологическое оружие

23. Этот вопрос был включен в предыдущий доклад главным образом для полноты изложения, но подробно он не прорабатывался, поскольку такое оружие малопривлекательно в силу целого ряда причин, в том числе военных. За прошедшее время не произошло никаких изменений, которые могли бы повлиять на эту оценку, и нет никаких сведений о том, что такое оружие кем-то разрабатывается. Вместе с тем до сих пор не заключено никакого международного соглашения о его запрещении.

Оборонительные противоракетные технологии

24. Принятое правительством Соединенных Штатов Америки в 1983 году решение о реализации "стратегической оборонной инициативы" послужило толчком к обсуждению различных технических альтернатив нейтрализации баллистических ракет во время полета, включая применение как лазерных лучей, так и пучков частиц различного типа. Поскольку вопросы противоракетной обороны непосредственно касались ядерной стратегии, в докладе 1990 года содержалось несколько замечаний по пучковому оружию, несмотря на то, что интерес к нему в то время уже ослабевал и что обсуждавшиеся технологии не относились к области ядерного оружия как таковой.

25. Война в Заливе продемонстрировала как полезность так называемых оборонительных систем театра военных действий, так и, как это ни парадоксально, недостатки имевшейся в то время системы. В результате этого в последующие годы научные исследования и разработки в этой области активизировались и в настоящее время в Соединенных Штатах осуществляется примерно 10 различных программ. Хотя от лазеров пока еще окончательно не отказались, большинство рассматриваемых систем представляет собой "оружие кинетической энергии", т.е. они предназначены для уничтожения летящих ракет путем столкновения с ними. И хотя эта технология еще мало разработана, многие ее сторонники рассматривают ее в качестве краеугольного камня национальной безопасности в будущем. Сохраняющаяся актуальность этой разработки применительно к области ядерного оружия объясняется в первую очередь тем, что она вызывает обеспокоенность у некоторых российских наблюдателей, которые считают, что в будущем одну или несколько таких систем можно будет модернизировать для выполнения стратегических задач. Это создает дополнительное препятствие на пути прогресса в области двустороннего ядерного разоружения.

Методы обнаружения и контроля

26. В докладе 1990 года упоминалось о технических средствах, необходимых для проверки того, является ли тот или иной конкретный объект ядерным устройством или нет, и отмечалось, что такие средства в принципе имеются, хотя во многих ситуациях их практическое применение может быть сопряжено с трудностями. Позднее эта проблема приобрела новое звучание в связи с тем, что многие государства стали испытывать тревогу по поводу возможного хищения ядерных материалов и их перемещения контрабандным способом через национальные границы, что было чревато их распространением и ядерным терроризмом. Поэтому многие страны пошли по пути оснащения своих таможенных и полицейских органов более современными средствами обнаружения радиоактивных объектов и с этой целью разработали и запустили в производство устройства, в большей степени отвечающие этим требованиям. Хотя эти устройства не представляют собой ничего нового с точки зрения технологии, они указывают на новый аспект ядерного века.

27. В предыдущем докладе также упоминалось о контроле за соблюдением договоров. В нем отмечалось, что более полное представление о радиоактивном излучении ядерного оружия и о ядерных процессах могло бы способствовать разработке технических средств контроля, а также говорилось о том, что большинство из существующих методов контроля являются неядерными по

своему характеру. Это замечание по-прежнему сохраняет свою актуальность. Однако в политической атмосфере 90-х годов и особенно после заключения Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний контроль также вступил в новый этап. Опять же, речь идет не о появлении каких-то в корне новых ядерных технологий, а о важном значении переноса акцента на общемировое сотрудничество в сфере мониторинга с применением различных технических средств. К числу таких технических средств относится сеть автоматизированных станций для измерения уровня радиоактивности в атмосфере, с помощью которых в настоящее время можно также обнаруживать радиоактивные изотопы инертных газов. Другой формой совместного мониторинга является так называемая программа "93+2", осуществляемая по инициативе МАГАТЭ. Она преследует цель снижения уровня риска и степени угрозы распространения ядерного оружия путем повышения транспарентности национальных усилий в области ядерной технологии и имеет также важное значение с точки зрения разработки новых методов, хотя и не каких-то новых технических средств контроля.

28. Наконец, необходимо упомянуть тему, которая в докладе 1990 года вообще не рассматривалась, а именно радиоактивное заражение окружающей среды в результате ранее проводившихся работ по производству и испытанию ядерного оружия и неудовлетворительного обслуживания компонентов ядерных систем, таких, как реакторы, установленные на подводных лодках. До 1990 года этим проблемам уделялось мало внимания, поскольку они считались незначительными с точки зрения национальной безопасности, а в отдельных случаях о них вообще не имели представления. Однако после того, как политическая напряженность в отношениях между основными державами уменьшилась, экологические вопросы выдвинулись на передний план и в настоящее время являются предметом международных исследований. В то же время после черновильской аварии были усовершенствованы методы проведения радиоэкологических замеров и анализов. И хотя опасность такого заражения для здоровья людей иногда в ходе публичных дебатов преувеличивается, в мире, который по-прежнему стремится к оздоровлению международного климата, как в переносном, так и в буквальном смысле, этим вопросам уделяется самое пристальное внимание.

В. Космическая техника*

29. С точки зрения обеспечения безопасности можно выделить следующие основные направления деятельности в космическом пространстве:

- использование систем космического базирования для повышения потенциала не только ядерного оружия наземного базирования, но и обычных видов оружия;
- осознанная необходимость разработки и развертывания - в определенной степени - противоспутникового оружия;
- использование космических средств для защиты страны от принадлежащих противнику ракет малой и большой дальности;
- наращивание потенциала гражданских спутников дистанционного зондирования и коммерческая реализация полученных с их помощью снимков.

* Настоящий раздел подготовлен д-ром Пхупендрой Джасани, профессором факультета военных исследований, Кингз-Колледж, Лондонский университет.

В последующих разделах дается краткий обзор тенденций, а также некоторых новых разработок в этих областях.

Спутники для обеспечения военных операций

30. За период с 1990 года произошли некоторые изменения в способах использования космического пространства и наращивания потенциала космических средств. В Соединенных Штатах исходят из того, что космические системы "играют уникальную роль"¹, и с учетом этого продолжают расширять использование космического пространства в военных целях. В Российской Федерации военно-космическая деятельность продолжается в таких традиционных областях, как метеорология, навигация, связь и разведывательная деятельность.

31. **Метеорологические спутники.** В Соединенных Штатах отдельно запускались военные и гражданские низкоорбитальные метеорологические спутники, причем и те и другие используются вооруженными силами и производятся одними и теми же компаниями. Космические аппараты военного назначения запускаются в рамках программы использования метеорологических спутников министерства обороны. В настоящее время в вооруженных силах наблюдается тенденция к интегрированию военных спутников в целях их использования в боевых ситуациях. Не являются исключением в этом отношении и метеорологические спутники. Планируется их использование, например, при высадке десанта или сбросе предметов снабжения². В Российской Федерации создана единая система метеорологических спутников. Нет оснований полагать, что космические средства этой системы используются иначе, чем в Соединенных Штатах.

32. Особое внимание сейчас уделяется также прогнозированию "космической погоды", что главным образом означает такие виды солнечной активности, как вспышки и выброс различных материалов с поверхности Солнца. Они вызывают электромагнитное излучение - от радиоволн до рентгеновских лучей, протонов большой энергии и изменений в межпланетарных солнечных ветрах. Воздействуя на искусственные спутники Земли, эти процессы влияют на работу их датчиков и электронных систем.

33. **Навигационные спутники.** Российская Федерация эксплуатирует разрозненные военные и гражданские низкоорбитальные навигационные спутники, используя один и тот же тип платформы. А в Соединенных Штатах и военные и гражданские потребители пользуются спутниками системы "Транзит" и Глобальной системы определения координат (ГСОК). Космические аппараты ГСОК, включающей 24 спутника, передают два разных сигнала. Один, предназначенный для военных, обеспечивает точность примерно в 10 м. Для гражданских целей степень точности снижается примерно до 100 м. Такой метод называют "избирательным обеспечением" (ИО), и к 2006 году он него могут отказаться³. Это будет означать, что точность определения местонахождения для других потребителей повысится со 100 до 10 м. Благодаря применению дифференцированной коррекции этот показатель можно улучшить примерно до 5 м и даже менее того⁴. Недавно было также объявлено о намерении Соединенных Штатов добавить на второй частоте ГСОК навигационные сигналы для гражданских потребителей. Предлагается обеспечить передачу на этой новой частоте дифференцированно скорректированных сигналов для гражданских потребителей⁵.

34. **Спутники связи.** Как Соединенные Штаты Америки, так и Российская Федерация запускают отдельно спутники связи для военных и гражданских целей. Система спутниковой связи Соединенных Штатов Америки включает спутники системы спутниковой связи ВВС (АФСАТКОМ), системы спутниковой связи министерства обороны (ДСКС), системы спутниковой связи ВМС (ФЛИТСАТКОМ) и военной спутниковой системы связи стратегического и тактического назначения (МИЛСТАР). Все рода войск, а также ряд государственных ведомств используют систему ДСКС. Стратегически важные сообщения и разведанные передаются с помощью спутниковой системы передачи информации (СДС), на смену которой должны прийти спутники системы МИЛСТАР.

Последние спроектированы так, чтобы быть в состоянии выдержать удары ядерного и даже противоспутникового оружия. Три спутника серии МИЛСТАР-1 были построены и модифицированы в спутники серии МИЛСТАР-2 с гораздо большей мощностью⁶.

35. **Разведывательные спутники.** По сути дела, есть четыре типа разведывательных спутников, а именно фоторазведывательные спутники, спутники радиоэлектронной разведки, спутники наблюдения за Мировым океаном и спутники системы раннего предупреждения. Как Соединенные Штаты, так и Российская Федерация продолжают запускать такие космические аппараты. Разница состоит лишь в том, что их общее число сократилось. Например, в 1990 году Израиль, Китай, Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии, Соединенные Штаты Америки, бывший СССР и Франция запустили в общей сложности около 132 спутников военного назначения; в 1992 году это число снизилось до 74 спутников, а в 1998 году сократилось еще больше, главным образом потому, что Российская Федерация перестала запускать спутники в прежнем количестве. Израиль, Китай и Франция осуществили запуск спутников оптической разведки. Соединенные Штаты уже на протяжении ряда лет не запускают большого числа спутников, что, вероятно, связано с разработкой более совершенных спутников, располагающих большими возможностями и имеющих более продолжительный срок эксплуатации.

36. В прошлом ведение фоторазведки было обычной практикой. Недавно правительство Соединенных Штатов Америки разрешило рассекретить данные видовой разведки, полученные в период 1960-1972 годов с помощью фоторазведывательных спутников Соединенных Штатов первых поколений. Изображения, полученные с помощью этих спутников, можно сейчас приобрести на коммерческой основе. Наиболее качественные снимки с разрешающей способностью около 15 см получают с помощью более совершенных спутников серии "КХ" - "КХ-11" и усовершенствованных вариантов спутника "КХ-11" или спутников "КХ-12", оснащенных датчиками, способными фиксировать излучение в видимой области спектра и излучение, близкое к инфракрасному диапазону спектра, а также тепловое инфракрасное излучение для обнаружения тепла, выделяемого промышленными объектами. С помощью датчиков инфракрасного излучения можно выявлять маскировку. Посредством наблюдения за дифференцированными тепловыми характеристиками можно выявлять подземные объекты. Первый из этих новых спутников был выведен на орбиту 28 ноября 1992 года.

37. Для того чтобы вышеупомянутые спутники могли вести наблюдение даже через облачный покров, были разработаны и используются радиолокационные датчики. Информация, полученная с помощью РЛС с формированием радиолокационного изображения, например радиолокационных станций с синтезированной апертурой (РЛССА), существенно отличается от информации, полученной с помощью оптических датчиков, так как РЛССА особенно чувствительна к геометрическим характеристикам поверхности и наблюдаемого объекта, а также к их диэлектрическим свойствам. СВЧ-излучение способно проникать в объект на значительную глубину, которая зависит от длины волны излучения. Как правило, чем больше длина волны, тем глубже может проникать СВЧ-излучение. Например, излучение с длиной волны диапазона С способно проникать на очень незначительную глубину, в то время как, согласно имеющимся данным, луч РЛС "SIR-C" диапазона L проникает в сухую песчаную почву на несколько метров⁷.

38. Пока только Соединенные Штаты Америки и Российская Федерация имеют орбитальные радиолокационные спутники военного назначения. Последним из запущенных Соединенными Штатами Америки космических аппаратов этого типа является спутник "Лакросс" с РЛССА, который вращается вокруг Земли на высоте чуть менее 700 км, а его РЛССА имеет разрешающую способность около 1 м. Было запущено три таких спутника: первый - в декабре 1988 года (уже вышел из эксплуатации), второй - в марте 1991 года и третий - в 1997 году. Новый усовершенствованный вариант спутника "Лакросс" был запущен 23 октября 1997 года на орбиту с

наклонением в 68° и высотой около 680 км⁸. Российская Федерация продолжает осуществлять запуски своих спутников радиолокационного наблюдения серии "Алмаз" и "Космос".

39. Другой очень важной категорией спутников являются космические аппараты радиоэлектронной разведки, но даже сейчас о возможностях этих спутников известно очень мало, так как информация о них по-прежнему является строго засекреченной. В Соединенных Штатах используются четыре группы таких спутников, а именно разведывательные спутники связи (КОМИНТ) на геостационарной орбите (ГСО) и спутники для разведки источников электромагнитных сигналов (РИЭС) и радиотехнической разведки (РТР) на ГСО и на сильноэллиптических околоземных (СЭО) и низких околоземных орбитах (НО). Спутники РТР обладают способностью обнаруживать передачу таких сигналов связи, как радиовещание и телефонная связь, а также сигналы радиолокационных станций и телеметрические данные ракет в ходе их испытаний.

40. Большинство американских спутников РИЭС/РТР выводятся на ГСО и поэтому не могут обеспечить хороший охват самой северной и самой южной частей Земли. Эта проблема решается с помощью спутников серии "Трампет", которые запускаются на сильноэллиптические орбиты с апогеем (максимальное расстояние от поверхности Земли) примерно 37 000 км над Северным полушарием и наклонением в 63° . Два таких спутника были запущены в 1994 и 1995 годах, а третий усовершенствованный спутник этой серии, оснащенный сложной широкополосной фазированной антенной решеткой системы радиоразведки с размахом около 90 м, был готов к запуску в конце 1997 года⁹. Этот спутник может следить за всеми видами военной электронной связи в Китае и Российской Федерации. Такие же антенны будут применяться на усовершенствованных коммерческих спутниках связи.

41. Спутники раннего предупреждения запускались как Соединенными Штатами, так и Российской Федерацией. Соединенные Штаты Америки размещают их на ГСО. Эти спутники используют датчики инфракрасного излучения для обнаружения тепла факелов ракетных двигателей с момента их запуска или тепла, излучаемого при ядерных взрывах в атмосфере или в космическом пространстве. Они также осуществляют слежение за ракетами и определяют их траектории. Эффективность этих космических аппаратов стала очевидной во время войны в Заливе в 1991 году. Американские спутники раннего предупреждения обнаруживали запуск иракских ракет "Скад" и обеспечивали своевременное предупреждение сил коалиции. Уязвимость этих спутников в плане нанесения ударов по их наземным станциям будет уменьшена путем их оснащения лазерной системой связи¹⁰. Предполагается, что в новой, модернизированной системе раннего предупреждения будут использоваться такие системы, как "блестящие камешки" и "блестящие глаза", разработанные в рамках стратегической оборонной инициативы. Последние будут оснащаться бортовыми системами обработки данных, что позволит им направлять сообщения раннего предупреждения непосредственно в район боевых действий для их тактического использования.

Некоторые новые разработки

42. Помимо вышеупомянутых технических разработок, в Соединенных Штатах предпринимаются значительные усилия для создания ряда новых систем сбора разведывательной информации. Начинается практическое использование ранее разработанных спутников, таких, как спутники радиолокационной разведки "Лакросс" и усовершенствованные спутники оптической разведки "КХ-11". Кроме того, ведется разработка нового спутника для обнаружения запуска ракет, который может использовать датчики, разработанные в рамках программы по созданию системы наблюдения на стартовом участке траектории и сопровождения ракет, осуществляемой в контексте стратегической оборонной инициативы.

43. В числе других новых разработок следует назвать малые, имеющие небольшой вес спутники, известные под названием "Чипсат", и спутники РИЭС на ГСО, а также новую космическую систему наблюдения за обширным районом, предназначенную для ведения глобального наблюдения и наблюдения за воздушным и морским пространством. Например, в настоящее время рассматривается вопрос о создании спутниковой системы, состоящей из 24 космических аппаратов, оснащенных РЛССА (СТАРЛАЙТС), которая предназначена для тактического использования полевыми командирами и позволяет уточнять обстановку примерно каждые 15 минут. Можно ожидать, что разработка таких небольших, менее дорогостоящих спутников будет продолжаться.

44. Значительно улучшилось качество гражданских спутников для дистанционного зондирования. За последние два с половиной десятилетия возможности гражданских спутников для дистанционного зондирования возросли примерно в 180 раз, а их разрешающая способность составляет от 2 до 30 метров. Изображения, полученные различными странами, сейчас можно приобрести на коммерческой основе. Краткая информация об этих коммерческих спутниках приведена в таблице 1.

Таблица 1. Находящиеся в эксплуатации и запланированные коммерческие спутники для дистанционного зондирования, принадлежащие различным странам

Страна Название спутника	Дата запуска первого спутника	Разрешение по пикселю (в м)		
		Панхромати- ческое изображение	Многоспектральное изображение	Инфракрасное изображение
Китай/Бразилия				
"СВЕРС"	1998	20	20	160
Франция				
СПОТ-1, -2, -3, -4	1986	10	20	
СПОТ-5А, -5В	2002-3	2,5, 5	10	
Индия				
ИРС-1С, -2D	1995, 1997	5,8	23	
ИРС-Р6	1998?	2,5		
Израиль				
"Эрос"-1, -2	1998	1,5	5 (3-4 полосы)	
"Давид"	1998	5		
Япония				
АЛОС	2002	2,5	10	
Россия				
"Космос"	1991	2	20	
США				

Страна Название спутника	Дата запуска первого спутника	Разрешение по пикселю (в м)		
		Панхромати- ческое изображение	Многоспектральное изображение	Инфракрасное изображение
"Лэндсат"-4, -5	1982		30	120
"Лэндсат"-7	1998?			60
ИКОНОС-1, -2	1998	0,8-1	4	
"Куикбёрд"-1, -2	1999	1	3,3	
"Орбвью"-3, -4	1999	1	4	
"Ёрлибёрд"-1	2000	3	15	

45. Ряд стран эксплуатируют спутники, оснащенные датчиками РЛССА. Они указаны в таблице 2. Взаимодействие СВЧ-энергии с материалами зависит не только от ее частоты, но и от поляризации радиолокационного луча. Таким образом, используя лучи различной частоты с различной поляризацией и присваивая им различные цвета, можно получать многоспектральные изображения. В ходе экспериментов SIR-C/X-SAR, проводившихся в Соединенных Штатах Америки в апреле и октябре 1994 года, из космоса с помощью РЛССА были получены такие многопараметрные данные. Сочетание этих данных с оптическими данными может стать весьма полезным инструментом наблюдения за поверхностью Земли. Гражданские спутники дистанционного зондирования могут сейчас использоваться для получения информации о военных объектах противника. Они могут также использоваться для проверки соблюдения соглашений о контроле над вооружениями и мер укрепления доверия. Ввиду этого указанные спутники стали потенциальными объектами для противоспутникового оружия воздушного базирования (оружие системы ПКО).

Таблица 2. Характеристики ряда прошлых, нынешних и будущих коммерческих спутников радиолокационного наблюдения, оснащенных РЛССА

Страна Название спутника	Дата запуска	Разрешающая способность (в м)	Полоса частот/ частота (в гигагерцах)	Поляризация
Канада				
"Радарсат-1"	1995	8-100	C/5,3	HH
"Радарсат-2"	2001	3	C/5,3	QUAD
Европа (ЕКА)				
ЭРС-1, -2	1991, 1995	26-28	C/5,3	VV
ЭНВИСАТ	1999	30	C/5,3	HH, VV
Япония				
ДЖЕРС-1	1992	18	L/1,3	HH

Страна Название спутника	Дата запуска	Разрешающая способность (в м)	Полоса частот/ частота (в гигагерцах)	Поляризация
АЛОС	2002	10	L/1,3	HH, VV
Россия				
"Алмаз-1"	1991	15	S/3,125	HH
"Алмаз-2"	1998	5	S/3,125	HH
США				
"СИСАТ"	1978	25	L/1,3	HH
"SIR-C"	1981	8-30	L/1,28, C/5,3	HH, VV, VH, HV

Оружие ПКО и связанные с ним спутники и меры обороны

46. Важное значение спутников стало очевидным во время войны в Заливе в 1991 году. В начале конфликта Соединенные Штаты имели на орбите один спутник "Лакросс", оснащенный РЛССА, три давно запущенных спутника "КХ-11" и три усовершенствованных спутника оптической разведки "КХ-11". С помощью этих спутников можно было ежедневно осуществлять 12 пролетов над районом конфликта¹¹. Помимо этого, имелось примерно 15-20 спутников радиоэлектронной разведки, перехватывающих сигналы малой и большой мощности¹². В период конфликта на орбитах находилось три спутника, запущенных по программе использования метеорологических спутников министерства обороны¹³, около 15 спутников ГСОК¹⁴, а также два спутника "ФЛИТСАТКОМ"¹⁵ и по меньшей мере два спутника системы стратегической связи министерства обороны DSCS-III¹⁶. Соединенные Штаты использовали также изображения, полученные с американского спутника "Лэндсат" и с французских спутников дистанционного зондирования "СПОТ", для обновления карт района конфликта¹⁷.

47. Это был первый пример активного использования почти всех видов спутников в период конфликта. В недавно опубликованном плане военно-космических программ Соединенных Штатов Америки на период до 2020 года содержится ряд рекомендаций. Одна из них касается разработки и производства базируемого в космосе оружия для уничтожения наземных целей. Другая рекомендация касается методов отражения нападений на космические системы (т.е. оружия ПКО), а также методов предотвращения таких нападений¹⁸. В связи с первым из этих проектов, являющихся долгосрочным, ВВС Соединенных Штатов объявили конкурс на разработку лазерного оружия космического базирования¹⁹. Поскольку это должно подтвердить возможность применения лазеров для уничтожения баллистических ракет на стадии ускорения, в целом оружие ПКО в уже скором времени может стать реальностью.

48. **Противоспутниковое оружие.** В настоящее время разрабатываются и испытываются два вида оружия ПКО. Это кинетическое оружие ПКО (КОПКО), которое будет уничтожать цель в результате столкновения с ней, и перспективный химический лазер средней ИК области спектра (МИРАКЛ), который может либо повреждать датчики, либо уничтожать сам спутник. Ведутся исследования по нескольким видам кинетического оружия ПКО. К их числу относятся электромагнитная рельсовая пушка, спутник-перехватчик и малогабаритная самонаводящаяся ракета. Последние два вида оружия могут иметь космическое, воздушное или наземное базирование.

49. Многие американские системы космического оружия имели аналоги в бывшем СССР и в определенной степени в нынешней Российской Федерации. Основное различие состоит в том, что Российская Федерация делает значительный упор на роль этого оружия как противоспутникового оружия. В начале 70-х годов разработка космического оружия осуществлялась в два этапа. На первом этапе, которому было присвоено кодовое название "Фон-1", должна была вестись разработка перспективных концепций и технологий; на этапе "Фон-2" эти концепции и технологии должны были получить практическое воплощение²⁰. Осуществление программы "Фон-1" официально началось примерно в 1976 году, при этом основное внимание уделялось не обороне от баллистических ракет (ПРО), а оружию ПКО. Исследования были сосредоточены на стратегическом, а также на тактическом лазерном оружии, устанавливаемом на летательных аппаратах, бронированных машинах и кораблях. Помимо обычного кинетического оружия ПКО, использующего ракеты-антиспутники наземного базирования с прямым выведением на орбиту, были созданы опытный лазер на свободных электронах в населенном пункте Сторожевая, газовый лазер с выходной мощностью в 1 мегаватт в подмосковном городе Троицк и крупный лазерный комплекс в Сарышагане. Российская Федерация признала, что она обладает системами ПКО²¹.

50. **Противоракетная оборона.** Хотя система противоракетной обороны (ПРО) имеет в основном наземное базирование, она рассматривается здесь потому, что некоторые средства космического базирования, такие, как разведывательные спутники, спутники связи и навигационные спутники, являются важной ее частью. Например, разведывательный спутник обнаруживает развертывание ракет; спутник раннего предупреждения может предупредить о запуске ракеты; передача значительной части этой информации и последующая связь будут осуществляться с помощью военных спутников связи; и наконец, наведение любой запущенной ракеты-перехватчика будет осуществляться навигационным спутником. Кроме того, траектория некоторых ракет, являющихся объектами перехвата, пролегает через космическое пространство.

51. Нынешняя американская программа обороны от баллистических ракет включает в себя противоракетную оборону театра военных действий (ПРОТВД), противоракетную оборону страны (ПРОС) и перспективные технологии обороны от баллистических ракет. Некоторые ракеты способны выходить в космическое пространство, поэтому их можно считать также потенциальным оружием ПКО. Еще более важной американской программой в области ПРОТВД является "высотная зональная оборона на театре военных действий" (ВЗОТВД). Она призвана обеспечить защиту от ракет в радиусе нескольких сотен километров. Ракеты ВЗОТВД предназначаются для уничтожения баллистических ракет посредством столкновения с ними, а не посредством взрыва в непосредственной близости от цели. Таким образом, во ВЗОТВД используются кинетические ракеты-перехватчики. Установленная на ракете-перехватчике инфракрасная головка самонаведения обеспечивает окончательное наведение на цель. Перехват происходит либо в высоких слоях атмосферы Земли, либо далеко за ее пределами в космическом пространстве. Предполагается, что радиус действия системы ВЗОТВД по горизонтали будет составлять 200 км, а по вертикали 150 км. С учетом этого данная система является потенциальным оружием ПКО.

52. И наконец, в контексте перспективных технологий обороны от баллистических ракет будут проводиться исследования по кинетическим ракетам-перехватчикам с более совершенными датчиками, конструкцией снаряда и системами наведения и управления. Будут проводиться исследования в области оружия направленной энергии, особенно химических лазеров, в качестве варианта средств космического базирования для глобального перехвата ракет на стартовом участке траектории. Для этих систем понадобится такая передовая аппаратура, как антенные решетки в фокальной плоскости и лазерные локаторы. Необходимо будет изучить и составить каталог характеристик факелов ракет, а также других характеристик для определения ракет и их сопровождения. Оружием направленной энергии в основном является лазер воздушного базирования (ЛВБ). Летательный аппарат YAL-1A будет лететь на высоте чуть более 12 км. Предполагается, что без адаптивной оптики радиус поражения лазера будет составлять примерно 240 км, а с

адаптивной оптикой его можно увеличить примерно до 400 км. Первое испытание ЛВБ и поражение с его помощью первой баллистической ракеты ТВД может состояться в 2002 году²².

53. Опубликованной информации о российских системах ПРОТВД не так много. Однако Российская Федерация приняла решение не устанавливать ядерные боеголовки на ракетах СХ-11 "Галош" и СХ-08 "Газель" на единственной системе противоракетной обороны вокруг Москвы²³. В начале 70-х годов в рамках программы "Терра-3" в бывшем СССР на испытательном полигоне ПВО в Сарышагане был построен экспериментальный лазер. Хотя в СССР смогли получить обширную информацию о воздействии лазера на боеголовки ракет, система "Терра-3" не зарекомендовала себя в качестве пригодного к использованию оружия.

Некоторые выводы

54. В последние восемь лет был достигнут значительный прогресс в области космических средств военного назначения и их применения. Одним из наиболее важных применений было фактическое использование космических средств в ходе ведения обычной войны в период кризиса в районе Залива в 1991 году, когда для укрепления потенциала наземных войск в области сбора разведывательной информации использовалось по меньшей мере 40 спутников Соединенных Штатов. Обретение такого потенциала может стать более привлекательным для других стран, так как разведанными, полученными с помощью разведывательных спутников, делаются весьма неохотно. Это вполне может обусловить стремление стран, не обладающих таким потенциалом, к обретению большего числа таких средств. Таким образом, не будет ничего удивительного в том, что все большее число государств будут стремиться к приобретению спутников военного назначения.

55. Число таких космических аппаратов еще больше возрастет, если будет доказано, что можно создавать и выводить на орбиту малые, недорогостоящие спутники без значительных потерь в плане эффективности. Такие спутники могут способствовать повышению транспарентности, что может сыграть весьма важную роль в проверке соблюдения двусторонних и многосторонних договоров по контролю над вооружениями. В этом контексте очень большое значение приобретает укрепление потенциала гражданских спутников наблюдения. Данные, полученные с помощью таких спутников, могут быть приобретены любой стороной, которая может позволить себе купить их. Однако распространение таких средств вызывает определенную обеспокоенность и заставляет некоторые государства приступить к созданию средств ПКО, что, в свою очередь, может привести к дальнейшей гонке вооружений в космосе. Одним из путей, позволяющих избежать такой ситуации, может быть поощрение создания региональных учреждений по проверке соблюдения договоров по контролю над вооружениями. Например, в Европе Западноевропейский союз (ЗЕС) создал недалеко от Мадрида спутниковый центр ЗЕС для проверки соблюдения договоров, слежения за кризисами и наблюдения за состоянием окружающей среды²⁴. Вероятность использования полученных с помощью спутников данных в неблагоприятных целях уменьшится, если проверка соблюдения договоров и мер укрепления доверия будет осуществляться многонациональным или международным учреждением.

56. Другой областью, в которой наблюдается определенный прогресс, являются стратегические оборонные средства. Несмотря на подписание в 1972 году Договора между Соединенными Штатами Америки и бывшим СССР об ограничении систем противоракетной обороны, исследования, разработка и - в определенной степени - испытания некоторых видов этого оружия продолжаются. Примером этого могут служить кинетическое и лазерное оружие наземного и космического базирования. Работа в этом направлении продолжается, так как считают, что некоторые из этих систем оружия являются системами обороны от тактических баллистических ракет, а не системами обороны от стратегических баллистических ракет. Как бы там ни было,

первые сейчас не запрещены, поскольку Соединенные Штаты и Российская Федерация согласились в том, что такие системы не запрещаются Договором о системах ПРО. Однако в технологиях, необходимых для обороны от тактических и баллистических ракет и для систем ПКО, есть много общего, и многие виды такого оружия отнесены к числу космических вооружений²⁵. Таким образом, несмотря на окончание "холодной войны", существует реальная возможность усиления гонки вооружений в космическом пространстве.

С. Технология материалов*

57. Материаловедение - это отрасль науки, изучающая принципы, на которых основываются полезные свойства веществ. Целью же технологии материалов является разработка такой продукции или процесса, которые обеспечат эксплуатацию тех или иных материалов в коммерческих целях. Эта постановка акцента на утилитарные аспекты означает, что развитие технологии материалов сама по себе имеет прикладной характер. В течение последнего десятилетия новые материалы получают распространение главным образом на гражданских коммерческих рынках, где главенствующую роль играют соображения себестоимости и возможности налаживания крупномасштабного производства. Задача получения материалов самого высокого качества в условиях мелкомасштабного производства дорогостоящей продукции, возникающая, как правило, в ходе выполнения заявок из сферы обороны, отошла, как стимул разработки материалов, на второй план.

58. Эксплуатационно-технические характеристики и показатели надежности улучшенных материалов обуславливаются их композиционным составом и микроструктурой, которые и создают уникальные функциональные возможности производимых с их использованием товаров и устройств. Ниже приводится информация о трех основных направлениях развития технологии современных материалов, каждое из которых обусловлено потребностью в прецизионном конструировании материалов, обладающих требуемыми физическими свойствами и химическим составом:

а) Ориентация на структуры более малых размеров. При уменьшении физических параметров того или иного материала или микроструктуры его компонентов, как правило, изменяются и его свойства. Наноструктурные материалы обладают более совершенными механическими, электрическими, тепловыми и химическими характеристиками по сравнению с аналогичными материалами, состоящими из кристаллов или частиц более крупного размера. В настоящее время исследователи занимаются разработкой эффективных с точки зрения затрат методов получения таких материалов с заданной структурой субмикронного уровня;

б) Получение новых материалов с заданными свойствами, необходимых для применения в узкоспециализированных областях и их производство. Анализ планов развития промышленности и других тенденций позволяет определять перспективные потребности многих развивающихся быстрыми темпами областей, таких, как производство биомедицинской аппаратуры, компьютерных компонентов и средств связи. Для удовлетворения этих потребностей систематически разрабатываются новые материалы или материалы, обладающие улучшенными эксплуатационными свойствами и более высокой надежностью. Кроме того, идет процесс активного изучения новых молекул, открытых интуитивно в ходе экспериментальных работ, в целях выявления возможностей практического использования их необычных свойств;

* Данный раздел подготовил д-р Лесли Смит, директор Лаборатории материаловедения и технологии материалов Национального института стандартов и технологии, Мэриленд, Соединенные Штаты Америки.

с) Пример с биологией, в которой молекулярный состав материала используется для спонтанного построения требуемой микроструктуры. Точная обработка материалов для получения зачастую очень маленьких изделий сопряжена с очень большими трудностями, если это надо сделать в условиях крупномасштабного, низкзатратного производства высокотехнологичных устройств. Биологические структуры создаются из молекул, которые сами несут в себе закодированную информацию, определяющую процесс их построения. Идея самопроизвольного построения микроструктур, обладающих полезными функциональными свойствами, стимулирует научные исследования в сфере материаловедения, особенно в тех областях, получаемые в которых практические результаты находят применение в медицине и электронной промышленности.

59. Эти тенденции прослеживаются в следующих разделах, в которых приводится краткая характеристика нескольких конкретных видов материалов с позиций современных представлений о них и связанных с ними аспектов научно-исследовательской работы.

Наноструктурные материалы

60. Эти материалы построены из элементов, размеры которых, как правило, варьируются в пределах от 1 до 100 нанометров (10^{-9} м), - и именно у материалов этой категории и были обнаружены некоторые новые характеристики и полезные свойства. По своим физико-химическим и механическим свойствам наноструктурные материалы могут существенно отличаться от материалов аналогичного состава, но в другом состоянии. Ключевыми факторами, определяющими эти различия, являются размер и гранулометрический состав фаз и структур, химический состав фаз и характер взаимодействия между фазами на межфазовых переходах.

61. Важным классом наноструктурных материалов являются нанокompозитные материалы (нанокompозиты), в которых упрочняющие элементы размером в несколько нанометров вводятся в однородную металлическую, полимерную или керамическую фазу. Нанокompозиты на керамической основе производятся в промышленных масштабах для специальных прикладных целей. Некоторые полимеры, упрочненные субмикронными листовыми прослойками глинистых минералов, имеют гораздо более высокие механические свойства и более термостойки при введении всего лишь нескольких процентов глинистых добавок. Если природа этих изменений будет раскрыта, а соответствующими свойствами удастся наделить обычные бытовые полимеры, то такие нанокompозиты смогут реально конкурировать с более дорогими конструкционными пластиками и найдут широкое практическое применение. Будущее всех наноструктурных материалов в конечном счете связано с разработкой коммерчески выгодных методов их производства.

Тонкие пленки и поверхности

62. Поверхность материалов по своим свойствам отличается от того же материала в объемной массе, и при уменьшении объема материала важность характеристик поверхностного слоя возрастает. Микроструктура поверхностного слоя и границ межфазовых переходов определяет эксплуатационные характеристики и степень надежности многих высокосоввершенных материалов. Потребности современной электроники и средств связи пробудили огромный интерес к производству и модификации пленочных поверхностей с прецизионно контролируемой структурой и композиционным составом.

63. Для получения этих материалов были хорошо проработаны несколько технологических процессов. Например, были разработаны надежные технологии получения тонких пленок на основе методов химического осаждения из паровой фазы (ХПФ), конденсации из паровой фазы (КПФ) и методов с использованием лазерной техники, электронного луча и пучков ионов. Метод химического осаждения из паровой фазы основан на высокотемпературном осаждении тонкой

пленки и применяется главным образом на кремниевых, керамических или углеродных подложках. Конденсация из паровой фазы не требует столь высоких рабочих температур (меньше 500°C) и поэтому может использоваться для нанесения покрытий на черные металлы.

64. Методы производства синтетических алмазов под высоким давлением известны уже около 50 лет. Однако эффективные и (в некоторых случаях) не требующие очень больших затрат энергии технологии синтетического получения алмазных и алмазоподобных углеродных пленок были разработаны лишь в последнее время. Потенциальная возможность использования алмазных и алмазоподобных углеродных пленок в электронных схемах, где их уникальность определяется их высокой теплопроводностью и изоляционными свойствами, а также для изготовления рабочих поверхностей режущих и шлифовальных инструментов обусловила рост коммерческого интереса и активизацию деловой активности в этом направлении.

Аморфные углеродные структуры

65. Долгое время считалось, что углерод существует лишь в двух основных формах - алмаз и графит. Алмаз обладает трехмерной кристаллической решеткой, тогда как графит состоит из параллельных слоев атомов углерода. 1985 год был отмечен сенсационным открытием нового класса состоящих только из атомов углерода молекул, образующихся при работе высокотемпературной дуговой печи, - это открытие стимулировало активные усилия, преследующие цель обеспечить использование уникальных свойств этих молекул. За свои закругленные формы, напоминающие фигуры, которые использовал в своих конструкциях известный американский архитектор Бакминстер Фуллер, эти соединения были названы фуллеренами. Наибольшей симметрией отличается аллотроп C_{60} , имеющий форму полой сферы, состоящей из 60 атомов углерода. Он обладает рядом весьма необычных свойств, включая высокий коэффициент растворимости в растворителях и необычно высокое для чисто углеродных соединений давление насыщенного пара. Открыты новые методы синтеза этих соединений, позволяющие производить их в достаточно большом количестве для проведения доскональных исследований. Уникальная форма их молекулярной решетки натолкнула ученых на мысль использовать внутреннюю полость для размещения в ней различных атомов других веществ, что позволяло бы тем самым обеспечить их защиту или возможность доставки из одного места в другое. Эти материалы, возможно, найдут в будущем применение в качестве катализаторов, сверхпроводников, материалов для хранения водорода или фотоэлементов. В частности, внедрение в структуру аллотропа C_{60} трех атомов редкоземельных металлов позволяет получить сверхпроводники, которые по своей рабочей температуре уступают лишь керамическим сверхпроводникам.

66. Нанотрубки представляют собой гигантского размера фуллерены с трубчатой структурой, образуемые множеством концентрически расположенных труб. Необычные электрические, тепловые и механические свойства этих материалов обусловлены их геометрической формой и высоким отношением длины к ширине. Коммерческое использование фуллеренов и материалов из них еще не началось, однако многообещающие результаты научных исследований, полученные в последние четыре года, позволяют предположить, что в течение ближайшего десятилетия будут найдены практически значимые варианты применения этих материалов в различных изделиях и устройствах.

Конструкционная керамика

67. Высококачественная конструкционная керамика (ВКК) находит свое практическое применение там, где критически важное значение имеют такие эксплуатационные характеристики, как термостойкость, износоустойчивость, низкая плотность, коррозионная стойкость, твердость, жесткость и малый вес. Эти свойства заставляют отдавать предпочтение материалам из ВКК во многих областях энергетики, аэрокосмической и оборонной промышленности. Высококачественная

конструкционная керамика используется в настоящее время для производства износостойких деталей (уплотнителей и клапанов), режущих инструментов, подшипников и теплоизолирующих покрытий. Наиболее широки возможности применения высококачественной конструкционной керамики в области изготовления износостойких деталей.

68. В течение ближайшего десятилетия будет расширяться применение ВКК в производстве такой продукции, как теплообменники, тепловые двигатели и биокерамические изделия. В Соединенных Штатах спрос на эти и другие товары, по прогнозам, достигнет к 2000 году в стоимостном выражении 2-3 млрд. долл. США. Впрочем, реализация этого прогноза зависит от того, сумеет ли промышленность преодолеть основные технические и экономические препятствия на пути к расширению сферы применения этой продукции. В частности, требуется добиться повышения технических свойств и показателей надежности ВКК на основе совершенствования производственной технологии и снижения себестоимости изготовленных из нее компонентов, с тем чтобы обеспечить их более высокую конкурентоспособность по сравнению с традиционными материалами.

Композитные материалы

69. В 80-е годы интерес к композитным материалам вырос в значительной мере благодаря осознанию того, сколь значительных изменений в механических, электрических, оптических и химических свойствах этих материалов можно добиться, если будет обеспечено их получение на нанокристаллической основе. Композитные материалы представляют собой продукт внедрения в одно вещество или в его кристаллическую решетку (матрицу) другого вещества - упрочнителя. Характеристики и свойства композитов определяются формой и структурой их компонентов, их составом и характером возможного взаимодействия между компонентами.

70. Композитные материалы с керамической матрицей (ККМ), металлической/интерметаллической матрицей (КММ) и полимерной матрицей (КПМ) являются предметом активных научных исследований. Композитные материалы с керамической матрицей делятся на две категории - сплошного и несплошного упрочнения. ККМ сплошного упрочнения, в которых керамические волокна "впечатаны" в керамическую матрицу, находятся в настоящее время на этапе подготовки к промышленному производству изделий, предназначенных для использования в условиях высокой температуры и высоких нагрузок (например, теплообменники высокого давления, камеры сгорания газовых турбин и форсунки и уплотнители газовых турбин). ККМ несплошного упрочнения, состоящие из матричной фазы, к которой добавляется упрочняющая фаза, находятся на раннем этапе промышленного производства. В настоящее время они находят свое практическое применение в изготовлении режущих инструментов, износостойких деталей, фасонных штампов, экструзионных головок, брони и антенных обтекателей. Объем реализации ККМ на рынке в Соединенных Штатах Америки составляет в настоящее время, по оценкам, более 200 млн. долл. США, при этом преобладающая доля сбыта приходится на композиты несплошного упрочнения.

71. Технология производства композитных материалов с полимерной матрицей разработана в настоящее время лучше, чем технология КМК. Эти материалы запущены в серийное производство и используются во многих отраслях, в том числе при производстве медицинской аппаратуры, в разработке морских месторождений нефти, на транспорте, в строительстве и на морском флоте. Для расширения сферы применения композитов на полимерной матрице потребуются более совершенный потенциал, позволяющий прогнозировать эксплуатационные характеристики на длительную перспективу, и более экономичные методы изготовления.

72. Композиты на металлической матрице представляют собой конструкционные материалы, содержащие внутренние армирующие компоненты одного или нескольких видов, которые вводятся в металлическую или интерметаллическую матрицу в процессе технологической обработки. Показано, что композиты на металлической матрице обладают следующими преимуществами по

сравнению с неупрочненными металлическими сплавами: они имеют более легкий вес, более высокую износостойкость и ударопрочность, имеют более низкий коэффициент теплового расширения и более высокую прочность и жесткость. Эти материалы весьма дорогие в производстве, и поэтому они заполняют узкие рыночные ниши (в частности, используются для изготовления компонентов ракет, космических летательных аппаратов и отдельных воздушных судов). В будущем композитные и интерметаллические КММ найдут применение в изготовлении авиационных конструкций и наружных оболочек, в высокосоввершенных газотурбинных двигателях для будущих поколений военных летательных аппаратов, а также в национальных космических самолетах. Снижение себестоимости по мере увеличения объема производства может привести к существенному повышению спроса на эти материалы, особенно в автомобильной промышленности в течение ближайших двух-трех лет.

Магнитные тонкие пленки

73. За последнее десятилетие магнитные тонкие пленки пришли на смену частицам окислов металлов в качестве источника магнитной индукции в магнитных носителях информации на жестких дисках. Эти прецизионные многослойные пленки обладают высоким и сверхвысоким магниторезистивным эффектом (ВМР, СМР), т.е. сильно меняют свою электропроводность при изменении направления магнитного поля. Следует отметить, что, хотя это явление в целом понятно, многие факторы, обуславливающие реакцию практических систем, все еще являются предметом активных исследований. Современная технология регулирования микроструктуры этих материалов позволяет создавать пленочные диски, плотность записи информации на которых достигает 500 мегабайт/кв.дюйм, при этом ожидается, что в течение следующего десятилетия этот показатель вырастет до 10 гигабайт/кв.дюйм.

"Умные" материалы

74. "Умные" материалы представляют собой материалы, способные "воспринимать" внешние воздействия (например, тепло, давление, электрический потенциал, свет и т.п.) и реагировать на них весьма конкретными и желательными способами. К числу "умных" материалов относятся пьезоэлектрические полимеры, электропроводящие полимеры, пьезоэлектрические и электростриктивные керамики, электрореологические жидкости, магнитореологические жидкости, электрохромные покрытия, магнитостриктивные материалы, интегральные микросхемы и биоимитирующие полимеры и гели, запоминаящие приданную им форму изделия из сплавов и полимеров. Эти материалы находятся на разных этапах научных исследований и разработок или организации промышленного производства.

75. Наибольшая доля среди "умных" материалов принадлежит пьезокерамике - получаемым электромеханическим путем материалам, обладающим способностью под воздействием электрического тока изменять свои размеры. Свое практическое применение они находят главным образом в таких потребительских товарах, как таймеры, блоки автофокусирования видеокамер и устройства позиционирования магнитной головки на жестком диске компьютера. Все это способствовало доведению объема производства пьезокерамики в стоимостном выражении почти до 1 млрд. долл. США.

76. Хромогенные материалы в ответ на внешние воздействия изменяют свой цвет. Преобладающая часть ведущихся в настоящее время научных исследований посвящена изучению электрохромных (реагирующих на изменение электрического потенциала), термохромных (реагирующих на тепло) и фотохромных (реагирующих на свет) материалов. Наиболее широкие потенциальные возможности для расширения практического применения "умных" материалов может открыть использование хромогенных покрытий в производстве автомобильного и строительного стекла. В то же время в ближайшей перспективе наиболее значительный рост будет отмечаться на

рынке интегральных кремниевых микродатчиков. Существенное распространение в будущем найдут "умные" материалы и в таких областях, как изготовление "умных" систем безопасности, "умных" систем контроля за уровнем шума и вибрации и "умных" устройств на волоконной оптике. Рынок военной и оборонной промышленности на "умные" материалы сужается, и, соответственно, в будущем возрастающую роль будет играть продукция двойного использования.

77. Биоимитирующие материалы реагируют на химические и электрохимические воздействия изменением размера и коэффициента химической диффузии. Они прекрасно имитируют поведение биологических систем. Несмотря на то, что биоимитирующие полимеры и гели находятся в настоящее время на стадии научных исследований и опытно-конструкторских работ, можно ожидать, что в будущем они найдут применение в биодатчиках и нейропротезах.

78. Сплавы и полимеры, запоминая форму, способны восстанавливать свою первоначальную форму после нагревания до какой-то более высокой температуры, меняя тем самым форму, приданную им в результате термомеханической обработки. Сплавы с эффектом запоминания формы нашли коммерческое применение в пружинных ортопротезах, оправках для очков и пружинных термоприводах. Полимеры с эффектом запоминания формы коммерчески реализуются в различных физических состояниях, обеспечивающих удобство для пользования, в том числе в виде гранул, растворов и жидкостей. Их свойства используются в медицинских, промышленных и потребительских товарах, включая катетеры и изготавливаемое по индивидуальному заказу защитное снаряжение.

79. Проводящие полимеры в ответ на химическое и электронное воздействие могут менять свой цвет и электропроводность. В коммерческом плане они используются в батареях вторичных источников тока и покрытиях для защиты от радиочастотных и электромагнитных помех.

Электронные материалы

80. Активные электронные устройства, основанные по полимерных материалах, как представляется, обладают в настоящее время определенным и даже, пожалуй, значительным коммерческим потенциалом. Полимерные светоизлучающие диоды (СИД) по своим эксплуатационным характеристикам уже сопоставимы с неорганическими светодиодами. Полимерные материалы могут наноситься на легкую гибкую основу, что предоставляет дизайнерам значительную свободу действий при проектировании новых устройств. Излучаемый таким материалом цвет определяется молекулами примесей, и, таким образом, на базе одного и того же полимера можно получать светодиоды разных цветов. Разработаны полимерные транзисторы, которые могут использоваться в довольно простых интегральных схемах. И хотя такие устройства в ближайшей перспективе - а может и никогда - не смогут составить конкуренцию ИС на кремниевой подложке по

своему быстродействию и плотности элементов, у них есть и преимущества, заключающиеся в том, что они обладают определенной гибкостью при изготовлении на гибкой подложке. Был представлен и целый ряд других электрооптических изделий, таких, как волноводы, переключатели и модуляторы, причем некоторые из них вполне могут быть использованы в качестве небольших по размерам, недорогих компонентов в системах связи на волоконной оптике и в электронно-вычислительных машинах.

81. Технические проблемы освоения этих материалов связаны с увеличением срока их службы и с разработкой технологий, позволяющих производить большое количество изделий с низкой себестоимостью. Благодаря совершенствованию производственных технологий уже удалось добиться существенного увеличения срока службы.

Надмолекулярные структуры

82. Как природные, так и синтетические полимеры могут использоваться для образования крупных блоков молекул, обладающих полезными свойствами. Наиболее хорошо изученными из таких блоков являются самоагрегирующиеся монослои, в которых молекулы, обладающие необходимой структурой, самопроизвольно выстраиваются на соответствующей подложке одинаковыми плотными слоями. В силу того, что формирование этих слоев происходит самопроизвольно, устройства на таких материалах можно изготавливать при небольших затратах и крупными партиями. Эти материалы могут обеспечивать также самовосстановление поврежденных слоев посредством агрегирования дополнительных молекул в нужных местах для устранения повреждений. Поверхность таких слоев может использоваться для размещения весьма многообразных функциональных компонентов, что позволяет выполнять конкретные задачи. Так, например, они могут выполнять функцию носителя специального места коагуляции целевого химического вещества и использоваться в роли датчика. Они могут фиксировать на себе вещества для имитации того или иного физиологического фактора с целью вызвать желаемую ответную реакцию организма. Такие поверхности могут найти применение в качестве каркасных материалов при разработке заменителей тканей. Предлагается использовать самоагрегирующиеся материалы в качестве микрошаблонов при производстве электронных схем на основе использования их характеристик смачиваемости для защиты кремниевой поверхности в качестве альтернативы методу традиционной фотолитографии. На основе комплексных методов синтеза появилась возможность получать более сложные трехмерные блоки. По мере углубления понимания принципов, в соответствии с которыми идет процесс агрегирования таких молекул, можно будет отводить этим материалам выполнение все более сложных функций.

Последствия развития технологий

83. Социальные, экономические и политические последствия этих тенденций развития технологии материалов определяются тем, какое практическое применение они находят. Легче всего прогнозировать их прикладное использование в области электроники и коммуникаций, где динамика разработки новых устройств и рыночные тенденции прочно установились и нет никаких признаков их ослабления. Удельная стоимость мощности вычислительной техники продолжает снижаться столь же быстрыми темпами, как и в предыдущее десятилетие. Беспроводная связь получила широкое распространение, и ее возможности стремительно растут, все меньше становятся габариты и вес портативных компьютеров и телефонов. Это открывает доступ к информации значительно большему числу людей во всем мире, чем когда-либо ранее, и, безусловно, меняет характер самовосприятия людей и имеющиеся у правительства возможности управления и руководства своими гражданами. Новые достижения в области "умных" материалов и создания на их основе различных датчиков приведут к разработке узкоспециализированных систем обнаружения, способных обеспечить защиту от химических или биологических угроз, будь то природного или антропогенного характера. Предполагаемые достижения в области медицины на основе использования высокосоввершенных материалов, как ожидается, будут носить поистине революционный характер. Выращивание живого клеточного материала на искусственном каркасе для получения новых клеток, тканей или даже целых органов представляется не только возможным, но и, пожалуй, реальным уже в недалекой перспективе.

84. Наиболее мощным стимулом в развитии технологии материалов по-прежнему остается потребность в разработке и получении материалов с предсказуемыми техническими характеристиками и показателями надежности. Размеры и микроструктура материалов имеют важнейшее значение в определении их поведения в конечной продукции и устройствах, и в настоящее время конструирование материалов на основе контролируемых технологических процессов ведется на атомном и молекулярном уровнях. Высокосоввершенные материалы продолжают

проникать на рынок, как правило, поначалу занимая нишу, в которой их технические характеристики имеют большее значение, чем соображения себестоимости. Расширение коммерческого использования высокосоввершенных или модифицированных на молекулярном уровне материалов будет зависеть от наших возможностей разработать надежные технологические процессы, позволяющие обеспечить конкурентоспособность этих новых материалов с традиционными по своей себестоимости.

D. Информационная технология*

85. По самым скромным оценкам, быстродействие процессоров и коммутаторов обмена данными продолжало стремительно расти, а их размеры и стоимость - снижаться. В области распространения информации в цифровой форме произошли качественные изменения, ставшие возможными благодаря совершенствованию коммуникационной инфраструктуры, разработке протоколов обмена и универсальных, т.е. не зависящих от конкретной аппаратуры программ. Заметные успехи были достигнуты и в области хранения, обработки и использования небуквенно-цифровой информации, и наши способности к восприятию окружающего нас мира с помощью более компактных и сложных устройств развивались параллельно с достижениями в области робототехники. Однако сложности, связанные с разработкой крупных систем, по-прежнему выступают препятствием на пути к созданию глобальных информационных сетей.

* Настоящий раздел подготовлен профессором Джанет Айсбетт, деканом школы управления и школы информатики Ньюкаслского университета, Ньюкасл, Австралия.

86. Рассмотрение изменений, происшедших после опубликования доклада 1990 года, в настоящем разделе начинается с ранее сделанной оценки, согласно которой, поскольку информатика выступает инструментарием и методологией управления информацией и ее использования, она в принципе охватывает все виды общественной и военной деятельности: от обмена технологической информацией на низком управленческом уровне до оказания поддержки руководящим органам в разработке стратегических или теоретических концепций.

87. Как и в случае с другими технологиями, воздействие информационной технологии можно охарактеризовать лишь с точки зрения ее применения. Результаты ее применения в свою очередь определяются тем, насколько она увязана с другими технологиями в устройствах или системах; процедурами, применяемыми при разработке и использовании этих устройств или систем; и реакцией со стороны общественности и организаций на соответствующие области ее применения. Все основные показатели, характеризующие распространение информационной технологии, продолжают расти: скорость использования; диапазон товаров и продуктов, реализации которых она способствует; скорость адаптации и поддержка со стороны инвесторов²⁶. Стремительное расширение глобальной базы ресурсов цифровой информации в последнее десятилетие, получившее отражение в распространении термина "информационный век", вызвало у экономических и военных структур зависимость от информационных систем²⁷. В этой связи дуализм между сравнительными преимуществами и стратегической уязвимостью информационной технологией ставит новые проблемы безопасности на предстоящее столетие.

Достижения в области обрабатывающих и коммуникационных технологий

88. В основе распространения информационной технологии лежит электронный процессор. Его миниатюризация продолжается стремительными темпами, и столь же стремительно сокращается время на обработку им информации, снижаются его стоимость, размеры и вес²⁸. Ожидается, что технические показатели будут и далее улучшаться параллельно с возрастанием интеграции функциональности на одной и той же микросхеме.

89. Однако главным событием в области информационной технологии в течение последних восьми лет было создание сетей компьютерных систем и технологий, связанных с Интернетом. Новаторские разработки в области вычислительной техники, электроники и средств массовой информации в сочетании с заключением соглашения о стандартах в целях обеспечения возможности взаимодействия способствовали бурному распространению Интернета. О масштабах его распространения опубликовано много статистических данных. Согласно ряду оценок²⁹, к середине 1998 года Интернетом будут пользоваться 122 млн. человек, из которых почти 60 процентов будет приходиться на Северную Америку. В настоящее время в Африке насчитывается только 0,75 процента пользователей Интернета.

90. Распространение Интернета будет и далее зависеть от расширения составляющей его основу коммуникационной инфраструктуры. В развитых странах на смену существующим "медным" сетям приходит волоконная оптика с широким диапазоном пропускания частот; при этом комплексная оптическая технология открывает перспективу для решения проблем переключения каналов связи. Становится доступным для домашнего пользования быстрое действие, исчисляемое мегабайтами в секунду.

91. Распространение Интернета в странах со слаборазвитой наземной инфраструктурой связи будет зависеть от снижения стоимости и развития спутниковой связи. Это будет достигнуто путем установки более мощных передатчиков, улучшения цифрового уплотнения, снижения пусковых затрат и создания менее дорогостоящих наземных станций. Другим перспективным направлением

является налаживание беспроводной связи с использованием высоковысотных аэронавигационных платформ, что даст толчок быстрому развитию услуг по обеспечению широкодиапазонной связью.

92. Необычайный успех сети "Всемирной паутины" как одной из технологий Интернета объясняется тем фактом, что она открыла широкий простор для новаторских разработок в области комплексного представления информации в интерактивном режиме и цифровой форме. Благодаря "паутине" кардинально улучшились гибкость, с которой можно обмениваться информацией, по сравнению с предыдущими способами передачи информации на расстояние, совместное использование информации разными пользователями и развлекательные программы и передачи - например, телефон, книги и телевидение. Изучение возможностей совместного пользования ограниченными образовательными и профессионально-техническими ресурсами при выполнении под руководством специалистов таких задач, как, например, хирургическая операция, при обучении на расстоянии и т.д. только начинается. Благодаря общемировой доступности "Всемирной паутины" имеются реальные возможности для устранения диспропорций между теми, кто владеет информацией, и теми, кто ею не владеет, как на внутристрановом, так и на международном уровне.

93. Помощь в этом окажут методы уплотнения данных, которые позволяют с большей эффективностью использовать существующие диапазоны и цифровые сети связи. Их внедрению будут способствовать такие органы, занимающиеся разработкой перспективных стандартов, как, например, Группа экспертов по движущимся изображениям³⁰. Степень уплотнения повышается благодаря применению так называемых "умных" методов, с помощью которых необработанные данные частично интерпретируются и таким образом преобразуются не только параметры инфраструктуры связи и хранения, но и появляется возможность автоматически интерпретировать сжатую информацию для улучшения поиска и отбора.

Мультимедийная технология

94. Доля исследований в области информационной технологии, направленных на изучение вопросов, касающихся информации, в отличие от технических вопросов (процессоры, компиляторы и т.д.) будет продолжать расти, хотя она и не поддается точной оценке ввиду большого объема исследовательских работ. Мультимедийная технология, т.е. технология комплексного представления информации в интерактивном режиме и цифровой форме объединяет в себе механизмы обработки и представления информации, которые ранее разрабатывались отдельно, например методы обработки графических, звуковых, текстовых или пространственных данных. Так, для оказания помощи в обучении выполнению опасных или связанных с крупными затратами задач гражданского и военного характера использовались такие информационные технологии, как электронные классы, виртуальная реальность и имитаторы. Образовательные возможности соответствующих технологий только начинают изучаться.

95. Способы, с помощью которых люди пользуются такой информацией, становятся более понятными благодаря проведению исследований в области теории познания. Ставится задача более глубокого овладения методом автоматического поиска информации о поставленной перед исполнителем задаче, независимо от того, представляется ли такая информация в графической, текстовой или иной форме. Благодаря интенсивным исследованиям будет также неуклонно повышаться эффективность отбора информации для недопущения "информационной перегрузки". Улучшение способности обнаруживать и фильтровать информацию имеет последствия с точки зрения безопасности как в плане ее использования для целей санкционированного мониторинга, так и для целей шпионажа.

Тенденции в области контрольной аппаратуры и робототехники

96. В результате достижений в области информационных технологий резко активизировался сбор разведывательной информации и информации, получаемой в результате наблюдения, как коммерческого, так и военного характера. Уже сейчас разведсведения собираются круглые сутки в масштабе всей планеты с помощью подключения к Интернету и посредством совершенствования приборов определения местонахождения, датчиков и отслеживающих устройств. Эта аппаратура вобрала в себя последние достижения в области активной и пассивной сенсорной технологии, обрабатывающей инфраструктуры и современных алгоритмов обработки, в основе которых лежат комплексные модели окружающей среды и принцип работы датчика.

97. Как и в случае с процессорами, миниатюризация в сочетании с дальнейшим развитием сенсорных технологий будет и далее вести к снижению расходов и сокращению размера датчиков. Создание скоординированных сетей из компактных "умных" датчиков открывает широкие перспективы для сбора разведанных, снижения и наблюдения и не требует крупных затрат. Кроме того, по мере дальнейшего развития вычислительной техники и совершенствования сенсорного и экологического моделирования будет и далее повышаться полезность синтезированных данных - например, электрооптических, инфракрасных, акустических и сейсмических данных, собираемых с помощью автономных наземных датчиков, или инфракрасных и радиолокационных данных в системах воздушного наблюдения. Такие данные могут обрабатываться на месте, сжиматься, передаваться, анализироваться и в конечном счете храниться в базах данных, что позволит снизить расходы на ведение наблюдения и отслеживание для гражданских, военных и миротворческих целей, включая отслеживание оружия и наблюдение за удалением.

98. Происходивший одновременно с миниатюризацией контрольных устройств процесс совершенствования транспортных технологий способствовал разработке более компактных, более автономных и более мобильных средств наблюдения. Эта тенденция приведет к созданию недорогих, размером менее сантиметра "микророботов", которые можно использовать для выполнения сложных задач. При высокосовершенном контроле и связи использование более "умных" контрольных устройств позволяет разрабатывать выполняющие более широкие функции без участия человека транспортные средства - роботы, которые только сейчас начинают играть значительную военную и коммерческую роль, прогнозировавшуюся для них в течение многих десятилетий. Существует возможность того, что сравнительно недорогие и не требующие присутствия человека или автономные механизмы, предназначенные для выполнения таких задач, как отслеживание дорожно-транспортных происшествий, могут быть использованы в военных или террористических целях. Как правило, улучшение технических характеристик автономных средств открывает перед страной возможность для их использования в ходе военных действий, не опасаясь негативной реакции населения по поводу гибели людей. Другим аспектом является растущая доступность такой технологии по мере ее удешевления.

99. Повышение производительности труда в ряде областей достигается за счет совершенствования персональных цифровых "помощников". В ближайшем времени использование так называемого "информационного снаряжения", т.е. путем ношения в одежде приборов, снимающих, обрабатывающих и передающих информацию, или в качестве предмета одежды, перестанет быть уделом узкопрофессиональных сфер, таких, как наблюдение в медицинских или военных целях. Говоря в целом, информационные устройства, предназначенные для выполнения конкретных задач, таких, как контроль за работой двигателя автомобиля или движением на дорогах, получают более широкое распространение по мере роста доступности и надежности систем на микросхемах нового поколения и таких вспомогательных датчиков, как приборы дифференциальной глобальной навигационной системы (GPS)³¹. Технологии разработки датчиков, обработки и использования информации в настоящее время используются для разработки автономного оружия и систем оружия.

Информационная война и незаконное использование информации

100. Трудности и сравнительно небольшие преимущества, связанные с удержанием лидирующих позиций в деле разработки оружия, будут и далее заставлять более бедные страны полагаться на сравнительно недорогие и простые виды оружия, к чему их будут побуждать и террористы, которые со своей стороны, по-видимому, будут делать ставку на использование наемников, оснащенных самым современным оружием. В силу тех же финансовых причин для более бедных стран и террористических групп политические преимущества, связанные с дестабилизацией, могут оказаться привлекательной альтернативой контролю за современным оружием и его использованию.

101. Есть основания думать, что в век информации дестабилизация достигается легко, поскольку возможные последствия информационной войны в гражданском секторе недооцениваются, несмотря на то значительное место, которое отводится информационной атаке в средствах массовой информации и, например, через Интернет³². Никакие шифровальные приборы и протоколы нового поколения не защитят ни от агрессора, использующего самые современные средства, ни от агрессора, делающего ставку исключительно на грубую физическую силу. Существует реальная опасность того, что мелкие террористические группы или небольшие государства сумеют парализовать жизненно важные виды деятельности. Однако, с другой стороны, усовершенствование методов шифрования, достигнутое по инициативе коммерческих кругов, облегчит контроль за деятельностью торговцев оружием, преступников и террористов.

102. В военном секторе преимущества системного подключения и взаимодействия привели к осознанию того, что стратегии регулирования рисков в области безопасности должны быть преимущественно увязаны со стратегиями избежания рисков. Это в первую очередь касается систем командования, управления, связи и разведки космического базирования. Хотя в странах Организации Североатлантического договора (НАТО) или аналогичных странах безопасность таких систем в целом до сих пор поддерживается на весьма высоком уровне, информационная война заставила эти страны пойти на значительные расходы и обусловила появление целого словаря кибертерминов: кибер-операции, кибер-нападения, кибер-боеприпасы и т.д. Информационная война сходна с терроризмом: трудно определить нападающих, которым требуется дать отпор. Военные, а также гражданские системы регулярно становятся объектом мелких нападений со стороны таких же "мелких игроков".

103. Результатом воздействия информационной технологии на правовую сферу явилось укрепление международных криминальных сетей и создание для групп, преследующих узкие корыстные интересы, включая лиц, занимающихся порнографией, возможностей обмениваться информацией в учебных и других незаконных целях. Изменились и средства совершения преступлений, и подделка "электронных денег", промышленный шпионаж и другие мошенничества в телекоммуникационной сфере приобрели международный размах³³.

Тенденции развития информационной технологии

104. В контексте развития информационной технологии тенденция к переносу акцента с военных на гражданские исследования и разработки будет сохраняться на фоне поддержания тесных рабочих связей между промышленными, научными и правительственными кругами. Параллельно с ней прослеживается тенденция к организации комплексного производства военной техники на коммерческих предприятиях и к использованию коммерческих компонентов в военных системах. Готовые разработки будут всегда стоить меньше, чем изготавливаемые на заказ программные системы, и в связи с миниатюризацией имеющегося в наличии оборудования начинает устаревать.

105. Повсеместно наблюдался рост числа мелких разработчиков и производителей, специализирующихся в области информатики. Это частично объясняется сокращением затрат, связанных с проникновением в отрасли высоких технологий, в результате общего снижения цен на такие компоненты и технологии, как разработки программного обеспечения с помощью ЭВМ. Эта тенденция может привести к трудностям с обеспечением контроля за производством среднетехнологичных устройств, имеющих важное значение с военной точки зрения.

106. Кроме того, поставщики и разработчики информационных технологий были решительно настроены в пользу открытых системных архитектур как в гражданском, так и военном секторах³⁴. Результатом этого явилась коренная перестройка архитектуры систем вооружений и датчиков, что открывает возможности для достижения большей универсальности в будущем. Однако сохраняющиеся трудности, связанные со сдерживанием роста расходов и соблюдением сроков при внедрении и эксплуатации основных программных систем, таких, как системы командования, управления, связи и разведки космического базирования, выступают явным контрастом на фоне снижающейся стоимости и повышения качества компонентов, используемых в информационных устройствах. Это является одним из следствий все более возрастающей сложности требований, необходимости обеспечения интеграции или полного подключения, а также недостаточной перспективности исследований в области информационных систем³⁵.

107. Как в военном, так и в гражданском секторах существовали большие сложности с разработкой крупных систем, в связи с чем в последнее время наметилась тенденция к созданию и внедрению централизованных систем. На гражданском рынке в глобальном масштабе громадным влиянием стали пользоваться поставщики комплексных разработок, в частности, в настоящее время компании "Микрософт" и SAP AG владеют различными сегментами рынка, а также формируют альянсы. По своей мощи эти корпорации соперничают с традиционной мощью государства. Нынешняя тенденция, заключающаяся в доминировании в отдельных секторах программного обеспечения, производимого крупнейшими компаниями, находит отражение в активизации деятельности крупных многонациональных торговых фирм, поставляющих программное обеспечение информационных систем. Эту активизацию деятельности можно в свою очередь отнести на счет неспособности традиционных (внутренних) поставщиков обеспечить обслуживание информационных систем в течение всего срока их эксплуатации. Однако тенденция к централизации, судя по всему, в течение следующего десятилетия будет переломлена, поскольку уже разработаны более оптимальные пути пересечения границ информационных систем и подсистем с помощью посредничества и перевода.

Будущее

108. Мы живем в эпоху глобальной взаимосвязи, когда национальные границы невозможно реально защитить от проникновения информации. Распространение информации через границы с помощью Интернета будет оказывать как стабилизирующее, так и дестабилизирующее воздействие с комплексными культурными, политическими, правовыми и коммерческими последствиями. В противовес враждебной пропаганде или негативному влиянию "Всемирной паутины" имеется целый набор стабилизирующих программ: от регулирования кризисных ситуаций до повышения осведомленности о таких вопросах, как биологическое оружие. Во "Всемирной паутине" во многом стираются языковые барьеры, значительно сокращаются время и расстояние. Одним из первых пользователей Интернета было мировое научное сообщество; сегодня же почти во всех странах мира по крайней мере часть школьников может непосредственно общаться со своими сверстниками.

109. Использование информационной технологии в коммерческих целях нарушило соотношение сил между корпоративной и государственной властью. У все большего числа фирм объемы годового

производства превышают валовой национальный продукт. Развитые страны такие компании обхаживают. В частности, поставляющие информационные технологии компании не испытывают недостатка в заказчиках, предлагающих стимулы с целью заручиться продукцией предприятий, производящих информационные технологии, и фирм, поставляющих программное обеспечение.

110. Достижения в области информационных технологий изменили характер деятельности финансовых служб и фондовых рынков, снабдивших электронными средствами для сбора глобальной информации, отслеживания цен и проведения операций по многим финансовым активам. В настоящее время с внедрением в практику системы электронных расчетов на потребительском уровне и предоставлением ряда услуг в диалоговом режиме преобразуется и характер глобальных розничных рынков. Усиливается конкурентная борьба за средства, выделяемые при поддержке правительства.

111. С учетом таких изменений традиционное национально ориентированное законодательство в области торговли, защиты прав потребителей и т.д. должно постоянно пересматриваться³⁶. Странам необходимо будет скорректировать и согласовать основу, используемую ими для увеличения налогов на продукцию, услуги и операции транснациональных компаний, и во многих сферах станет гораздо труднее или даже невозможно обеспечить соблюдение национальных нормативных актов.

112. Однако коммерческий аспект культурной или национальной самобытности в информационной сфере может оказаться более убедительным аргументом, чем нормативные акты. В прошлом культурное, религиозное и расовое многообразие выступало тормозом на пути распространения технологии. Поощряя такие различия, но при этом устраняя порождаемые ими трения, информационный век открывает возможность для осуществления нашей самой большой надежды, связанной с формированием общего видения мира.

Е. Биотехнология*

113. За период с 1990 года, когда был опубликован доклад Генерального секретаря о достижениях науки и техники и их воздействии на международную безопасность, степень осведомленности общественности во всем мире о распространении бактериологического оружия и возможности его использования агрессивно настроенными национальными лидерами и террористами существенно возросла. Это произошло в силу трех основных причин: а) действий террористической группировки "Аум синрикё" в Японии; б) огласки сведений об обширной и многоаспектной программе создания бактериологического оружия (БО) в бывшем Советском Союзе; и с) установленных Специальной комиссией Организации Объединенных Наций (ЮНСКОМ) фактов, касающихся боевого бактериологического потенциала Ирака. Естественно, во многих журналах и газетах появилось много надуманных публикаций об угрозе бактериологического оружия, а также об использовании неразборчивыми учеными методов биотехнологии в целях создания еще более опасных патогенных бактерий и вирусов для оснащения этого оружия. На самом же деле угроза применения методов молекулярной биологии в военных или противозаконных целях остается преимущественно гипотетичной.

114. Негипотетичным является то, что в результате исследований в области молекулярной биологии было разработано множество сложных методов, которые используются в фундаментальных

* Настоящий раздел подготовлен Раймондом А. Зилинским, адъюнкт-профессором Центра социальных проблем биотехнологии Института биотехнологии Мэрилендского университета, штат Мэриленд, Соединенные Штаты Америки.

и прикладных исследованиях, при разработке новых товаров и процессов, в промышленном производстве фармацевтических материалов и специальных химических веществ, а также для множества иных целей. С учетом тематики настоящего доклада следует отметить, что молекулярная биология вооружила работников служб здравоохранения эффективными методами выявления патогенных микроорганизмов и токсинов в окружающей среде и в искусственно созданных структурах; диагностики и лечения инфицированных людей, животных и растений; и контроля за распространением патогенных микроорганизмов во время эпидемий и пандемий. Как будет разъяснено ниже, эти методы, которые были разработаны в основном в процессе исследований, носивших мирную направленность, доступны также для тех, кто занимается такими вопросами, как защита от бактериологического оружия и международный контроль над вооружениями³⁷.

115. Тенденции в области биотехнологии были описаны и рассмотрены в докладе 1990 года. Однако за прошедшие восемь лет в этой области появились важные новые разработки, и это обуславливает необходимость обновления первоначального доклада, что и будет сделано ниже. Соответственно, настоящий раздел состоит из четырех частей. В первой дается краткая справочная информация о соответствующих мерах в области контроля над вооружениями, во второй части рассматриваются важнейшие новые методы биотехнологии. В третьей части рассматривается вопрос о применении новых методов биотехнологии для защиты от бактериологического оружия и контроля над вооружениями. Четвертая часть касается возможных будущих разработок.

Справочная информация о соответствующих международных мерах в области контроля над вооружениями

116. Инспекторы ЮНСКОМ, работающие в Ираке, использовали в своей работе широкий ассортимент биологических, химических и физических методов для получения подробных сведений об иракском оружии массового уничтожения³⁸. Особый интерес с точки зрения настоящего доклада представляет следующий пример. Еще до уничтожения основных иракских предприятий по производству бактериологического оружия в Эль-Хакаме и Эль-Манале³⁹ группы ЮНСКОМ собрали с оборудования, полов, из канализационных систем и с объектов окружающей среды в районе этих предприятий 350 проб. Эти пробы изучались в метрологических лабораториях в трех странах, в том числе в Военно-морском медицинском научно-исследовательском институте Соединенных Штатов (ВММНИИ) в Бетесде, штат Мэриленд. Ученые ВММНИИ использовали множество передовых методов (более подробно описанных ниже), включая иммунохимический анализ и полимеразно-цепьевую реакцию (ПЦР), для выявления в 15 пробах двух бактериологических средств ведения войны - токсина ботулизма и патогенного микроорганизма *Bacillus anthracis*. Особо важным оказался один положительный результат, показавший, что Ирак производил определенное бактериологическое средство ведения войны на этом объекте, несмотря на утверждения, что производство этого средства на данном предприятии никогда не осуществлялось.

117. ЮНСКОМ является первым международным учреждением по контролю над вооружениями, которое осуществляло на местах деятельность в целях выявления бактериальных и химических агентов, представляющих интерес с точки зрения проверки соблюдения соглашений. С полным основанием можно полагать, что ее опыт будет весьма полезным для всех, кому в будущем предстоит обеспечивать соблюдение режимов, установленных международными соглашениями о контроле над вооружениями. Прежде всего этим опытом может воспользоваться Организация по запрещению химического оружия, которая обеспечивает контроль за осуществлением Конвенции о химическом оружии 1997 года⁴⁰. Опыт ЮНСКОМ пригодится также инспекторам, которые должны будут следить за соблюдением режима, разрабатываемого сейчас для Конвенции о биологическом и токсинном оружии 1972 года⁴¹.

Обзор перспективных методов в области биотехнологии

118. В 80-е и 90-е годы было разработано множество новаторских методов, предназначенных для использования в ходе исследований, разработок, испытаний и на производстве. Однако в настоящем докладе мы ограничимся лишь рассмотрением методов, которые не освещались в докладе Генерального секретаря 1990 года и которые представляются наиболее перспективными с точки зрения защиты от биологического оружия и с точки зрения контроля над вооружениями. Есть три категории таких методов: биодатчики, нуклеинокислотный анализ и масс-спектральный анализ.

Биодатчики

119. В целом измерения производятся путем использования датчиков. В классической биотехнологии датчики, как правило, являются аналитическими приборами разной сложности - от указателей температуры и кислотности до приборов для радиоиммуноанализа и газовых хроматографов. Однако в настоящем докладе акцент будет сделан на особом виде датчика - биодатчике.

120. Все биодатчики имеют два компонента: иммобилизованный биологический материал - например, фермент, антитело или целая клетка, - который соединяется с преобразователем или

элементом, вырабатывающим сигнал. Когда иммобилизованный биологический материал вступает в контакт с исследуемым веществом или реагирует с ним, информация об этом передается на преобразователь. Функция этого прибора состоит в преобразовании полученной от биологического материала информации в сигнал (например, в электрический ток, тепло или свет). Аппаратура обработки данных измеряет эту реакцию путем количественной оценки сигнала и выдачи результатов оператору в течение нескольких секунд или минут, в зависимости от характера полученных данных.

121. Заслуживают описания два конкретных вида датчиков. Первым из них является электрохимический биодатчик. В такой конфигурации чувствительные элементы - молекулы, зачастую ферменты, иммобилизируются на кончике зонда или же закрепляются с помощью мембраны. Эти молекулы реагируют с веществами, наличие которых проверяется, вырабатывая электрический сигнал, сила которого пропорциональна выявленной концентрации этого вещества. В зависимости от вида таких молекул датчик можно сконструировать так, что он сможет реагировать на целый ряд реагентов - от конкретного химического вещества до целых классов соединений.

122. Вторым видом биодатчика является иммунологический датчик. Он состоит из двух элементов: антитела и молекулярного распознающего элемента. Антитело обладает способностью связываться избирательно с антигенами, в роли которых теоретически может выступать целый ряд веществ, включая биомолекулы, лекарственные препараты, бактерии, вирусы и клеточный материал. Наблюдаемый сигнал количественно отражает взаимодействие антитело-антиген.

123. Для полноты описания следует вкратце упомянуть еще три вида биодатчиков. Хотя пока их еще нельзя непосредственно применить в целях обеспечения биологической безопасности и контроля над вооружениями, в будущем положение может измениться. Первым из них является оптический датчик, который реагирует на поведение светового излучения, пропускаемого через изучаемый раствор, регистрируя такие явления, как поглощение или флюоресценция света, рассеивание света и спектрофотометрия. Используя различную длину волн, можно определять множество различных материалов. Оптические биодатчики особенно эффективны в клинических лабораториях. Вторым видом датчика является пьезоэлектрический биодатчик. В этом приборе молекулы-датчики реагируют на исследуемое вещество механическими колебаниями, которые, в свою очередь, могут быть преобразованы в электрические сигналы, сила которых пропорциональна объему исследуемого вещества. Третьим видом датчика является хеморецептор. Этот биодатчик является по сути комплексом биомолекулярных датчиков, участвующих в физиологических функциях, например связанных с обонянием и вкусовыми ощущениями, и в метаболических и нейробиохимических путях. Биодатчики, использующие физически полноценные хеморецепторные структуры естественного происхождения, такие, как ракообразные и рыбы, продемонстрировали способность количественно реагировать на аминокислоты, гормоны, нуклеотиды, лекарственные препараты и токсины.

124. Основное преимущество биодатчиков по сравнению с обычными датчиками состоит в том, что они выдают результат быстрее, могут обладать большей чувствительностью и большей избирательностью. Например, при контроле промышленных биологических процессов биодатчики позволяют техническому персоналу и инженерам следить за сложными реакциями в реальном масштабе времени и при необходимости корректировать скорость реакции для обеспечения максимальной производительности. В целях контроля за состоянием окружающей среды биодатчики можно использовать для выявления присутствия загрязняющих веществ в воздухе, почве и воде, а также для слежения за их распространением от источников загрязнения, включая фабрики, сельскохозяйственные комплексы, очистные сооружения и т.д. По мере развития технологии будут разработаны недорогие биодатчики, возможно даже рассчитанные на одноразовое использование.

125. Однако применение биодатчиков имеет также и недостатки и сопряжено с определенными расходами. На нынешней стадии их развития для использования биодатчиков, особенно на местах, нужен высококвалифицированный персонал. Биодатчики можно легко "отравить", иными словами, некоторые имеющиеся в окружающей среде химические вещества могут повредить или разрушить сенсорный элемент. Некоторые виды биодатчиков, стоимость которых может быть довольно высокой, нельзя использовать повторно; иными словами, когда сенсорный элемент выявляет искомое вещество, происходит необратимая химическая реакция и израсходованный сенсорный элемент подлежит затем замене.

Нуклеинокислотный анализ

126. Любая форма жизни имеет в своей генетической конструкции серии последовательностей, которые характерны только для этого организма; поэтому теоретически можно определить происхождение любой генетической последовательности. Например, в случае отбора инспекторами ЮНСКАМА проб из биореакторов и сушильных аппаратов, содержащих генетический материал, с помощью надлежащим образом проведенного анализа можно в принципе определить организм-источник.

127. На практике, однако, часто возникают трудности. Чаще всего встречаются следующие две проблемы. Во-первых, количество генетического материала, найденного в образце, может быть очень незначительным. Поскольку стандартные методы, используемые метрологическими лабораториями, как правило, требуют наличия исследуемого вещества в количестве, превышающем миллиграммы, а в некоторых случаях даже граммы, меньший объем генетического материала не позволяет получить даже однозначные результаты. Во-вторых, большая часть встречающихся в природе микроорганизмов не идентифицирована и не классифицирована. Даже малейшие пробы грунта содержат миллиарды микроорганизмов, из которых всего лишь 5 процентов были описаны микробиологами. Следовательно, большая часть генетического материала, отобранного в окружающей среде, неизвестна, и исследователям трудно будет определить его происхождение.

128. Для преодоления трудностей, связанных с анализом проб, особенно взятых на объектах окружающей среды, можно использовать три перспективных метода биотехнологии: усиление (амплификация) полимеразной цепной реакции (ПЦР), анализ с применением метода полиморфизма рестрикционных фрагментов (ПРФ) и анализ с применением метода риботипирования.

129. Если говорить вкратце, то ПЦР является методом амплификации генетического материала, обнаруженного в образце; иными словами, на основе единственной копии ДНК-последовательности можно получить миллионы других копий. Было разработано множество различных методов ПЦР⁴², однако все они действуют по одному и тому же принципу. Исследователь начинает ПЦР-реакцию путем добавления в образец пары коротких последовательностей синтетической ДНК, именуемых праймерами, которые цепляются к известным последовательностям по обе стороны ДНК, подлежащей амплификации. В ходе последующей реакции образуется копия интересующей исследователя последовательности. Реакция повторяется до тех пор, пока не получают такое количество копий ДНК, которое достаточно для проведения анализа с помощью стандартных методов. Как правило, амплифицированные продукты отделяют с помощью электрофореза, затем отделенные продукты распределяются в последовательности и полученные таким образом последовательности сопоставляются с известными последовательностями, хранящимися в банке данных.

130. С помощью ПЦР-анализа можно анализировать только ДНК, но если и этот метод несколько модифицировать, то его можно будет также использовать для амплификации РНК в

геномах РНК-вирусов. Если исследователь считает, что в пробе может присутствовать РНК, он в первую очередь должен обработать его ферментной обратной транскриптазой, что позволяет получить ДНК-копию РНК. Полученную ДНК-копию можно затем амплифицировать с помощью ПЦР.

131. При ПРФ-анализе в образец добавляются определенные ферменты, расщепляющие ДНК-последовательности, а полученная с помощью этой реакции масса подвергается электрофорезу с целью разделения фрагментов различного размера. Карту фрагментов, которая является неповторимой, обычно называют "отпечатком" исследуемого вещества, или, точнее, "генетическим отпечатком" или "генетической характеристикой". Полученная карта исследуемого вещества, затем сопоставляется с известными картами, хранящимися в базе данных. ПРФ используется для экспресс-анализа, когда исследователь достаточно хорошо знает, какие вещества могут присутствовать в образце.

132. Разновидностью ПРФ-анализа является риботипирование. Риботипирование начинается с того, что исследователь лизирует (растворяет) клетки в образце, а затем с помощью рестрикционного фермента расщепляет ДНК, полученную из растворенных клеток, на фрагменты. Затем исследователь использует гель-электрофорез для разделения фрагментов по молекулярному весу. Затем фрагменты гибридизируются с ДНК-зондом, и к ним добавляется хемолуминесцирующее вещество. Люминесцентные изображения фрагментов снимаются с помощью цифрового фотоаппарата, а полученные снимки затем обрабатываются с помощью серии алгоритмов, скорректированных по маркерам с известным молекулярным весом.

133. Экспериментальный прибор, использующий метод риботипирования, уже имеется в продаже. Так называемый "Рибопринтер", разработанный компанией "Куайкон", (г. Уилмингтон, штат Делавэр), применяется в сельском хозяйстве для выявления и идентификации болезнетворных бактерий, поражающих животных. Компьютер системы оснащен программным обеспечением, позволяющим быстро сопоставлять карты неизвестных организмов с картами известных организмов, хранящимися в базе данных. Идентификация считается завершенной, если удастся найти комплементарную карту. Результаты автоматически распечатываются и хранятся в базе данных для будущего использования. Для большинства видов бактерий анализ может быть закончен в течение восьми часов⁴³.

134. Методы нуклеинокислотного анализа отличаются чувствительностью и точностью; иными словами, они позволяют с высокой степенью точности определять очень небольшое количество ДНК в пробах, взятых на объектах окружающей среды, или в клинических пробах. Однако эти методы довольно сложны, а сами анализы требуют большой тщательности. Поэтому для их проведения нужны услуги высококвалифицированного технического персонала или ученых. Помимо этого, для проведения реакций необходимы дорогие биохимические реагенты высокой чистоты, а для проведения анализа - сложное оборудование. По указанным причинам эти методы могут сейчас применяться только в лабораторных условиях. Но уже через несколько лет нуклеинокислотный анализ можно будет повседневно проводить на местах с помощью портативной аппаратуры. Помимо этого, хотя число последовательностей ДНК, зарегистрированных в банках данных, быстро растет, для широкомасштабного выявления и идентификации микроорганизмов в окружающей среде необходимо существенно увеличить объем информации о последовательностях ДНК.

Масс-спектрометрия

135. Масс-спектрометрия (МС) является распространенным классическим методом, применяемым химиками и физиками для изучения малых молекул. Масс-спектральный анализ начинается с того, что исследователь физически фрагментирует исследуемое вещество на электрически

заряженные ионы, каждый из которых имеет характерную массу. Ионы в газовой фазе "выпрыскиваются" в прибор, и расстояние, которое они пролетают в электрическом поле, измеряется (может также измеряться время, за которое ионы пролетают конкретное расстояние). Расстояние, которое пролетает ион, или необходимое ему для этого время, пропорционально его массе. Масс-спектрограмма образца состоит из диаграммы распределения ионов, входящих в состав образца, которая может сопоставляться с масс-спектрограммами веществ, определенных экспериментальным путем. Чтобы облегчить сопоставление масс-спектрограмм неизвестного вещества с масс-спектрограммами, хранящимися в базах данных, могут использоваться компьютеры⁴⁴.

136. Как правило, масс-спектрографы отличаются большими габаритами, громоздкостью и энергоемкостью. Однако технология масс-спектрометрии быстро развивается. В настоящем докладе следует упомянуть три следующих новшества в области масс-спектрометрии. Во-первых, в последние несколько лет были разработаны методы, позволяющие проводить масс-спектральный анализ больших молекул, включая белки и ДНК. Во-вторых, была проделана большая работа по миниатюризации масс-спектрографов. Уже есть опыт установки портативных приборов на джипах и их использования для проведения анализа образцов в полевых условиях. В-третьих, разрабатываются компьютерные программы, которые существенно расширяют возможности исследователей в области интерпретации данных, полученных с помощью масс-спектрального анализа.

137. Примером недавно разработанного метода, позволяющего проводить масс-спектральный анализ больших молекул, может служить матричная лазерная десорбционная ионизация (МАЛДИ). Вкратце, для выполнения МАЛДИ исследуемый образец наносится на подходящий органический материал. Затем на нанесенный материал направляется лазерный луч, который выбивает ионы нанесенного материала из матрицы. Затем эти ионы можно вводить в прибор, как это описано выше⁴⁵.

138. Как и в случае других веществ, очень важное значение имеет правильная идентификация полученного масс-спектра. Поскольку образцы, содержащие биологические и/или токсинные агенты, как правило, содержат большое количество постороннего органического материала, необходимо отфильтровывать образуемые ими спектры. Кроме того, поскольку химический состав биологических и токсинных агентов, как правило, весьма сложен, их масс-спектральные характеристики также отличаются большой сложностью. С учетом этого необходимо продолжать научные исследования и разработки с целью создания компьютерных программ, которые были бы способны отфильтровывать фоновые шумы и позволяли получать распознаваемые карты белковосодержащих образцов, исследуемых с помощью масс-спектрального анализа. Для этого нужна также большая база данных масс-спектров известных бактерий, вирусов и токсинов.

Заключение

139. Необходимо, чтобы люди, занимающиеся вопросами биобезопасности и контроля над вооружениями, были готовы начать практическое освоение современных биотехнологий, несмотря на то, что сегодня пользоваться соответствующими методами непросто. Современная биотехнология развивается стремительными темпами; методы исследований, применяемые сегодня в лабораториях, уже не в столь далеком будущем можно будет использовать для работы в полевых условиях. Соответствующие методы обнаружения повысят способность правительств защищать население своей страны от биологических угроз и сделают более надежными и эффективными международные усилия в области контроля над бактериологическим оружием.

140. В деле ограждения широких масс населения от угрозы применения бактериологического оружия высокий уровень защиты можно было бы обеспечить, оснастив органы гражданской обороны датчиками, способными обнаруживать возбудителей болезней и токсины в реальном масштабе времени. Создание такого потенциала должно сопровождаться подготовкой органов здравоохранения, включая в частности развитие сети коммуникаций и накопление запаса лекарственных препаратов и обеззараживающего оборудования. Что касается военной сферы, то войска, дислоцированные как на прифронтовых позициях, так и в районах тылового базирования, будут лучше подготовлены к защите от биологического оружия, если оснастить личный состав индивидуальными биодатчиками, незамедлительно подающими сигнал тревоги в случае обнаружения в непосредственной близости от местонахождения их владельца распыленных возбудителей болезней или токсинов.

141. К сожалению, имеющиеся биодатчики позволяют обнаруживать лишь весьма ограниченный круг возбудителей болезней или токсинов и не способны работать в режиме реального времени. В более обобщенном смысле это означает, что планы принятия чрезвычайных мер на случай возникновения биологической угрозы, к сожалению, отсутствуют в большинстве стран на всех уровнях управления. Не будет преувеличением сказать, что большинство стран недостаточно подготовлены к тому, чтобы противостоять биологическим угрозам, откуда бы они ни происходили - из естественной среды или из лабораторных источников.

142. С учетом того, что заблаговременное обнаружение в настоящее время обеспечить невозможно, первым признаком биологического заражения станет внезапное обращение большого числа заболевших в больницы скорой помощи или военные амбулаторные пункты. Гражданские и/или военные медицинские работники неизбежно столкнутся в этой ситуации с кризисом, к борьбе с которым они в широком смысле не подготовлены, и число жертв будет высоким. Так, например, в случае применения агента *Bacillus anthracis* - возбудителя сибирской язвы - подвергшиеся его воздействию лица должны начать принимать соответствующие антибиотики в течение нескольких часов после появления первых признаков заражения. В противном случае коэффициент смертности превысит 60-процентную отметку⁴⁶. Для оказания пострадавшим надлежащей помощи медицинские работники должны располагать средствами оперативного выявления возбудителя болезни и необходимым запасом соответствующих антибиотиков.

143. Методы, применяемые в настоящее время в клинических биологических лабораториях, не позволяют оперативно получать результаты. Приготовление культуры и идентификация бактерий занимает по меньшей мере сутки; более трех недель может понадобиться для распознавания вируса, а для идентификации токсина потребуется шесть или более недель. Все это со всей очевидностью указывает на необходимость оснащения системы здравоохранения технологиями, позволяющими оперативно обнаруживать и идентифицировать возбудителей болезней и токсины.

144. Разработка новых технологий обнаружения и идентификации ведется на протяжении последних нескольких лет и близится к завершению. Особенно перспективными представляются два метода: усовершенствованный масс-спектрометрический анализ и применение комплексных прикладных систем.

145. Традиционная методология масс-спектрометрического анализа имеет несколько существенных недостатков, ограничивающих возможности ее полноценного использования в полевых условиях. Однако благодаря достижениям, о которых говорилось выше, эти недостатки в скором времени, возможно, будут устранены. Разработаны методы, позволяющие проводить масс-спектрометрический анализ бактерий и токсинов; ведутся работы по уменьшению габаритов соответствующей измерительной аппаратуры и приборов и приданию им достаточной эксплуатационной надежности, позволяющей работать в полевых условиях. Наряду с этим ведется также работа по масс-спектральному анализу известных возбудителей болезней и токсинов,

занесению соответствующих масс-спектрометрических характеристик этих агентов в базы данных и разработке программного обеспечения, позволяющего идентифицировать их присутствие при наличии "загрязняющего" фона. Эти работы ведутся в одном общем направлении. В течение пятилетнего срока будут созданы передвижные масс-спектрографы, специально предназначенные для проведения анализа средств ведения бактериологической войны и дистанционно связанные с базами данных, что позволит проводить незамедлительное сопоставление масс-спектральных характеристик агентов, выявленных на местах, с известной, введенной в базу данных масс-спектральной информацией. Специалисты получают возможность подготавливать взятые из окружающей среды или клинические образцы и проводить их анализ в течение менее 30 минут и проводить полную идентификацию возбудителя заболевания или токсина менее чем за час.

146. В настоящее время и руководители, и практические работники системы здравоохранения, принимая меры в ситуации, связанной с возникновением биологической опасности, не знают, какой агент или агенты обусловили вспышку заболевания. Соответственно, появление возможности одновременно идентифицировать большое число возбудителей болезней и токсинов путем оперативного проведения одного-единственного анализа было бы в высшей степени полезным. Один из многообещающих методов заключается в использовании комплекса биодатчиков, например антител в микрогабаритных устройствах, таких, как микросхемы⁴⁷. Большое количество антител может быть нанесено на поверхность микросхемы, которая затем погружается в раствор, содержащий анализируемое вещество. Связывание антитела с антигеном сопровождается сигналом, который визуальным образом воспринимается исследователем. В силу того, что реакции антитело - антиген носят весьма специфический характер, факт связывания позволяет с точностью определить конкретный антиген. Наборы, содержащие такие комплексы, уже существуют, однако для того, чтобы стало возможным надежное их применение в полевых условиях, необходимо преодолеть проблемы, связанные с подготовкой образцов. Вместе с тем, представляется вероятным, что эта проблема будет преодолена в пятилетний срок.

147. В отличие от острых ситуаций, возникающих, например, в условиях биологической атаки, когда на первое место выходит требование незамедлительного обнаружения и идентификации примененного возбудителя заболевания, в контексте контроля за вооружениями наиболее важное значение приобретают соображения сохранения собранных образцов и точности их анализа. В обязательном порядке должна быть гарантирована безопасность образцов в процессе их перевозки и хранения, в противном случае ценность их использования в качестве доказательства снижается или утрачивается вообще. Указанное в равной мере относится и к точности анализа; если лиц, занимающихся рассмотрением дел, связанных с вопросами соблюдения существующих требований, не удастся убедить в том, что проведенный анализ образцов был точным и конкретным, то результаты такого анализа не будут приняты в качестве доказательств.

148. Один из вариантов решения проблем, касающихся образцов, заключается в проведении испытаний образцов в местах их сбора. Это позволило бы притупить остроту еще одной проблемы: обеспечения сохранности любой специфической информации, которую могут содержать в себе образцы, собранные в процессе инспектирования объектов. Если инспекторы по вопросам соблюдения режима, установленного Конвенцией о химическом оружии, - а в будущем и инспекторы, занимающиеся вопросами соблюдения режима, установленного Конвенцией о биологическом оружии, будут проводить анализ образцов на местах, то эта проблема утратит свою актуальность. Однако для проведения исследований на местах инспекторам потребуются все необходимое оборудование, реактивы и принадлежности. В этой связи встает вопрос: какие материалы и оборудование понадобятся им для проведения необходимых анализов на местах?

149. Из опыта ЮНСКОМ, который включает сбор и анализ насчитывающих сотни единиц образцов, полученных на объектах, нам известно, что если в том или ином образце присутствует

/...

подозрительный материал, то он скорее всего обнаруживается в исключительно малых количествах. По этой причине важное значение имеет наличие у инспекторов возможности выполнять полимеразный (ПЦР) анализ, чтобы амплифицировать мельчайшие сегменты ДНК. После завершения амплификации исследование соответствующего продукта можно проводить с использованием стандартных процедур иммуноанализа. Однако, как отмечалось выше, через несколько лет арсенал аналитических методов, доступных инспекторам, существенно обогатится благодаря появлению переносной аппаратуры масс-спектрального анализа, доказывающей свою эффективность. Не лишено основания предположение о том, что ко времени вступления в силу режима Конвенции о биологическом оружии работающие в данной области эксперты будут в состоянии применять многие из этих методов в полевых условиях.

150. В заключение следует отметить, что в течение последнего десятилетия международное сообщество значительно продвинулось вперед в деле борьбы с распространением ядерного оружия, включая продление действия Договора о нераспространении ядерного оружия и разработку Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (который еще не вступил в силу). Оказавшись не в состоянии обрести ядерное оружие, та или иная страна или террористическая группа может проявить интерес к альтернативным видам оружия массового поражения, особенно к химическому или биологическому оружию. Однако получение химического оружия также предполагает освоение сопряженных с большими затратами, передовых с технической точки зрения технологических процессов (хотя и в меньшей степени, чем в случае ядерного оружия) и требует строительства специализированных объектов, которые весьма легко обнаруживаются национальными техническими средствами. Кроме того, большинство прекурсоров, необходимых для производства агентов химического оружия, являются достаточно специфичными, и, соответственно, их импорт/экспорт, особенно в больших количествах, может обнаруживаться и контролироваться национальными разведслужбами и Техническим секретариатом Организации по запрещению химической войны, работающей под эгидой Конвенции о химическом оружии. С учетом того, что агрессивным лидерам стран и субнациональных групп будет, вероятно, трудно приобрести ядерное или химическое оружие, некоторые из них, возможно, начнут искать пути приобретения биологического оружия. Приведенные в настоящем разделе соображения и аналитические выкладки указывают на то, что методы молекулярной биологии могут использоваться для контроля за соблюдением международных режимов, выявления случаев незаконной разработки биологического оружия и оперативного установления этиологии вспышек заболеваний. В условиях быстрого роста и развития биотехнологии в целом методы молекулярной биологии неизбежно приобретут еще большую роль для правительств и международных учреждений, имеющих своей целью защитить население мира от болезней и поставить заслон распространению биологического оружия.

151. Безусловно, современные методы молекулярной биологии находят практическое применение не только в сфере контроля за вооружениями, но и в других областях. Благодаря исследованиям в области молекулярной биологии сделаны открытия, которые используются как в развитых, так и в развивающихся странах для повышения продуктивности земледелия и животноводства, модернизации промышленного производства на основе внедрения по существу незагрязняющих технологий, восстановления загрязненных участков морской среды и суши, разработки новых фармацевтических препаратов, которые никогда не появились бы на свет с использованием лишь традиционных химических методов, и во многих других целях. Поэтому исключительно важно помнить, что методы молекулярного клонирования генов, переноса генов, изменения генетической структуры зародышей животных и семян растений, трансплантации эмбрионов, генетического изменения микросреды первого отдела желудка жвачных, создания генетическим путем клеток, таких, как моноклональные антитела, для целей иммунодиагностики и иммунопрофилактики, а также разработка генных зондов, используются и будут все шире использоваться в мирных научных исследованиях, разработках и на производстве на благо всех народов планеты. С учетом этого следует отметить чрезвычайную важность того, чтобы государства - участники Конвенции о

биологическом оружии направляли свои усилия на обеспечение практического осуществления статьи X этой конвенции, обязывающей страны, которые решили присоединиться к этому документу, сотрудничать на международном уровне в деле практического использования микробиологии в мирных целях. К сожалению, государства-участники до сих пор игнорируют осуществление статьи X, что, возможно, объясняется их нежеланием предоставить необходимые для этого средства. Может быть, это препятствие удастся преодолеть, если будет обеспечено четкое понимание того, что поддержка сотрудничества по статье X в проведении научных исследований в мирных целях поможет уберечь исследователей от соблазна переключения на сулящие большие прибыли незаконные исследования, связанные с разработкой оружия.

Примечания

¹ Faga, Martin (First Secretary of the Air Force for Space and Director of the National Reconnaissance Office), "Prepared remarks to the National Space Club", 29 November 1989, p. 2.

² Scott, W. B., "Army, Navy space resources focus on tactical support", *Aviation Week and Space Technology*, 1 September 1997, vol. 147, No. 9, pp. 56-57.

³ Presidential directive on GPS, *Office of Science and Technology Policy*, National Security Council, 29 March 1996, Washington, D.C.

⁴ Gilbert, C., "The end of Selective Availability: a signal difference, or just a different signal?", *Mapping Awareness*, vol. 10, No. 6, July 1996, pp. 30-32.

⁵ Klass, P. J., "New GPS policy attempts to resolve key user issues", *Aviation Week and Space Technology*, vol. 146, No. 24, 9 June 1997, pp. 42-43.

⁶ Dornheim, M., "Milstar 2 brings new program role", *Aviation Week and Space Technology*, 16 November 1992, p. 93.

⁷ McCanley, J. F., et al., "Surface valley and geoarcheology of the Eastern Sahara revealed by Shuttle radar", *Science*, vol. 218, No. 4576, 3 December 1982, pp. 1004-129.

⁸ Covault, C., "NRO radar, SIGINT launches readied", *Aviation Week and Space Technology*, vol. 147, No. 9, 1 September 1997, pp. 22-24; and "Secret relay, Lacrosse NRO spacecraft revealed", *Aviation Week and Space Technology*, vol. 148, No. 12, 23 March 1998, pp. 26-28.

⁹ Ibid.

¹⁰ Cushman, J., "AF seeks invulnerable warning satellites", *Defense Week*, 16 January 1984, p. 12.

¹¹ Pike, J., Lang, S., and Stambler, E., "Military use of space", *SIPRI Yearbook 1992, World Armaments and Disarmament*, 1992 (Oxford University Press/Stockholm International Peace Research Institute, 1992), pp. 121-146.

¹² Richelson, J., *The U.S. Intelligence Community*, (Ballinger: Cambridge, Mass., 1985), pp. 140-43.

¹³ Keirman, V., "DMSP satellite launched to aid troops in Middle East", *Space News*, 10 December 1990, p. 6.

¹⁴ "Sluggers pinch hit Army GPS", *Military Space*, 24 September 1990, pp. 1.8.

¹⁵ "Last FLTSATCOM satellite planned for launch September 22", *Aerospace Daily*, 15 September 1989, p. 466.

¹⁶ "Satcom gears up for Desert Shield", *Military Space*, 24 September 1990, pp. 3-5.

¹⁷ Kierman, V., "Satellite data boosts map quality for US troops", *Space News*, 15 October 1990, pp. 1, 20.

¹⁸ Ferster, W., "U.S. Space priorities unveiled", *Space News*, 13-19 April 1998, vol. 9, No. 15, pp. 3, 20.

¹⁹ “U.S. Air Force launches laser design competition”, *Space News*, 9–15 March 1998, vol. 9, No. 10, p. 17; and Ferster, W., “Partners TRW, Lockheed Battle for test laser”, *Space News*, 20–26 April 1998, vol. 9, No. 15, p. 8.

²⁰ Zalgo, S. J., “Re Star Wars”, *Jane's Intelligence Review*, May 1997, vol. 9, No. 5, pp. 205-208.

²¹ Gertz, W., “Yeltsin letter reveals anti-satellite weapons”, *The Washington Times*, 7 October 1997.

²² Fulghum, D. A., “Airborne laser tested, weighed for new missions”, *Aviation Week and Space Technology*, 27 October 1997, vol. 147, No. 17, p. 26.

²³ *Aviation Week and Space Technology*, 2 March 1997, vol. 148, No. 8, p. 21.

²⁴ Jasani, B., and Mara, S., “The Western European Union Satellite Centre”, *Journal of the British Interplanetary Society*, June 1993, vol. 46, No. 6, pp. 209-211.

²⁵ *Peaceful and non-peaceful uses of space – Problems of definition for the prevention of an arms race*, Jasani, B., (ed.) 1991, (UNIDIR, Geneva, and Taylor and Francis, London, 1991).

²⁶ High-Level Experts Group on the Social Aspects of New Technologies (1988), Paris.

²⁷ Wriston, W. (1997). “Bits, bytes, and diplomacy”, *Foreign Affairs*, vol. 76, No. 5, pp. 172-181.

²⁸ Dipert, B. (1997). “Trends toward faster, bigger, lower power designs emerge at ISSCC”, *Electrical Design News*, vol. 42, No. 6, pp. 16-18.

²⁹ Nua Internet Surveys (1998):
http://www.nua.ie/surveys/how_many_online/index.html.

³⁰ Chiariglione, L. (1977). “Special Issue of Image Communication on MPEG-4”, *Image Communication*, vol. 9, No. 4, pp. 295-304.

³¹ Lamarre, L. (1998). “The digital revolution”, *Electronic Power Research Institute Journal*, vol. 23, No. 1, pp. 26-35.

³² Munro, N. (1996). “Sketching a national information warfare defense plan”, *Communications of the Association for Computing Machinery*, vol. 39, No. 11, pp. 15-18. Fraumann, E. (1997) Economic espionage: security missions redefined. *Public administration review*, vol. 57, No. 4, pp. 303-309.

³³ Grabosky and Smith (1996), “Fraud: an overview of current and emerging risks”, *Trends and Issues in Crime and Criminal Justice* (Australian Institute of Criminology, November, Canberra).

³⁴ Farish, M. (1997). “Evolving solutions”, *Engineering*, vol. 238, No. 10, pp. 62-64.

³⁵ Fitzgerald, B. (1996). “Formalized systems development methodologies: a critical perspective”, *Information systems journal*, vol. 6, pp. 3-23.

³⁶ OECD (1997) *Distant Selling in a Global Marketplace: Codes of Conduct*, DAFFE/CP[97]8, Paris.

³⁷ Zilinskas, R. A. (ed.) (1998). *Biological Warfare and Defense in the Era of Molecular Biology* (Boulder, CO: Lynne Rienner Publishers) (in press).

³⁸ Zilinskas, R. A. (ed.) (1995). Symposium of United Nations Biological Weapons Inspectors: Implications of the Iraqi Experience for Biological Arms Control. *Politics and the Life Sciences*, vol. 14, pp. 229-262.

³⁹ Zilinskas, R. A. (1997), "Iraq's biological weapons: The past as future?" *Journal of the American Medical Association*, vol. 278, pp. 418-424.

⁴⁰ Tucker, J. B. (1998). "Verification provisions of the Chemical Weapons Convention and their relevance to the Biological Weapons Convention", in: Chevrier, M. I., Pearson, G. S., Smithson, A. E., Tucker, J. B. and Woollett, G. R. (eds.) *Biological weapons proliferation: reasons for concern, courses of action*. Report No. 24, pp. 77-105 (Washington, D. C.: the Henry L. Stimson Center).

⁴¹ Chevrier, M. I. (1998). "Doubts about confidence: the potential and limits of confidence-building measures for the Biological Weapons Convention", in: Chevrier, M. I., Pearson, G. S., Smithson, A. E., Tucker, J. B. and Woollett, G. R. (eds.) *Biological weapons proliferation: reasons for concern, courses of action*, Report No. 24, pp. 53-75 (Washington, D.C.: The Henry L. Stimson Center).

⁴² Innis, M. A., D. H. Gelfand and J. J. Sninsky (eds.) (1995). *PCR Strategies* (San Diego, CA: Academic Press).

⁴³ LaBudde, Robert A. Genetic typing, microbial food contaminants – USA. *Food Quality*, April 1998. 5–12–1998. (electronic citation).

⁴⁴ Morse, S. S. (1998). "Methods for detecting biological warfare (BW) agents", in: Zilinskas, R. A. (ed.), *Biological warfare and defense in the era of molecular biology* (Boulder, CO: Lynne Rienner Publishers) (in press).

⁴⁵ Claydon, M. A., Davey, S. N., Edward-Jones, V. and Gordon, D. B. (1996). "The rapid identification of intact microorganisms using mass spectrometry", *Nature biotechnology*, vol. 14, 1584-1586.

⁴⁶ Friedlander, A. M. (1997). "Anthrax", in: Sidell, F. R., Takafuji, E. T. and Franz, D. R. (eds.), *Medical aspects of chemical and biological warfare*, pp. 467-478 (Washington, D.C.: Office of the Surgeon General).

⁴⁷ Abramowitz, S. (1996). "Towards inexpensive DNA diagnostics", *Trends in biotechnology*, vol. 14, pp. 397-401.

- - - - -