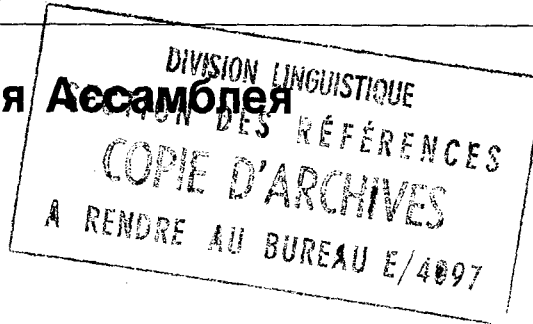




Генеральная Ассамблея



Distr.  
GENERAL

A/43/351  
5 May 1988  
RUSSIAN  
ORIGINAL: ENGLISH

Сорок третья сессия  
Пункт 67g первоначального перечня\*

РАССМОТРЕНИЕ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ РЕКОМЕНДАЦИЙ И РЕШЕНИЙ, ПРИНЯТЫХ  
ГЕНЕРАЛЬНОЙ АССАМБЛЕЕЙ НА ЕЕ ДЕСЯТОЙ СПЕЦИАЛЬНОЙ СЕССИИ:  
КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЯДЕРНОЙ ВОЙНЫ, В ТОМ ЧИСЛЕ  
"ЯДЕРНАЯ ЗИМА"

Исследование по проблеме климатических и других глобальных  
последствий ядерной войны

Доклад Генерального секретаря

1. В своих резолюциях 40/152 G от 16 декабря 1985 года и 41/86 H от 4 декабря 1986 года Генеральная Ассамблея просила Генерального секретаря с помощью группы экспертов-консультантов, отобранных им с учетом желательности широкого географического представительства и их квалификации в широком круге областей научных знаний, провести исследование по проблеме климатических и возможных физических последствий ядерной войны, в том числе "ядерной зимы", в котором будут рассматриваться, в частности, ее социально-экономические последствия и, возможно, будут учтены доклад Генерального секретаря (A/40/449 и Согг.1 и 2) и документы, служившие источниками для подготовки подборки, а также любые другие соответствующие научные исследования.

2. Во исполнение этой просьбы Генеральный секретарь настоящим имеет честь препроводить Генеральной Ассамблее исследование по проблеме климатических и других глобальных последствий ядерной войны.

\* A/43/50.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Исследование по проблеме климатических и других глобальных  
последствий ядерной войны

СОДЕРЖАНИЕ

	<u>Пункты</u>	<u>Стр.</u>
ПРЕДИСЛОВИЕ ГЕНЕРАЛЬНОГО СЕКРЕТАРЯ .....		5
ПРЕПРОВОДИТЕЛЬНОЕ ПИСЬМО .....		6
ВСТУПИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ .....		9
I. ОБЗОР, РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ВЫВОДЫ .....	1 - 28	11
A. Эволюция новых взглядов на последствия ядерной войны .....	1 - 10	11
B. Прогресс в решении ключевых научных вопросов .....	11 - 20	13
C. Результаты исследований и выводы .....	21 - 28	16
II. АТМОСФЕРНЫЕ И КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ .....	29 - 105	18
A. Введение .....	29 - 40	18
B. Технические вопросы .....	41 - 93	21
1. Пыль .....	41 - 42	21
2. Сгорание и горючие материалы .....	43 - 51	22
3. Пожары .....	52 - 55	24
4. Выделение дыма .....	56 - 62	25
5. Оптические свойства дыма .....	63 - 67	26
6. Высота инъекции дыма .....	68 - 71	27
7. Вымывание и удаление частиц дыма .....	72 - 74	30
8. Ослабление света .....	75 - 77	31
9. Численная имитация .....	78 - 81	31
10. Результаты численных имитаций .....	82 - 85	33
11. Частичные природные аналоги атмосферного возмущения, вызываемого ядерными взрывами ...	86 - 90	34

СОДЕРЖАНИЕ (продолжение)

	<u>Пункты</u>	<u>Стр.</u>
12. Долговременные эффекты .....	91 - 93	35
C. Факторы неопределенности .....	94 - 96	36
D. Разрушение стратосферного озонного слоя .....	97 - 102	36
E. Другие химические последствия .....	103 - 105	37
III. ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ И СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА .....	106 - 162	38
A. Введение .....	106 - 109	38
B. Общая биологическая реакция на климатические возмущения .....	110 - 113	40
C. Реакция биомов на климатические возмущения .....	114 - 135	41
1. Биомы тундры/высокогорных районов .....	118 - 120	41
2. Северные леса/тайга .....	121 - 122	43
3. Хвойный лес .....	123	43
4. Лиственные леса .....	124	43
5. Степная зона .....	125	44
6. Пустыни и полупустыни .....	126	44
7. Тропические биомы .....	127 - 129	44
8. Озера и водотоки .....	130 - 131	45
9. Морские экосистемы .....	132 - 134	45
10. Эстуарии .....	135	45
D. Реакция крупных сельскохозяйственных систем на климатические возмущения .....	136 - 144	46
E. Основные продовольственные культуры .....	145 - 153	48
1. Рис .....	145 - 149	48
2. Пшеница .....	150	49
3. Кукуруза .....	151	50

/...

СОДЕРЖАНИЕ (продолжение)

	<u>Пункты</u>	<u>Стр.</u>
4. Соя .....	152	50
5. Животноводство .....	153	50
F. Последствия возмущения климата с разбивкой по широтам .....	154 - 155	50
G. Последствия для сельскохозяйственного производства .....	156 - 162	52
IV. МЕДИЦИНСКИЕ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ .....	163 - 203	53
A. Введение .....	163 - 164	53
B. Ударная волна .....	165 - 166	53
C. Тепловое излучение .....	167 - 169	54
D. Радиация .....	170 - 176	54
1. Первичная проникающая радиация .....	170 - 171	54
2. Локальные радиоактивные осадки .....	172 - 173	55
3. Тропосферные и глобальные радиоактивные выпадения .....	174 - 176	56
E. Общее непосредственное воздействие .....	177 - 179	56
F. Оказание медицинской помощи оставшимся в живых ...	180 - 187	57
G. Последствия для людей и социально-экономических систем .....	188 - 197	59
H. Возможность восстановления .....	198 - 203	61
Глоссарий .....		63
Библиография .....		72

## ПРЕДИСЛОВИЕ ГЕНЕРАЛЬНОГО СЕКРЕТАРЯ

После того как в 1982 году ряд ученых признали, что крупномасштабная ядерная война может привести к серьезнейшим климатическим последствиям глобального характера, Генеральная Ассамблея в резолюции 40/152 G от 16 декабря 1985 года обратилась к Генеральному секретарю с просьбой провести исследование по проблеме климатических и возможных физических последствий ядерной войны, в том числе "ядерной зимы", в котором будут также рассмотрены ее социально-экономические последствия. Однако ввиду финансового кризиса в 1986 году эту работу пришлось отложить на год.

В 1986 году в резолюции 41/86 N от 4 декабря Генеральная Ассамблея подтвердила эту просьбу, обращенную к Генеральному секретарю, и просила его препроводить исследование Ассамблее в надлежащие сроки для его рассмотрения на ее сорок третьей сессии в 1988 году.

В соответствии с пожеланиями Генеральной Ассамблеи, выраженными в резолюции 41/86 N, Группа экспертов-консультантов, назначенная Генеральным секретарем, была сформирована из ученых, представляющих разные страны и имеющих квалификацию в широком круге областей научных знаний. Некоторые из них уже занимались исследованием этой проблемы, другие же обратились к ней впервые.

В докладе Группа делает вывод, что крупномасштабная ядерная война создаст огромную опасность глобальной дезинтеграции окружающей среды. Эта опасность будет наиболее велика, если удары по крупным городам и промышленным центрам в северном полушарии будут нанесены в летние месяцы. По мнению Группы, те факторы неопределенности научного характера, которые пока сохраняются, вряд ли опровергнут этот вывод. Группа указывает, что истощение продовольственных источников, к которому способны привести серьезнейшие последствия войны для сельскохозяйственного производства, может стать острой проблемой как в государствах, по которым будет нанесен удар, так и в тех странах, которые не будут затронуты конфликтом, и создать реальную возможность массового голода. Социально-экономические последствия будут тяжелыми.

Несмотря на кажущуюся долговечность, планета, на которой мы живем, находится в состоянии хрупкого равновесия. Сегодня впервые в истории людской расы человечество предпринимает действия, которые в пределах жизни всего лишь одного его поколения фундаментальным образом затрагивают глобальную окружающую среду. В числе очевидных примеров — кислотные дожди и обезлесение. Наконец-то полностью признаются возможные будущие последствия глобального потепления и разрушения озона.

Все, к чему приведет ядерная война, — это крайнее проявление самого большого вреда, который человеческая раса может сама себе причинить. Доклад Группы служит еще одним подтверждением того, что в ядерной войне не может быть победителей и что она никогда не должна быть развязана. Его можно также рассматривать как убедительный довод в пользу осуществления глубоких сокращений ядерного оружия и в конечном итоге его полной ликвидации.

Генеральный секретарь выражает членам Группы экспертов свою признательность за подготовленный ими доклад, который настоящим представляется Генеральной Ассамблее для рассмотрения. Следует отметить, что замечания и выводы, содержащиеся в настоящем докладе, принадлежат членам Группы экспертов и что Генеральный секретарь не может дать оценку всем аспектам работы, проделанной Группой.

ПРЕПРОВОДИТЕЛЬНОЕ ПИСЬМО

5 апреля 1988 года

Его Превосходительству  
Хавьеру Пересу де Куэльяру  
Генеральному секретарю  
Организации Объединенных Наций,  
Нью-Йорк

Ваше Превосходительство,

Настоящим имею честь препроводить доклад Группы экспертов-консультантов для проведения исследования по проблеме климатических и возможных физических последствий ядерной войны, в том числе "ядерной зимы", которая была назначена Вами в соответствии с пунктом 3 резолюции 41/86 Н Генеральной Ассамблеи от 4 декабря 1986 года.

В состав Группы вошли следующие эксперты-консультанты, назначенные в соответствии с упомянутой резолюцией Генеральной Ассамблеи:

Профессор Суне К.Д. Бергстрем  
Каролинский институт  
Нобелевский отдел  
Стокгольм, Швеция

Д-р Дюла Бора  
Проректор  
Университет экономики  
Будапешт, Венгрия

Профессор Мессан К.Л. Гнининви  
Директор лаборатории солнечной энергии  
Бенинский университет  
Ломе, Того

Профессор Г.С. Голицын  
Институт физики атмосферы  
Академия Наук СССР  
Москва, Союз Советских Социалистических Республик

Профессор Рафаэль Эррера  
Экологический центр  
Венесуэльский институт научных исследований  
Каракас, Венесуэла

Профессор Мохаммед Кассас  
Факультет естественных наук  
Каирский университет  
Гиза, Египет

Профессор Томас Ф. Мэлоун  
Колледж Св. Иосифа  
Уэст Хартфорд, Коннектикут, Соединенные Штаты Америки

Профессор Генри Никс  
Директор  
Центр исследований природных ресурсов и окружающей среды  
Национальный университет Австралии  
Канберра, Австралия

Д-р Д.В. Сешу  
Международный исследовательский институт по рису  
Манила, Филиппины

Профессор Ясумаса Танака  
Факультет права  
Университет Гакусюин  
Токио, Япония

Профессор Е Дучжэн  
Китайская Академия наук  
Пекин, Китай

Работа над докладом велась с марта 1987 года по апрель 1988 года; в этот период Группа провела три сессии: первую - 23-27 марта 1987 года в Нью-Йорке, вторую - 18-27 ноября 1987 года в Женеве и третью - 28 марта-1 апреля 1988 года в Нью-Йорке.

Исследование столь сложного вопроса невозможно было провести в такие короткие сроки без значительной помощи и использования знаний и опыта других специалистов. В целях расширения своих познаний в этой области члены Группы провели два семинара с участием других экспертов и сочли такой обмен весьма полезным. В этой связи Группа хотела бы выразить особую признательность следующим ученым, принявшим участие в однодневном семинаре в Нью-Йорке в марте 1987 года: д-ру Томасу С. Хатчинсону, Торонтский университет, Канада; д-ру Стивену Шнайдеру, Национальный центр атмосферных исследований, Боулдер, Колорадо, Соединенные Штаты Америки; и д-ру Джойсу Пеннеру, Ливерморская лаборатория им. Лоуренса, Ливермор, Калифорния, Соединенные Штаты Америки.

Что касается второго коллоквиума, то специально были приняты меры, чтобы провести встречу группы ученых Научного комитета по проблемам окружающей среды - проект "Последствия ядерной войны для окружающей среды" (СКОПЕ-ЭНУВАР) в Женеве в ноябре 1987 года одновременно с сессией Группы Организации Объединенных Наций. Члены Группы Организации Объединенных Наций участвовали в дискуссиях СКОПЕ-ЭНУВАР в течение первых двух дней работы, а затем открыли свою вторую сессию проведением однодневного совместного семинара с участием ряда ученых. Группа хотела бы выразить особую признательность председателю Руководящего комитета СКОПЕ-ЭНУВАР г-ну Фредерику Уорнеру, Эссекский университет, Соединенное Королевство; д-ру Паулю Крутцену, Институт химии им. Макса Планка, Майнц, Федеративная Республика Германии; д-ру Марку Харвеллу, Центр исследований экосистем, Корнеллский университет, Итака, Нью-Йорк, Соединенные Штаты Америки; д-ру Майклу Маккракену,

Ливерморская лаборатория им. Лоуренса, Калифорния, Соединенные Штаты Америки; д-ру Ю.М. Свирежеву, Вычислительный центр, Академия Наук СССР, Москва, Союз Советских Социалистических Республик; и д-ру Ричарду Д. Турко, "R and D Associates Marina Del Rey", Калифорния, Соединенные Штаты Америки. Группа Организации Объединенных Наций благодарна Международному совету научных обществ за тесное сотрудничество и ту поддержку, которую СКОПЕ-ЭНУВАР оказывал Группе на протяжении всего периода ее работы.

Группа хотела бы также выразить свою признательность ряду учреждений Организации Объединенных Наций за их квалифицированную консультативную помощь и за вклад, внесенный ими в подготовку исследования. Помимо профессора Суне Бергстрема, члена Группы и председателя административной группы Всемирной организации здравоохранения, который сделал два доклада о биологических и медицинских последствиях ядерной войны, значительную помощь оказали д-р Франческо Селла, консультант Программы Организации Объединенных Наций по окружающей среде; профессор Пьер Морель, директор Всемирной программы исследования климата, Всемирная метеорологическая организация; и профессор Уоллен, консультант Всемирной метеорологической организации.

И наконец, члены Группы экспертов хотят выразить свою признательность сотрудникам Секретариата Организации Объединенных Наций за оказанную ими помощь. В частности, они хотели бы поблагодарить г-на Ясуси Акаси, заместителя Генерального секретаря по вопросам разоружения, г-на Дерека Бутби, который являлся секретарем Группы, и г-на Эндрю Форестера, фирма "Дартсайд консалтинг" и Торонтский университет, который консультировал Группу по вопросам составления доклада.

Как отмечается в настоящем докладе, в случае крупномасштабной ядерной войны нашу планету ждет мрачное будущее. Поэтому без особого удовлетворения я информирую Вас от имени всех членов Группы, что доклад был принят на основе консенсуса.

Примите, сэр, заверения в моем глубочайшем уважении.

Г. НИКС  
Председатель Группы экспертов-консультантов  
для проведения исследования по проблеме  
климатических и других глобальных  
последствий ядерной войны



## ВСТУПИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Вопрос о том, что в результате крупномасштабного обмена ядерными ударами могут возникнуть условия, которые приведут к глобальному климатическому возмущению, впервые был поднят в 1982 году. В 1984 году в резолюции 39/148 F от 17 декабря 1984 года Генеральная Ассамблея просила Генерального секретаря подобрать выдержки из научных исследований по проблеме климатических последствий ядерной войны, в том числе "ядерной зимы". Эта подборка была опубликована в 1985 году в качестве документа Генеральной Ассамблеи (A/40/449 и Corr.1 и 2).

16 декабря 1985 года Генеральная Ассамблея приняла резолюцию 40/152 G, в которой она признала необходимость проведения систематических исследований в этой области и просила Генерального секретаря провести исследование по проблеме климатических и возможных физических последствий ядерной войны, в том числе "ядерной зимы", и препроводить исследование Ассамблее для рассмотрения на ее сорок второй сессии в 1987 году. Однако ввиду финансового кризиса в 1986 году эту работу пришлось отложить на год.

В своей резолюции 41/86 N от 4 декабря 1986 года Генеральная Ассамблея вновь просила Генерального секретаря провести это исследование с помощью группы экспертов-консультантов, отобранных им с учетом желательности широкого географического представительства и их квалификации в широком круге областей научных знаний. Генеральная Ассамблея просила, чтобы в исследовании по проблеме климатических и возможных физических последствий ядерной войны, в том числе "ядерной зимы", были рассмотрены, в частности, ее социально-экономические последствия и были учтены доклад Генерального секретаря и документы, служившие источниками для подготовки подборки, а также любые другие соответствующие научные исследования.

К Генеральному секретарю была обращена просьба препроводить исследование Генеральной Ассамблее в надлежащие сроки для его рассмотрения на ее сорок третьей сессии в 1988 году.

Настоящий доклад подготовлен в соответствии с этой резолюцией. Группа экспертов-консультантов дала взвешенную оценку результатов научных исследований, которые были проведены и продолжают проводиться по этому сложному вопросу. Для обеспечения того, чтобы дискуссии в Группе проводились с максимальным учетом последних из имеющихся научных данных, Группа воспользовалась знаниями и опытом широкого круга научных учреждений и квалифицированных специалистов, в частности тех, которые приняли участие в исследовании последствий ядерной войны для окружающей среды, проведенном Научным комитетом по проблемам окружающей среды Международного совета научных обществ (МСНО) (известном как проект СКОПЕ-ЭНУВАР).

Перед Группой поставлена широкая задача. Конкретный мандат, содержащийся в резолюции 41/86 N Генеральной Ассамблеи, предусматривает проведение исследования по проблеме климатических и возможных физических последствий ядерной войны, в том числе "ядерной зимы". Принимая во внимание резолюцию в целом, Группа дала своему мандату широкое толкование и поэтому включила в число рассматриваемых проблем и биологические последствия. При таком толковании появляется возможность оценить и потенциальные социально-экономические последствия, как того требует Генеральная Ассамблея.

/...

Группа решила как можно реже употреблять термин "ядерная зима", потому что он не отражает в полной мере природу, масштабы и сложность рассматриваемых условий. Хотя падение температуры в случае ядерной войны и не приведет к замерзанию большей части поверхности планеты, кумулятивные глобальные последствия массированного обмена ядерными ударами - если они будут нанесены по крупным городским и промышленным центрам и если это произойдет, когда в северном полушарии будет лето, - эти последствия будут чрезвычайно серьезными и широкомасштабными.

В силу этого Группа экспертов решила назвать свой доклад "Исследованием по проблеме климатических и других глобальных последствий ядерной войны".

## I. ОБЗОР, РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ВЫВОДЫ

### A. Эволюция новых взглядов на последствия ядерной войны

1. Ядерная война, если она будет развязана, будет принципиально отличаться от всех прежних войн вследствие неизмеримо большей разрушительной мощи ядерного оружия. Появление атомных бомб типа примененных против Хиросимы и Нагасаки ознаменовало собой увеличение взрывной мощности, измерявшейся прежде тоннами тринитротолуола (ТНТ), до тысяч тонн (килотонн). Создание спустя примерно десять лет водородной бомбы означало увеличение мощности с тысяч тонн до миллионов тонн (мегатонн). В настоящее время в мире имеется более 50 000 единиц ядерного оружия, суммарная мощность которых составляет, по оценкам, около 15 000 мегатонн (это примерно в 5000 раз больше, чем мощность всех взрывных устройств, примененных во время второй мировой войны).

2. Опубликование в 1982 году работы Крутцена и Биркса "Атмосфера после ядерной войны. Сумерки в полдень" стало поворотным пунктом в анализе косвенных последствий крупномасштабной ядерной войны. Авторы пришли к выводу, что в результате вызванных ядерными взрывами пожаров произойдет выброс в атмосферу огромного количества светопоглощающих частиц дыма. Из-за дыма и сажи количество поступающего солнечного излучения, которое нагревает земную поверхность и обеспечивает энергию для атмосферных и биологических процессов, уменьшится, что приведет к погодным изменениям и повлияет на климат. Эту гипотезу подтверждают дальнейшие расчеты количеств горючего материала, эмиссии дыма и радиационных свойств дыма. Были признаны серьезные потенциальные последствия ядерной войны для экосистем, а также рыболовства и сельского хозяйства. Под угрозой при этом окажется снабжение сельскохозяйственными продуктами тех, кто погибнет от непосредственных эффектов ядерных взрывов.

3. Изучение основных климатических последствий массовых инъекций дыма было продолжено в исследовании, проведенном в 1983 году Р. Турко, О. Туном, Т. Аккерманом, Дж. Поллаком и К. Саганом, которые известны как группа ТТАПС (акроним, образованный из их инициалов). Используя сценарии, описывающие продуцирование и свойства дыма и пыли, и модифицированные климатические модели, группа ТТАПС предсказала неблагоприятные последствия, в т.ч. охлаждение атмосферы над континентальным массивом северного полушария на 25–30°C, сильное нагревание и стабилизацию верхней тропосферы, ускоренный перенос дыма в южное полушарие. По расчетам, затемнение, охлаждение земной поверхности и радиологические эффекты оказались потенциально настолько сильными, что для образного описания ситуации, которая возникнет после ядерной войны с применением зарядов суммарной мощностью в тысячи мегатонн (значительной доли существующего ядерного арсенала), был придуман термин "ядерная зима". Группа ТТАПС не предсказывала перманентных или долгосрочных пертурбаций, но в то же время эти авторы выразили надежду на то, что предполагаемый глобальный характер разрушений заставит "решительно и критически рассмотреть поднятые здесь вопросы". Статья ТТАПС сопровождалась исследованием (Эрлих и др., 1983 год), в котором ряд биологов рассмотрел возможное широкомасштабное воздействие ядерной войны на экологические системы и сельское хозяйство.

4. Последствия ядерной войны для атмосферы и биосферы были рассмотрены на Конференции по глобальным долгосрочным биологическим последствиям ядерной войны, проходившей в Вашингтоне, О.К., 31 октября и 1 ноября 1983 года. Эта встреча была

/...

организована астрономом К. Саганом и биологом П. Эрлихом совместно с консультативным комитетом ученых-физиков и биологов. Представлено было и советское исследование, содержащее аналогичные выводы, а между Вашингтоном и Москвой был установлен "спутниковый телемост", позволивший ученым Соединенных Штатов и Советского Союза обменяться мнениями. Участникам конференции было сообщено о возможных экологических стрессовых воздействиях обмена ядерными ударами, включая сильное охлаждение земной поверхности и выпадение обильных радиоактивных осадков, а также о том, что это приведет к непосредственной дезинтеграции инфраструктуры общества. На Конференции были также обсуждены такие вопросы, как значительные факторы неопределенности, присутствующие в новых прогнозах, и необходимость дальнейшего изучения этой важной проблемы.

5. В начале 1983 года министерство обороны Соединенных Штатов поручило Национальному совету по научным исследованиям Национальной академии наук Соединенных Штатов провести одно крупное исследование. В подготовленном докладе были подчеркнуты ограничения, порождаемые факторами неопределенности, а в заключение сделаны следующие выводы:

"... комитет считает, что если только один или более факторов воздействия не окажутся рядом с нижней границей диапазона неопределенностей или если не упущен какой-то смягчающий фактор, то вполне вероятно, что значительная часть массива умеренного пояса северного полушария (а возможно - и гораздо большая часть планеты) испытает на себе крайне негативные последствия. В число возможных последствий входит сильное падение температуры (особенно в случае обмена ядерными ударами в летнее время), которое сохранится на протяжении целых недель, причем аномально низкие температуры будут сохраняться в течение месяцев. Воздействие этого понижения температуры и связанных с ним метеорологических изменений на оставшееся в живых население и на биосферу, от состояния которой будут зависеть те, кто пережил сам обмен ударами, может быть крайне серьезным и заслуживает тщательного отдельного изучения".

(The Effects on the Atmosphere of a Major Nuclear Exchange, National Academy of Sciences, 1985, p. 6)

Академия наук СССР также провела анализ физических, химических и биологических последствий "варианта" ядерной войны при суммарной мощности ударов в 5400 мегатонн и заявила: "основной вывод из нашего исследования: даже самые "оптимистические" сценарии последствий ядерного конфликта (если можно говорить о каком-либо оптимизме в этой ситуации) неизбежно приводят к выводу о глобальных экологическом и демографическом кризисах" (Свирижев и др., "Экологические и демографические последствия ядерной войны", 1985 год, стр. 170). В целом аналогичные выводы были сделаны в докладах Королевского общества Канады (1985 год) и Новозеландского совета по планированию (1987 год), в которых рассмотрены последствия ядерной войны соответственно для Канады и Новой Зеландии.

6. В 1983 году Научному комитету по проблемам окружающей среды (СКОПЕ) Международного совета научных обществ (МСНО) было поручено провести исследование последствий ядерной войны для окружающей среды, которое получило название СКОПЕ-ЭНУВАР. В подготовке двухтомного доклада объемом 882 страницы, опубликованного в 1986 году, приняли участие более 300 ученых из 30 стран. Этот доклад остается основополагающим документом. Этот анализ содержал обширное

/...

исследование биологических последствий; в то же время он подтвердил уже сделанные общие выводы относительно физических последствий. Суть сделанного в докладе вывода в том, что "косвенные последствия крупномасштабной ядерной войны для населения, особенно климатические последствия, вызванные задымлением, потенциально в глобальном плане гораздо серьезнее, чем непосредственное воздействие, а опасность беспрецедентных последствий одинаково велика как для воюющих, так и для невоюющих стран" (подчеркнуто в цит. соч.) ("Environmental Consequences of Nuclear War", Pittcock et al., 1986, foreword, p. xxvi).

7. Последующие исследования с применением более реалистичных трехмерных моделей показали, что понижения температуры, по-видимому, будут менее значительными, чем предполагалось сначала. Однако они могут быть достаточно значительными, чтобы вызвать серьезные глобальные последствия для природных и сельскохозяйственных экосистем на месяцы и даже годы.

8. Эта гипотеза была вновь рассмотрена в 1986 году (Голицын и Филлипс) и в 1987 году (Голицын и Маккракен) Объединенным научным комитетом, осуществляющим контроль за Всемирной климатологической программой исследований МСНО и Всемирной метеорологической организацией (ВМО): Комитет дважды пришел к выводу о том, что прогноз относительно серьезных температурных изменений в первые недели после обмена ядерными ударами, когда вызванные ими пожары приведут к выбросу в атмосферу от 100 до 200 млн. тонн дыма, "останется без изменений (за исключением частных) независимо от того, насколько успешными будут попытки прояснить те многие неопределенности, которые характерны для атмосферных расчетов" (подчеркнуто авторами) (Голицын и Филлипс, 1986 год; подтверждено Голицыным и Маккракеном в 1987 году).

9. В рамках проекта СКОПЕ-ЭНУВАР были организованы семинары - в феврале 1987 года в Бангкоке, в ноябре 1987 года в Женеве и в марте 1988 года в Москве - для рассмотрения результатов самых последних исследований. Эти результаты подтвердили прежние оценки СКОПЕ-ЭНУВАР относительно воздействия ядерной войны на климат. На этих семинарах было положено начало новым этапам исследований, а именно: проведению конкретных исследований воздействия ядерной войны на сельское хозяйство конкретных стран, более подробного анализа источников и поведения дыма в атмосфере и более подробных исследований ионизирующей радиации в свете опыта Чернобыля.

10. Начиная с 1982 года исследованием последствий ядерной войны для здоровья населения и для служб здравоохранения занимается Всемирная организация здравоохранения, которая опубликовала по этому вопросу два доклада (1984 и 1987 годы). Всемирная ассамблея здравоохранения рекомендовала, чтобы Организация в сотрудничестве с другими учреждениями Организации Объединенных Наций продолжала собирать, анализировать и регулярно публиковать отчеты о деятельности и новых исследованиях по проблеме последствий ядерной войны для здоровья населения и служб здравоохранения, периодически информируя об этом Ассамблею здравоохранения.

#### В. Прогресс в решении ключевых научных вопросов

11. Более ранние оценки количества горючих материалов (концентрации горючего материала) были уточнены в результате проведения ряда анализов их производства и хранения, например: подробного обзора репрезентативного набора целей в Соединенных Штатах (Смолл и др., 1988 год). Хотя оценки, согласно которым в атмосферу может

/...

быть выброшено в общей сложности до 150 млн. тонн дыма, остаются в целом достоверными, работа, проведенная в последнее время, показала, что эти оценки ближе к верхнему пределу. С другой стороны, прогностические оценки компонентов дымовых эмиссий, продуцируемых сгоранием таких материалов, как нефть и пластик, в результате крупных пожаров, стали значительно более высокими. Кроме того, недавние измерения, сделанные в ходе лабораторных исследований и во время небольших пожаров, показывают, что способность дыма, продуцируемого городскими пожарами, поглощать солнечный свет в три раза больше, чем это следовало из некоторых более ранних расчетов. Этот темный, с большим содержанием сажи компонент дымовых эмиссий считается в настоящее время самым важным фактором с точки зрения воздействия на атмосферу и климат, и поэтому значительная часть последних исследований была посвящена изучению характеристик частиц сажи.

12. Это огромное количество дыма и сажи будет поглощать значительную часть поступающего солнечного излучения в большей части северного полушария. Оценки сокращения получаемой Землей солнечной радиации сильно различаются в зависимости от сценария: например, в случае сильной задымленности количество солнечного света, получаемого поверхностью Земли, может составлять всего лишь 1 процент от нормы в течение нескольких дней и менее 20 процентов от нормы на протяжении нескольких недель или даже более продолжительного срока.

13. Выбрасываемый крупными пожарами дым может первоначально подняться на высоту до 15 километров, хотя большая его часть сконцентрируется на высоте от 5 до 10 километров. Поднимающийся дым в конце концов стабилизируется на определенной высоте и начнет распространяться в горизонтальной плоскости. Поскольку, поглощая солнечную радиацию, дым будет продолжать нагреваться, частицы дыма могут подняться на еще большую высоту. Результаты последних исследований с применением моделей показывают, что подобный крупномасштабный конвентивный подъем со средних высот в северном полушарии в летний период может переместить большую часть дыма на высоту до 30 километров. Существование этого явления – самопроизвольного конвентивного подъема дыма, образовавшегося в результате ядерных взрывов, – позволяет предположить, что продолжительность его нахождения в стратосфере может многократно возрасти, что значительные массы дыма могут переместиться в южное полушарие и что под угрозой может оказаться целостность озонового слоя в стратосфере.

14. В настоящее время предполагается, что коэффициент удаления дыма за счет переноса облаками и выпадения осадков (называемого "вымыванием" и "удалением") в течение нескольких первых дней после его образования будет составлять порядка 30–50 процентов, хотя степень неопределенности велика и фактические показатели могут отклоняться в ту и другую сторону. Процессы удаления дыма включают в себя "немедленное" вымывание с "черным дождем", выпадающим над зонами крупных пожаров, возникновение которых ожидается после обмена ядерными ударами, а также последующее вымывание с осадками с подветренной стороны пожаров. Вымывание дыма снизит масштабы экранировки света, а в результате появления просветов между облаками одни районы будут получать света больше, другие – меньше. Последние лабораторные и полевые исследования свойств дыма позволяют предположить, что коэффициент удаления дыма, насыщенного самыми черными фракциями – сажой и копотью, ниже, чем принято считать в настоящее время. Поэтому необходимо дальнейшее уточнение оценочных показателей вымывания дыма (сажи).

15. Новые лабораторные исследования указывают на то, что быстрой диссоциации сажи, достигающей стратосферы (в результате прямой инжекции или самопроизвольного конвекционного подъема в верхние слои), за счет вступления в реакцию с озоном, по-видимому, не произойдет и что этот процесс, возможно, займет около года или больше. Этот важный результат означает, что облака сажи могут оставаться вполне стабильными в верхних слоях атмосферы и, следовательно, распространяться над всем земным шаром, т.е. они способны оказать долговременное влияние на глобальный климат.

16. Был достигнут значительный прогресс в моделировании реакции атмосферы на массовые инжекции дыма, хотя такие модели по-прежнему остаются крайне упрощенными. Законы, регулирующие соответствующие атмосферные процессы, выражены в математической форме, а для решения полученных уравнений используются быстродействующие компьютеры. Такие расчеты с использованием усовершенствованных моделей общей циркуляции дают в настоящее время возможность детально представить изменения, происходящие в процессе передачи солнечного и теплового инфракрасного излучения, гидрологический цикл, а также циркуляцию и динамику атмосферы. Такие модели, приспособленные для имитации условий "ядерной зимы", разработаны в Лос-Аламосской национальной лаборатории, Национальном центре атмосферных исследований и Ливерморской национальной лаборатории им. Лоуренса в Соединенных Штатах, Вычислительном центре Академии наук СССР в Советском Союзе, а также в Метеорологическом бюро Соединенного Королевства и Организации по научным и промышленным исследованиям Австралийского союза. Работа с этими моделями привела к значительному общему расширению возможностей моделирования климата. Этими моделями подтверждается вероятность того, что в отдельных районах даже в летний период температура может опускаться ниже точки замерзания. Они указывают также на значительное сокращение количества осадков и ослабление активности летних муссонов даже при относительно малых уровнях задымленности. Кроме того, признана потенциальная возможность того, что климатические последствия будут ощущаться на протяжении года или более длительного периода, причем есть вероятность снижения средних глобальных температур на несколько градусов, что может оказать существенное воздействие на сельское хозяйство.

17. В настоящее время имеется большое количество полученных на основе наблюдений данных о том, что присутствие в атмосфере в достаточных количествах дыма обычных лесных пожаров и пыли может в течение всего лишь нескольких часов или дней вызвать падение дневной температуры на несколько градусов. Такие снижения температуры хорошо воспроизводятся на моделях: это свидетельствует о том, что основные физические процессы поняты в достаточной степени. Это повышает также степень уверенности в достоверности моделируемых результатов, которые указывают на более резкое падение температуры в случае массового выброса в атмосферу дыма от пожаров, возникающих после обмена ядерными ударами.

18. Ведутся также исследования относительно потенциальной возможности сокращения количества озона в стратосфере в результате выброса в стратосферу окислов азота, образующихся в огненном шаре ядерного взрыва, и воздушных масс с низким содержанием озона из нижних слоев атмосферы, смещения богатого озоном воздуха нижних слоев стратосферы, а также изменения скорости протекания химических реакций в зависимости от ожидаемого повышения температуры стратосферы. Истощение озонного слоя означало бы сохранение повышенного уровня пагубного ультрафиолетового солнечного излучения на протяжении нескольких лет после обмена ядерными ударами. Согласно нынешним

/...

оценкам, снижение содержания озона может быть весьма существенным – порядка 50 процентов. Ввиду огромной потенциальной значимости этой проблемы настоятельно необходимо ее дальнейшее исследование.

19. Образующийся в результате высотных ядерных взрывов электромагнитный импульс может повредить и вывести из строя множество электрических и электронных компонентов и устройств и, следовательно, привести к полной дезорганизации системы энергоснабжения, связи и других систем обслуживания на расстояниях, измеряющихся тысячами километров. Это означало бы существенный дополнительный подрыв инфраструктуры, на которую должно будет опираться оставшееся в живых население.

20. Под воздействием первичной радиации наряду с ударной волной и тепловым излучением погибнет большое число людей, находящихся в непосредственной близости от взрыва, и будут разрушены жилые строения, водопровод и канализация, транспортные средства и коммуникации и медико-санитарные учреждения. За пределами зоны опустошительных разрушений будут разнесены по всему земному шару и станут источником постоянного облучения на многие годы ядерные осадки, образующиеся как в результате самих взрывов, так и вследствие разрушения ядерных установок. Долговременные последствия (например, раковые заболевания, пороки развития и, возможно, генетические последствия) для тех, кто переживет вспышку первичной радиации, и тех, кто подвергнется воздействию радиоактивных осадков, будут значительными, однако гораздо менее тяжелыми по сравнению с воздействием первоначальных факторов, а также с последствиями дезинтеграции основных инфраструктур, включая системы медико-санитарного обслуживания и продовольственного снабжения, которые будут ощущаться на протяжении многих последующих месяцев, а, может быть, и лет.

### С. Результаты исследований и выводы

21. Проведенный Группой анализ эволюции научной мысли и взглядов на глобальные экологические последствия ядерной войны вскрывает отчетливую тенденцию к сближению в направлении консенсуса. Высказывавшиеся время от времени критические замечания и возражения, которые касались главным образом неопределенностей и ограничений первых моделей, были проанализированы этой и другими группами экспертов (например, Объединенным научным комитетом, см. Голицын и Маккракен, 1987 год) и установлено, что они не опровергают вывода о том, что крупномасштабная ядерная война может оказать значительное воздействие на глобальный климат.

22. Научные данные неопровержимо доказывают сегодня, что крупномасштабная ядерная война будет сопряжена с огромным риском нарушения глобальной экологической обстановки. Эта опасность будет наибольшей в том случае, если удар будет нанесен по крупным городам и промышленным центрам северного полушария в летние месяцы. В течение первого месяца количество солнечной энергии, достигающей поверхности земли в средних широтах северного полушария, может сократиться на 80 или более процентов. Это приведет к падению средних температур на континентальном массиве в данном поясе в течение двух недель после выброса дыма в летние месяцы на 5–20° С ниже нормы. В центральных континентальных районах падения температуры в отдельных случаях могут быть гораздо более значительными. Трехмерные модели циркуляции атмосферы, в которых подробно представлены физические процессы, указывают на отдельные случаи падения температуры в некоторых регионах ниже точки замерзания даже в летний период. Такое снижение температуры является несколько менее



значительным, чем предполагалось ранее на основе использования менее сложных атмосферных моделей, однако его последствия для сельского хозяйства и экологическое воздействие не менее пагубные. Самая последняя работа по этому вопросу, которая была представлена на семинаре СКОПЕ-ЭНУВАР в Москве в 1988 году, позволяет предположить, что это воздействие будет усугублено сокращением на целых 80 процентов количества атмосферных осадков на участках суши в умеренных и тропических широтах. Проанализированные на настоящий момент данные убедительно свидетельствуют о том, что еще до конца не изученные явления вряд ли смогут опровергнуть данные общие выводы.

23. По прошествии первого месяца в связи со значительным сокращением количества солнечного света, падением температуры на несколько градусов ниже нормы, снижением уровня осадков и ослаблением активности летних муссонов под угрозой окажутся сельскохозяйственное производство и выживание естественных экосистем. Кроме того, эти последствия будут усугубляться присутствием химических загрязняющих веществ, повышением уровня ультрафиолетового излучения в результате истощения озонового слоя, а также вероятным сохранением "очагов" радиоактивности.

24. Принимая во внимание чувствительность сельскохозяйственных систем и естественных экосистем к колебаниям температуры, уровня выпадения осадков и количества света, можно прийти к заключению о том, что широкое воздействие обмена ядерными ударами на климат создаст серьезную угрозу производству продовольствия в мире. Перед перспективой массового голода в результате ядерной войны окажутся как страны, по которым был нанесен удар, так и страны, непосредственно не пострадавшие от ударов. Положение будет усугублено растущей зависимостью производства продовольствия от энергетических ресурсов и удобрений, а также зависимостью распределения и доступности продовольствия от четко функционирующей системы коммуникаций, транспорта и торговли. Воздействие на население будет усилено почти полным разрушением системы здравоохранения в странах, по которым будет нанесен удар, и вероятным повышением уровня пагубного ультрафиолетового излучения. В результате прямого воздействия крупномасштабного обмена ядерными ударами могут погибнуть сотни миллионов людей - косвенные последствия способны привести к гибели миллиардов.

25. В условиях тесно взаимосвязанного в экономическом, социальном и экологическом плане мира крайне серьезными окажутся социально-экономические последствия. Произойдет полное расстройство функций производства, распределения и потребления в существующих социально-экономических системах. Серьезнейший материальный ущерб, причиненный ударной волной, тепловым излучением и радиацией в странах, против которых будет направлен удар, воспрепятствует предоставлению помощи типа той, которая сделала возможным восстановление после второй мировой войны. Трудности, вызванные нехваткой продовольствия в странах, не ставших объектами удара, будут усугублены полным расстройством систем жизнеобеспечения, коммуникаций, транспорта, мировой финансовой и прочих систем. Будет поставлена под вопрос возможность восстановления в отдаленной перспективе.

26. Непосредственные, прямые воздействия ядерных взрывов и глобальные экологические последствия крупномасштабной ядерной войны представляют собой континуум. Одни будут способствовать усилению проявления других. Кроме того, в рамках каждого аспекта, а также между разными факторами будет наблюдаться эффект синергизма: интегральное совокупное воздействие теплового излучения, ударной волны

и радиации будет более мощным, чем их простая сумма. Таким же образом будут взаимно налагаться и усиливаться последствия понижения температуры, кратковременного падения ее значений ниже точки замерзания, снижения уровня осадков, ослабления активности муссонов и усиления ультрафиолетового излучения. Глобальное нарушение экологической обстановки в результате крупномасштабной ядерной войны будет неразрывно связано с ее прямыми и локальными последствиями. Оба аспекта должны рассматриваться при решении важных вопросов политики, касающихся ядерного оружия, и не оставлять равнодушной ни одну нацию.

27. Существует вероятность того, что еще выявятся дополнительные глобальные экологические последствия крупномасштабного обмена ядерными ударами. Группа считает, что совместные усилия ученых разных стран мира, позволившие выявить этот новый аспект ядерной войны, должны быть продолжены в целях дальнейшей конкретизации настоящих выводов и исследования новых неизученных вопросов. Например, необходимо решить возникающую проблему вероятности значительного разрушения озонового слоя в результате крупномасштабной ядерной войны и последующего усиления ультрафиолетового излучения, чреватого серьезными последствиями для подвергающихся его воздействию живых организмов.

28. Научные достижения, приведшие к более ясному пониманию глобальных последствий крупномасштабной ядерной войны, должны развиваться на основе международных усилий. Необходимо также добиться их активного взаимодействия с анализом решений государственной политики по этим вопросам, которые имеют потенциальное значение как для стран, не принимающих непосредственного участия в войне, так и для стран, которые могут стать участницами конфликта. Обсуждение этих вопросов подчеркнуло важность диалога между мировым научным сообществом и государственными политическими деятелями — диалога, который пролил свет на этот важный вопрос в 80-е годы.

## II. АТМОСФЕРНЫЕ И КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

### A. Введение

29. Ядерная война, если она будет развязана, будет принципиально отличаться от прежних войн с применением обычного оружия вследствие неизмеримо большей разрушительной мощи ядерного оружия. Появление атомных бомб типа примененных против Хиросимы и Нагасаки, ознаменовало собой увеличение взрывной мощности, измерявшейся прежде тоннами тринитротолуола (ТНТ), до тысяч тонн (килотонн). Создание спустя примерно 10 лет водородной бомбы означало увеличение мощности с тысяч тонн до миллионов тонн (мегатонн). В настоящее время в мире имеется более 50 000 единиц ядерного оружия, суммарная мощность которых составляет, по оценкам, около 15 000 мегатонн (это примерно в 5000 раз больше, чем мощность всех взрывных устройств, примененных во время второй мировой войны).

30. Радиоактивные вещества, образующиеся в результате ядерного взрыва, могут переноситься на большие расстояния от места взрыва, в результате чего ионизирующей радиации подвергнутся люди, находящиеся вдали от него. Генетические и тератогенные последствия могут проявляться даже в последующих поколениях.

31. Большие количества пыли и дыма, которые попадут в атмосферу в результате наземных и низких воздушных ядерных взрывов и пожаров в ходе крупномасштабной ядерной войны, могут привести к серьезным изменениям климата не только в тех

/...

странах, на территории которых ведутся боевые действия, но и в других странах, расположенных на большом расстоянии от них. В настоящем докладе рассматриваются результаты ряда исследований, посвященных вопросу о потенциальном воздействии многократных ядерных взрывов на климат.

32. В докладе Национальной академии наук Соединенных Штатов (1975 год) об атмосферных последствиях ядерной войны содержится вывод о том, что многие химические вещества, образующиеся в результате ядерных взрывов, и в особенности окислы азота, окажут воздействие на стратосферный озонный слой, который защищает земную поверхность от избыточного прохождения вредного ультрафиолетового излучения и играет ключевую роль в обеспечении нормальной температуры, структуры и циркуляции атмосферы. Авторы доклада также рассмотрели последствия инъекций пыли, происходящих в результате взрывов, проведя в данной связи аналогию с последствиями выброса частиц в атмосферу при извержениях вулканов, и пришли к выводу, что в результате уменьшения количества приходящего к поверхности Земли солнечного излучения в связи с вышеуказанными инъекциями может произойти снижение глобальной температуры примерно на 1°C.

33. По прошествии многих лет после создания ядерного оружия выясняются новые косвенные последствия крупномасштабной ядерной войны для окружающей среды. В 1945 году основное внимание в этой связи уделялось лучевой болезни, в 50-х годах — переносу радиоактивных осадков на большие расстояния, в начале 60-х годов — электромагнитному импульсу, а в 70-х годах — разрушению озонного слоя в результате выбросов в стратосферу окислов азота. В 1982–1983 годах стало очевидно, что ядерная война может привести к резкому изменению климата. Возможно, существуют и другие непредвиденные последствия применения ядерного оружия, которые пока неизвестны. Например, высказывается предположение, что разрушение озонного слоя может носить более серьезный характер, нежели предполагается в настоящее время. Кроме того, могут иметь место приповерхностные температурные инверсии, которые задержат многие токсичные вещества в нижних слоях атмосферы и будут препятствовать их дисперсии, в результате чего резко возрастет степень воздействия токсичных веществ на растительный и животный мир и особенно на людей.

34. В 1981–1982 годах Шведская королевская академия наук провела всесторонний обзор глобальных социальных, экономических и экологических последствий ядерной войны и опубликовала результаты ряда специальных целевых исследований в своем журнале "Амбио" в 1982 году (впоследствии они были опубликованы в виде книги "The Aftermath, Peterson, 1983 ("После войны", Петерсон, 1983 год). В число этих материалов вошел документ, подготовленный Паулем Крутценом и Джоном Бирксом и посвященный вопросу о последствиях ядерных взрывов для атмосферы. Авторы документа подтвердили, что существует возможность нарушения озонного слоя, а также климатических и погодных эффектов. Далее авторы рассмотрели возможность того, что крупномасштабное ядерное нападение приведет к возникновению пожаров на обширных площадях и что "многочисленные пожары, которые начнутся в городских и промышленных районах, в районах нефтяных и газовых промыслов, сельскохозяйственных и лесных районах приведут к образованию и распространению в тропосфере больших количеств темного вещества в виде частиц с высокой способностью к поглощению солнечного света; ... такие пожары резко ограничат прохождение солнечного света к поверхности Земли и приведут к изменению физических свойств земной атмосферы" (Крутцен и Биркс, 1982 год). Их доклад, озаглавленный "The Atmosphere After a Nuclear War" ("Атмосфера после ядерной войны") имел подзаголовок "Twilight At Noon" ("Сумерки в полдень").

/...

35. Авторы доклада выдвинули ряд гипотез в отношении последствий ядерной войны для энергетического баланса Земли, природных экосистем, рыболовства, сельского хозяйства и жизни общества, предположив, что крупномасштабный ядерный конфликт может привести к изменению климата. После опубликования этого документа, который стал первым шагом на пути исследований такого рода, в Соединенных Штатах и СССР началась работа по изучению климатических эффектов крупных инъекций дыма в атмосферу и их экологических последствий.

36. Публичное обсуждение последствий ядерного конфликта для атмосферы и биосферы было впервые проведено в ходе двухдневной конференции, которая состоялась в Вашингтоне, округ Колумбия, осенью 1983 года. В первый день конференции были представлены два основных доклада, вскоре после этого опубликованные в журнале "Сайенс" (это так называемый документ ТТАПС – Турко и др., 1983 год, – а также документ, подготовленный Эрлихом и др., 1983 год). С аналогичными докладами по вопросу о снижении температуры выступили Александров, Шнайдер и Голицын (последний выдвинул также предположение о возможности прекращения осадкообразования и муссонов). Впоследствии основные доклады, а также прочие выступления, сделанные в ходе конференции, и отчет о ходе состоявшихся обсуждений были опубликованы в книге "The Cold and the Dark: The World After Nuclear War" (Ehrlich et al., 1984) ("Холод и тьма: мир после ядерной войны" (Эрлих и др., 1984 год). Конференция завершилась организацией телемоста между Вашингтоном и Москвой, в ходе которого ведущие советские и американские ученые обсудили эти вопросы.

37. В заключительной части документа ТТАПС, авторы которого были осторожны в формулировках, говорилось следующее:

"Наши расчеты ... неизбежно носят приближенный характер, поскольку мы использовали одномерные модели, база данных является неполной и рассматриваемая проблема не поддается экспериментальному исследованию. Мы не можем также детально предсказать характер изменений атмосферной динамики и метеоусловий ..., а также эффекты такого рода изменений для сохранения и дисперсии изначально образующихся облаков пыли и дыма. Тем не менее масштабы первичных эффектов столь велики, а последствия – столь серьезны, что, как мы надеемся, поднятые в этой связи научные проблемы будут тщательно и критически исследованы" (Турко и др., 1983 год).

38. В основу критики в адрес вышеуказанного доклада легли различные соображения научного характера: например, тот факт, что не было принято во внимание смягчающее влияние океанов. Этот факт объясняется изъяном использованного авторами метода одномерного моделирования и поэтому с готовностью признается ими. Хотя одномерная модель в данном случае не является адекватной заменой более сложных методов моделирования, ее построение – полезный и необходимый шаг на пути к более всестороннему изучению проблемы. Ввод веществ в виде частиц, а также аэрозоль в трехмерные модели, которые ранее применялись лишь для моделирования природных климатических явлений, потребовал бы крупных технических разработок.

39. Вызов, брошенный Крутценом, Бирксом и авторами документа ТТАПС, был принят научным сообществом. Многие специалисты в области атмосферных исследований занялись проверкой их посылок и предполагаемых последствий. Как указано в работе Шнайдера и Лондера (1984 год), "несколько групп ученых-физиков сделали все

/...

возможное для того, чтобы найти изъяны в анализе, проведенном авторами документа ТТАПС ..., с целью выяснить, могут ли какие-либо факторы, не учтенные авторами доклада, свести на нет возможность широкомасштабного охлаждения земной поверхности; это делалось не для того, чтобы опровергнуть работу авторов документа ТТАПС, а скорее для того, чтобы гарантировать достоверность полученных ими результатов".

40. Результатом вышеуказанных исследований стали крупные доклады по этой теме, подготовленные Национальным научно-исследовательским советом Соединенных Штатов (1985 год), Институтом медицины (1986 год) и Королевским научным обществом Канады (1985 год). Работа, проделанная в Советском Союзе, отражена в книгах "На следующую ночь: климатологические и экологические последствия ядерной войны" (Велихов, 1985 год), "Экологические и демографические последствия ядерной войны" (Свирижев и др., 1985 год), "Глобальные климатические катастрофы" (Будыко и др., 1986 год) и "Возможные экологические последствия ядерной войны для атмосферы и климата" (Кондратьев и Никольский, 1986 год). Наиболее всестороннее исследование было проведено МСНС в рамках реализуемой им программы СКОПЕ-ЭНУВАР. Эта работа, в которой приняли участие примерно 300 ученых из различных стран, специализирующихся по широкому спектру дисциплин, содержит богатый материал по данной теме. Исследование, озаглавленное "Environmental Consequences of Nuclear War" ("Последствия ядерной войны для окружающей среды"), было издано в двух томах: "Volume I. Physical and Atmospheric Effects" (Pittock et al., 1986) ("Том I. Физические и атмосферные эффекты" (Питток и др., 1986 год) и "Volume II. Ecological and Agricultural Effects" (Harwell & Hutchinson, 1986) ("Том II. Экологические и сельскохозяйственные эффекты" (Харвелл и Хатчинсон, 1986 год); кроме того, было выпущено сокращенное издание для неспециалистов под названием "Planet Earth in Jeopardy" (Dotto, 1986) ("Планета Земля в опасности" (Дотто, 1986 год). ВОЗ переработала свой доклад от 1984 года, включив в издание "Effects of Nuclear War on Health and Health Services" (WHO, 1987) ("Последствия ядерной войны для здоровья людей и служб здравоохранения") (ВОЗ, 1987 год) оценку климатических эффектов ядерной войны. Взгляды на рассматриваемую проблему ученых южного полушария нашли свое отражение в недавно изданных книгах "New Zealand After Nuclear War" (Green et al., 1987) ("Новая Зеландия после ядерной войны" (Грин и др., 1987 год) и "Nuclear Winter in Australia and New Zealand: Beyond Darkness" (Pittock, 1987) ("Ядерная зима в Австралии и Новой Зеландии: за завесой темноты" (Питток, 1987 год), которые были подготовлены Новозеландским советом по планированию. В то время, когда проводились эти исследования, некоторые правительства, в первую очередь правительства Советского Союза и Соединенных Штатов, оказывали поддержку широкой исследовательской работе, которая, в частности, касалась вопроса о свойствах дыма в атмосфере и численной имитации атмосферных аэрозолей в моделях циркуляции атмосферы.

## В. Технические вопросы

### 1. Пыль

41. Пыль инжектируется в атмосферу в результате наземных и приповерхностных взрывов. Согласно оценке авторов исследования СКОПЕ-ЭНУВАР (Питток и др., 1986 год), в верхнюю тропосферу и в стратосферу может быть заброшено до нескольких десятков миллионов тонн субмикронных частиц пыли (т.е. частиц диаметром менее

/...

1 микрометра), которые могут задерживаться там в течение месяца или более. Пыль эффективно рассеивает солнечный свет и отражает часть приходящего солнечного излучения обратно в космос.

42. Процессы рассеяния (отражения) и поглощения солнечного света в верхних слоях атмосферы приводят к сокращению количества приходящего к поверхности Земли солнечного излучения. Плотные завесы дыма могут привести к значительному уменьшению потока солнечного излучения, достигающего поверхности, расположенной под пылевым облаком. Даже если пыль распределится над поверхностью северного полушария равномерно, это может привести к сокращению количества света, достигающего земной поверхности, на 10 процентов или более.

## 2. Сгорание и горючие материалы

43. Горючие материалы, такие, как уголь, нефть и природный газ, или - если иметь в виду общее значение этого понятия, в котором оно употребляется в настоящем тексте, - все материалы, которые возгораются в результате крупного индустриально-городского пожара (древесные строительные материалы, бумага, пластики, кровельные материалы на асфальтовой основе, битумное дорожное покрытие) или в результате пожаров в сельской местности (деревья, сельскохозяйственные культуры и прочие виды растительности), в значительной мере состоят из химических веществ сложного состава, основными компонентами которых являются углерод и водород.

44. В идеальных условиях реакция окисления (горения) молекул углеводородов при неограниченном поступлении кислорода будет носить завершенный характер и ее конечными продуктами будут двуокись углерода и водяной пар. Однако на практике такие идеальные условия встречаются редко, и в ходе обычных пожаров окисление, как правило, достигает различных стадий завершенности в зависимости от условий окружающей среды, а конечными продуктами реакции, помимо вышеуказанных газов, являются примеси в виде частиц, называемые сажей или дымом. При высоких температурах в пламени часть водорода и углерода, содержащихся в горючих материалах, может высвобождаться без окисления (пиролиз), в результате чего образуется чистая углеродистая сажа, сходная с графитом или ламповой сажей. В процессе медленного горения при более низких температурах окисление носит незавершенный характер и образуется значительное количество частично окисленных примесей. Они, как правило, состоят из углеводородов, которые, однако, более просты по своему химическому составу, нежели исходные горючие материалы.

45. Относительно чистая по составу сажа, богатая элементарным углеродом, и продукты с высоким содержанием углеводородов весьма различны по своему химическому составу и физической структуре. Они различаются по характеру поведения в атмосфере и способны поглощать значительно больше солнечного света, нежели дымы с низким содержанием углерода. Горючие материалы могут также содержать другие химические вещества, которые не окисляются или окисляются до формы различных молекул с неодинаковыми свойствами.

46. При проведении оценок количества и характера материалов, подверженных возгоранию в ходе ядерной войны, применялись три различных подхода. В исследованиях Турко и др. (1983 год) и Национального научно-исследовательского совета (1985 год) проводилась оценка средней концентрации воспламеняющихся материалов на заданной площади с различными целями; затем полученный результат экстраполировался на общую территорию района, который подвергнется воздействию

/...

теплового излучения, способного вызывать возгорание при заданном распределении целей. Площадь района, подверженного возгоранию в результате действия теплового излучения, зависит от метеорологических условий (влажность воздуха, прозрачность атмосферы), высоты взрыва и мощности боезаряда. В результате взрыва мощностью в 1 мегатонну произойдет возгорание многих материалов в районе площадью 50–1000 кв. км, однако, учитывая вероятное перекрывание участков взрывов, ограниченную площадь городских районов и другие факторы, типичным обычно считается возгорание в результате взрыва мощностью в 1 мегатонну на площади от 250 до 500 кв. км (которая варьируется как функция квадратного корня показателя мощности взрыва). Пеннер (1986 год) показал, что концентрация горючих материалов ранее завьшалась и до сих пор точно не известна. Поскольку выбор целей (а в связи с этим и характер перекрывания возникающих пожаров) никогда нельзя знать наверняка, этот метод исчисления относительно неточен.

47. Другой метод, использованный Крутценом и др. (1984 год) и Питтоком и др. (1986 год), был основан на выявлении запасов воспламеняющихся материалов в районах потенциальных целей и исчислении количества горючих материалов, которые действительно возгорятся.

48. Третий подход основан на подробном анализе типичных целей (Смолл и др., 1988 год). Такая оценка показывает, что в результате крупномасштабного ядерного нападения на Соединенные Штаты будет генерировано 40 млн. тонн дыма, треть которого будет представлять собой продукты горения нефти, газа и угля и будет состоять из сажевых частиц (с высоким содержанием углерода), которые эффективно поглощают солнечное излучение.

49. Две оценки запасов горючих материалов, проведенные независимо друг от друга, показывают, что в странах Организации Североатлантического договора (НАТО) и Организации Варшавского Договора имеется 6000–17 000 млн. тонн богатых целлюлозой материалов (дерево, бумага и т.д.) и 1300–1500 млн. тонн нефти и пластиков. Этот диапазон оценок запасов богатых целлюлозой материалов объясняется главным образом различными предположениями относительно количества древесины, используемой в строительстве в Европе и в Советском Союзе, употребления и средней долговечности древесины и продуктов деревообрабатывающей промышленности в существующих условиях. Согласно оценкам, общие запасы подверженных возгоранию горючих материалов в странах НАТО и Организации Варшавского Договора составляют 10 млрд. тонн (с точностью до 50 процентов).

50. Поскольку нефтеперерабатывающие предприятия и нефтехранилища имеют стратегическое значение, они будут представлять собой вероятную цель; это предполагается в большинстве сценариев войны. Турко (1987 год) представил данные, свидетельствующие о том, что две трети всемирных запасов нефтепродуктов (примерно 500 млн. тонн) находится примерно в 200 отдельных точках и при соответствующих условиях может возгореться в результате взрыва лишь нескольких сот малых и средних боезарядов суммарной мощностью порядка нескольких мегатонн. В результате этого будет произведено достаточное количество черного сажевого дыма (см. ниже) для того, чтобы это привело к значительным последствиям для климата.

51. Первоначально обеспокоенность в связи с потенциальными климатическими эффектами ядерной войны основывалась на оценках количества дыма, образующегося в результате горения лесных массивов (Крутцен и Биркс, 1982 год). Многие потенциальные цели, такие, как шахтно-пусковые установки ракет, военно-воздушные

/...

базы и центры управления, расположены в лугопастбищных и сельскохозяйственных районах, где концентрация горючих материалов невелика, и в результате взрывов может образоваться лишь несколько миллионов тонн дыма (Смолл и Буш, 1985 год). В исследовании СКОПЕ-ЭНУВАР (Питток и др., 1986 год, стр. 22 английского текста) приводятся факторы, учет которых может увеличить эти оценки, однако представляется, что возгорания живой растительности может не произойти (Буш и Смолл, 1987 год). Образование сажи может произойти в результате прямой газификации (пиролиза) органических материалов в результате теплового излучения огненного шара, в связи с чем может быть высвобождено около 20 млн. тонн элементарного углерода (Гостинцев и др., 1986 год; Голицын, 1986 год). Если этот углерод будет поднят огненными шарами в верхнюю тропосферу и в нижнюю стратосферу, уже одно это может привести к серьезным климатическим эффектам. Однако процесс эмиссии углерода в результате пиролитических реакций под воздействием теплового излучения взрыва и последующих реакций углерода с окружающим воздухом пока еще не вполне ясен.

### 3. Пожары

52. Площадь, характер и количество пожаров зависят от масштабов ядерного конфликта, а также от выбора боеголовок и целей. Колоссальный пожарообразующий потенциал ядерного оружия и экологические условия района его применения могут способствовать возникновению сверхсильных пожаров, или огненных штормов, которые могут привести к полному сгоранию горючих материалов и опустошению больших площадей.

53. Результаты изучения взрывов в Хиросиме и Нагасаки свидетельствуют о том, что массовые пожары могут возникнуть под воздействием теплового излучения плотностью 7-20 калорий на квадратный сантиметр ( $\text{кал}/\text{см}^2$ ). Верхний предел, вероятно, превышен, поскольку во многих случаях возгорание происходит при 7-10  $\text{кал}/\text{см}^2$ . Два независимых исследования, в которых взята осторожная оценка в 20  $\text{кал}/\text{см}^2$ , показывают, что каждая мегатонна мощности взрыва обуславливает немедленное возгорание на площади 250-375 квадратных километров (площадь будет гораздо большей, если за основу расчетов принять меньшую величину плотности излучения). При учете фактора распространения пожаров выжженная площадь может сильно возрасти: в Хиросиме при взрыве низкой мощности эта величина достигла 1200 квадратных километров на 1 мегатонну (Питток и др., 1986 год). Результаты недавнего моделирования показывают, что масштабы пожаров зависят от мощности взрыва, расстояния от центра взрыва, атмосферных условий, типа горючих материалов, топографии, наличия противопожарных полос и других факторов (Вуди и др., 1984 год).

54. В неурбанизированных районах органические материалы в большинстве своем потенциально воспламенимы, и вполне можно предположить, что под воздействием ударной волны горючие материалы могут быть расщеплены и раздроблены, что повысит степень их воспламенимости. Этого может не произойти в пригородах и городских районах, где в больших объемах содержатся невоспламеняющиеся материалы, такие, как штукатурка и бетон. Ударная волна может повредить невоспламеняющиеся структуры, в результате чего больше горючих материалов будет подвержено возгоранию. С другой стороны, под ее воздействием потенциально воспламенимые материалы могут быть завалены огнестойкими обломками. В принципе возможны оба процесса, и в каждом отдельном случае это будет зависеть от местных условий.



55. В среде пожара будут присутствовать мелко измельченные огнестойкие и невоспламеняющиеся минеральные материалы (бетон, кирпичная пыль, штукатурка, грунт и т.д.). Последствия этого для процесса горения, особенно последствия радиационного теплообмена внутри пламени, неизвестны.

#### 4. Выделение дыма

56. Коэффициент выброса (количество горючего вещества, превращенного в аэрозольные частицы, взвешенные в атмосфере, такие, как сажа и дым) выражается соотношением или процентом – например, коэффициент выброса дыма в 5 процентов означает, что из каждого килограмма горючего вещества выделяется 50 граммов дыма. Этот коэффициент и химические и физические свойства этого дыма имеют большое значение для оценки воздействия на атмосферу.

57. Коэффициент выброса и содержание углерода в дыме точно не установлены, и даже при их определении экспериментальным путем были получены результаты с по меньшей мере двукратным разбросом точности (Питток и др., 1986 год; Пеннер, 1986 год). Новейшие исследования, проведенные в Соединенных Штатах и СССР (доклад о семинаре СКОПЕ-ЭНУВАР в Женеве, 16–20 ноября 1987 года), показывают, что чем крупнее пожар, тем больше коэффициент выброса. Он растет и с уменьшением интенсивности движений воздушных масс. С учетом широкого диапазона экологических условий, которых можно ожидать при ядерном нападении, коэффициенты выброса и содержание дыма приносят значительную неопределенность.

58. В двух крупных исследованиях приводятся предположительные показатели общего выброса в условиях городских пожаров величиной 3,3–4,0 процента, причем содержание углерода в выбросе оценивается по меньшей мере в 20 процентов, а в целом – в пределах 33–80 процентов (Питток и др., 1986 год). При составлении этих оценок делались предположения о соотношениях видов горючих материалов, поскольку различные материалы имеют различные коэффициенты выброса, в частности древесина – 1,5–3,0 процента, пластмассы – примерно 5 процентов и топливные нефтепродукты – 6–10 процентов (Питток и др., 1986 год; Крутцен, 1987 год).

59. Оценки общего количества дыма (Турко и др., 1983 год; Крутцен и др., 1984 год, Национальный научно-исследовательский совет, 1985 год), которое может быть выброшено в результате широкомасштабной ядерной войны при суммарной мощности взрывов в 5000–6500 мегатонн, значительно варьируются в пределах 50–150 млн. тонн с учетом вымывания осадками. Несмотря на присущие этим оценкам различия в предположениях о коэффициентах выброса и составе горючего вещества, они весьма близки в том, что вследствие пожаров в индустриально-городских районах в атмосферу будет выброшено около 30 млн. тонн чистого углерода (Питток и др., 1986 год).

60. Рядом групп замерялось выделение дыма от сгорания самых различных веществ при небольших экспериментальных пожарах. Хотя сомнительно, чтобы такие пожары адекватно отражали горение, которое будет иметь место при возникновении крупных пожаров в результате ядерного нападения, эти эксперименты позволили глубже проанализировать процесс горения. Было обнаружено, что коэффициент выброса дыма составляет 1,5 и 4,0 процента для сырой и сухой древесины, соответственно, и может достигать 11 процентов для пластмасс (Андропова и др., 1986 год), хотя эта величина может снизиться до 3 процентов при свободном движении воздушных масс (Малколлэнд, 1986 год; Пэттерсон и др., 1986 год).

/...

61. Городскими пожарами будут уничтожаться различные горючие материалы. При сжигании горючих материалов такого состава, который характерен для типичного города, т.е. 60 процентов – древесина, 20 процентов – бумага, 15 процентов – ткани и 5 процентов – пластмассы, был получен общий коэффициент выброса 5–6 процентов (Андропова и др., 1986 год). При сгорании нефтехимических продуктов будет выделяться черный дым при коэффициенте выброса 3–5 процентов для относительно небольших пожаров (Андропова и др., 1986 год) и свыше 10 процентов для крупных пожаров (Зак, 1987 год). Эти показатели близки к данным, анализировавшимся Пеннером (1986 год), и примерно на 50 процентов превышают показатели, использованные в исследовании Национального научно-исследовательского совета 1985 года.

62. Группа СКОПЕ пришла к выводу, что сгорание четвертой части накопленных воспламеняющихся материалов, общий объем которых составляет 2700 млн. тонн, приведет к выбросу в атмосферу примерно 80 млн. тонн дыма, содержащего 45 млн. тонн чистого углерода. Это может произойти в результате полного сгорания менее чем 100 очень больших городов и сопутствующих стратегических запасов топлива, причем в этих расчетах не учтены выбросы дыма от пожаров в сельских районах, которые возникнут в результате контрсилowych ударов по ракетным базам.

#### 5. Оптические свойства дыма

63. Оптические свойства дыма, выделяемого в результате пожаров, зависят от размера, структуры и состава частиц дыма, что, в свою очередь, определяется видом материала и условиями горения. Широкомасштабные исследования свойств дыма были предприняты лишь недавно в Соединенных Штатах, СССР и Соединенном Королевстве.

64. Дым поглощает и рассеивает свет. Чем больше поглощение по отношению к рассеянию, тем чернее дым; чем больше рассеяние, тем светлее дым. Оба процесса тесно взаимосвязаны. Ослабление света представляет собой экспоненциальную функцию от количества дыма в атмосфере. Оно также зависит от длины световой волны и физико-химических свойств частиц.

65. Частицы дыма, образующиеся при сгорании нефтепродуктов, имеют разветвленную цепную структуру, которая увеличивает их поглощающую способность в расчете на единицу массы дыма. Последние измерения показали, что поглощающая способность углеродных частиц может по меньшей мере в два раза превышать показатели, использовавшиеся в проведенных ранее исследованиях (например, в исследовании Национального научно-исследовательского совета 1985 года). В настоящее время считается, что в случае широкомасштабной ядерной войны в атмосферу будет в целом выброшено меньше дыма, чем предполагалось первоначально. Однако ослабление солнечного света останется крупнейшей проблемой, поскольку содержание углерода в дыме и его способность поглощать солнечное излучение превысят оценки, содержащиеся в предыдущих исследованиях.

66. Новые измерения (Андропова и др., 1986 год; Голицын и Маккракен, 1987 год) соотношения между поглощением солнечного излучения и поглощением теплового излучения земной поверхности и атмосферы свидетельствуют о том, что многие типы дыма не воспрепятствуют существенным образом длинноволновому излучению в космос. Это позволит земной поверхности охлаждаться, несмотря на наличие дыма, подобно

/...

тому, как она охлаждается в ясную ночь. Необходимо провести дополнительные исследования по этому важному аспекту воздействия дыма и его влиянию на радиационный теплообмен в атмосфере.

67. Для изучения чувствительности климата к выбросу в атмосферу различных объемов дыма на бангкокском семинаре СКОПЕ-ЭНУВАР (1987 год) было решено рассмотреть три сценария: выброс небольшого, среднего и большого объема дыма. Эти объемы равномерно распределялись по северному полушарию. Будучи причиной поглощения и рассеивания, они могут привести к сокращению интенсивности приходящего солнечного излучения примерно до 60, 10 и 1 процента нормального уровня, соответственно.

#### 6. Высота инъекции дыма

68. Наблюдения показывают, что дым от локализованных лесных пожаров, как правило, поднимается до высоты 2-3 километров, однако при крупных пожарах, сильном подсосе и высокой влажности воздуха он может достичь высоты 5-6 километров. Во время второй мировой войны высота струй дыма от очень крупных лесных и городских пожаров иногда превышала 10 километров. Поэтому вполне вероятно, что дым, образующийся вследствие ядерных нападений, достигнет верхних слоев тропосферы, а некоторая его часть может попасть в стратосферу (Голицын и Маккракен, 1987 год).

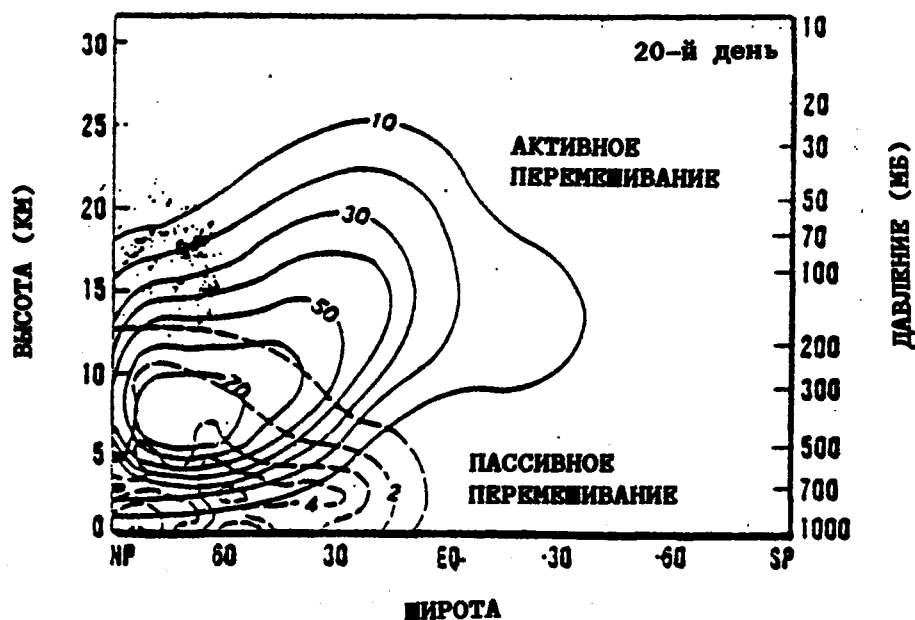
69. Для оценки высоты инъекции струи при различной интенсивности пожара и различных метеорологических условиях использовались численные имитации на основе модифицированных конвективных моделей облачности. Они подтверждают точку зрения, согласно которой дым от очень сильных пожаров может быть заброшен в нижние слои стратосферы до высоты примерно 15 километров, а дым от пожаров умеренной силы может достичь лишь средних или верхних слоев тропосферы. На подъем струй дыма может повлиять образование вихрей в огненных штормах, однако неясно, приведет ли это к позитивным (Турко и др., 1983 год) или негативным эффектам (Триполи и Кэнг, 1987 год). Градиент ветра будет ограничивать подъем струи или препятствовать ее оседанию с максимальной высоты над пожаром. Компьютерное моделирование показывает, что высота струи зависит от общего количества выделяемого тепла, или интенсивности пожара, а не от площади пожара (Смолл и Хайкс, 1988 год). Важны и метеорологические условия, особенно стабильность и влажность атмосферы, поскольку влага может выделять значительную энергию в форме удельной теплоты, а эта энергия увеличивает подъемную силу струи (Питток и др., 1986 год; Голицын и Маккракен, 1987 год).

70. Один из самых существенных выводов состоит в том, что вследствие поглощения солнечного излучения дым нагревается и подъемная сила содержащего его воздуха возрастает. Этот процесс, называемый конвективным подъемом, был предсказан с помощью трехмерной атмосферной модели, в которой был заложен перенос дыма циркуляцией атмосферы (Мэлоун и др., 1986 год), (см. рис. 1a и 1b). Вследствие конвективного подъема сажа и дым достигнут высоты, намного превышающей высоту первоначальной инъекции, рассчитанную на основе характеристик пожара.

71. При расчете климатических последствий важно делать некоторые допущения. Чем выше дым, тем меньше вероятность его удаления осадками. Чем выше слой атмосферы, в котором поглощается солнечное излучение, тем менее эффективным будет сдерживание длинноволновой тепловой радиации, излучаемой верхним слоем дыма, и тем сильнее будет происходить охлаждение поверхности. Более точные оценки высоты инъекций дыма станут, по всей видимости, возможными по мере улучшения моделей струй дыма.

/...

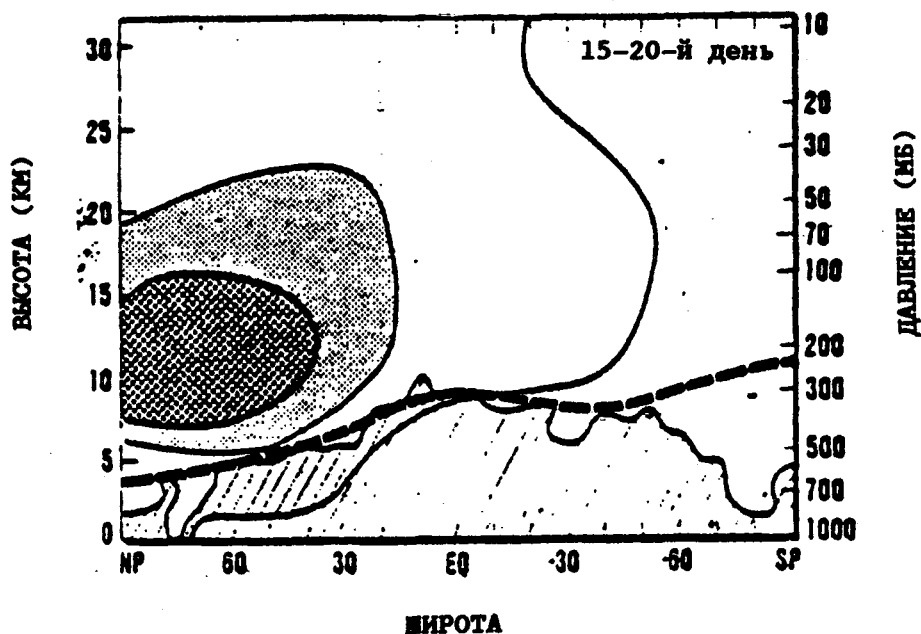
Рис. 1а. Сопоставление отношения вертикального смещения дыма при пассивном (пунктирные линии) и активном (сплошные линии) перемешивании дыма на 20-й день по сценариям Мэлоуна и др., 1985 год (в размерных единицах  $10^{-9}$  г/г)



Источник: A.B. Pittock, et al., Environmental Consequences of Nuclear War, vol. I (Chichester, 1986), p. 190.

/...

Рис. 1b. Вертикальный разрез атмосферы, показывающий измененное положение тропопазузы (обозначена жирным пунктиром) и распределение осадков (косая штриховка - под тропопазузой), - в обоих случаях в среднем на 15-20-й день, - а также распределение дыма на 20-й день (штриховка точками - в основном над тропопазузой)



Примечание: Результаты показаны для сценария активного перемешивания дыма в шоле в случае выброса 170 млн. тонн дыма на высоту 0-9 км (Мэлоун и др., 1985 год).

Источник: A.B. Pittock, et al., Environmental Consequences of Nuclear War, vol. I (Chichester, 1986), p. 191.

/...

## 7. Вывывание и удаление частиц дыма

72. Судьба частиц дыма зависит от многих процессов, начиная с их генерации при пожаре и кончая их распределением в таких масштабах, которые способны влиять на погоду и климат на планете. Поднимаясь из пожаров, частицы дыма могут коагулировать (слипаться), при этом будет увеличиваться их средний размер и изменяться их распределение по размерам. Восходящее течение может унести с собой не только воздух, но и водяные пары. Расширение струй поднимающегося дыма ведет к охлаждению и конденсации водяного пара на частицах дыма, которые выступают в качестве ядер конденсации. Фракция частиц, на которых может конденсироваться вода, в определенной степени зависит от углеродного содержания частиц: чем больше количество углерода, тем более гидрофобны (водоотталкивающие) эти частицы. Таким образом, частицы дыма (содержащие меньше углерода) представляют собой более эффективные ядра конденсации, чем сажа (содержащая больше углерода). Однако каков будет состав аэрозольных частиц, образующихся при пожарах, которые возникнут в результате ядерных взрывов при самых различных условиях, предположить трудно. Капельки воды, образующиеся на частицах дыма, поднятых на большую высоту, могут стать частицами льда; они могут быть поглощены более крупными каплями воды и таким образом вымыты и удалены из атмосферы осадками.

73. От силы конденсации, определяемой атмосферной влажностью, силой пожара, местными метеорологическими процессами и другими факторами, зависит, будет ли происходить выпадение осадков и будут ли частицы, подвергшиеся конденсации и вымытые каплями воды, содержащимися в облаках, оседать на земную поверхность в качестве черных дождей (аналогичных тем, которые выпадали в Хиросиме) или они будут вновь высвобождаться в атмосферу. Частицы, высвобождающиеся из водяных облаков и не вымываемые осадками, могут подвергаться такому воздействию, что их форма будет изменяться. В частности, в момент высвобождения частиц из облаков повторное испарение сконденсированной на частицах воды может привести к уменьшению частиц в размерах, а следовательно и изменению их оптических свойств. Результаты последних экспериментов (представленные Харрисоном на семинаре СКОПЕ-ЭНУВАР в Женеве в 1987 году) свидетельствуют о том, что изменения могут быть не так значительны, как предполагалось ранее.

74. В исследовании ТТАПС (Турко и др., 1983 год) было сделано предположение о том, что в результате этих процессов половина первоначально выброшенного дыма будет сразу же удалена из атмосферы. По оценкам, содержащимся в докладе ННИС (1985 год), возможный разброс объема частиц, которые будут удалены в течение небольшого отрезка времени, составляет 10-90 процентов. Последние измерения (результаты которых были представлены Турко на семинаре СКОПЕ-ЭНУВАР в Женеве в 1987 году) показывают, что, когда пожары охватывают нефтяные резервуары относительно небольших размеров - площадью 170 квадратных метров, воздействие большинства вышеописанных процессов вымывания слабое, а степень удаления сажевого дыма вследствие конденсации незначительна. Таким образом, сейчас ученые считают, что вымывание, по всей видимости, будет играть меньшую роль в удалении дыма, чем первоначально предполагалось. Однако эти вопросы остаются источником неопределенности, и их необходимо глубже исследовать.

## 8. Ослабление света

75. Частицы сажи, дыма и пыли (объединяемые здесь под названием "аэрозоли", хотя технически этот термин охватывает и капельки жидкости) могут поглощать и рассеивать солнечный свет в атмосфере. Это может привести к существенному изменению радиационного энергетического баланса, циркуляции атмосферы и климата, а также уменьшению приходящего солнечного излучения и падению температуры земной поверхности. Степень таких отклонений зависит от количества аэрозоля, его места и времени нахождения в атмосфере, а также от химических и физических свойств частиц.

76. В условиях нормальной атмосферы 30 процентов солнечной энергии, включая видимое и коротковолновое излучение, отражается облаками и поверхностью Земли, около 25 процентов поглощается атмосферой, а остальные 45 процентов - земной поверхностью. Энергия, поглощаемая земной поверхностью, затем вновь высвобождается в атмосферу в качестве инфракрасного (длинноволнового) излучения, которое большей частью поглощается парниковыми газами в атмосфере, теплоты, передаваемой за счет контакта между атмосферой и поверхностью, и в качестве скрытой теплоты при повторной конденсации испарившейся воды в атмосфере. В конечном счете вся энергия, поглощаемая Землей в виде солнечного излучения, уходит в космическое пространство в форме длинноволнового испускаемого излучения.

77. Наличие надоблачного аэрозольного слоя, который может поглощать и рассеивать солнечное излучение, и парниковых газов препятствует сохранению радиационного баланса, что может иметь далеко идущие последствия. Ключевой тезис теории так называемой "ядерной зимы" состоит в том, что поток энергии, достигающей поверхности Земли, ослабнет, что приведет к похолоданию и потемнению. Кроме того, поглощение солнечной энергии дымом повлечет за собой нагревание атмосферы, что приведет к значительным изменениям в тепловой структуре и циркуляции тепла, а также к сокращению осадков.

## 9. Численная имитация

78. Численные климатические модели состоят из комплекса уравнений, которые описывают фазовые переходы водяного пара, воды и льда, энергообмен и взаимодействие между атмосферой и поверхностью суши и океана, и физические законы, регулирующие движение и температуру атмосферы и океана. Возможность описания всех этих процессов и решения уравнений на компьютере ограничена, поэтому любая климатическая модель, даже наиболее совершенная модель циркуляции атмосферы, лишь приблизительно отражает реальность. Степень соответствия между конкретной моделью и реальным современным (нормальным) климатом можно определить путем сравнения результатов моделирования с наблюдениями, особенно такими, которые показывают сезонные изменения климата.

79. При изучении последствий широкомасштабного обмена ядерными ударами для погоды и климата необходимо, чтобы модели воспроизводили не только (известный) нормальный климат, но и (неизвестный) возмущенный климат, который станет результатом беспрецедентного выброса в атмосферу большого количества частиц. Несмотря на все неопределенности, численные модели атмосферы представляют собой наиболее эффективный инструмент из всех доступных методов исследования. Они могут использоваться для оценки непосредственных атмосферных эффектов широкомасштабной

/...

ядерной войны. Они представляют собой единственное средство, с помощью которого могут быть исследованы непредвиденные взаимодействия или эффекты обратной связи. Большинство описываемых ниже выводов основано на результатах численных имитаций, выполненных с использованием различных климатических моделей.

80. При исследовании климатических последствий ядерной войны задаются соотношения дыма, сажи и пыли, которые будут инжектированы в атмосферу в результате ядерных взрывов и последующих пожаров, а в вычислениях фигурируют оптические свойства этих материалов, а также дополнительные математические уравнения, необходимые для учета переноса, трансформации и конечного удаления дыма вследствие атмосферных процессов.

81. За счет учета в вычислениях оптических эффектов выброса дыма, сажи и пыли при пожарах, возникающих вследствие ядерных взрывов, модели общей циркуляции были приспособлены для изучения возможных климатических последствий ядерной войны. Поскольку моделирование климата имеет как большие преимущества, так и значительные недостатки, и порой проявляется тенденция экстраполировать прогнозы на срок более длительный, чем позволяют знания о соответствующих процессах, или использовать результаты моделирования слишком прямолинейно, не учитывая наличие ограничений, неудивительно, что применение моделей в такой новой и противоречивой области, как теория так называемой "ядерной зимы", вызывает споры. Значение моделирования состоит прежде всего в его роли как инструмента исследований, крайне важного для процессов, с помощью которых наука проверяет, а следовательно и совершенствует свое понимание климата. В этой же связи Шнайдер (1987 год) указывает:

"Математические климатические модели не могут отразить реальность во всей ее сложности. Однако они могут вскрыть логические последствия вероятных предположений относительно климата ... Климатические модели не дают точного прогноза будущего; они подобны необработанному алмазу, через который можно рассмотреть лишь цепь вероятностей. Таким образом, возникает дилемма: мы должны решить, как долго следует шлифовать алмаз, прежде чем действовать на основании того, что мы усматриваем внутри".

Поэтому модели могут использоваться в следующих целях:

- a) исследование возможных вариантов и сокращение многочисленных неизвестных факторов до небольшого числа, поддающегося дальнейшему изучению;
- b) проведение различий между маловероятными и вполне обоснованными предположениями;
- c) изучение чувствительности климата к изменениям ключевых переменных и определение пограничных условий;
- d) совершенствование процесса принятия решений; это может означать выявление таких действий, которые сводят к минимуму вероятность негативных последствий и помогают избежать наименее удачных решений.



## 10. Результаты численных имитаций

82. Первые данные, свидетельствовавшие о том, что климатические последствия могут иметь серьезный характер, были получены в результате расчетов группы ТТАПС (Турко и др., 1983 год), в которых за основу бралась одномерная модель. Вскоре были сделаны расчеты с помощью двумерных (Маккракен, 1983 год) и трехмерных (Александров и Стенчиков, 1983 и 1984 годы; Коуви и др., 1984 год) моделей. После этих первых исследований был достигнут прогресс в определении масштабов потенциальных атмосферных возмущений, вызываемых дымом в первые несколько недель после ядерной войны. В первых моделях обычно задавались фиксированные масштабы распространения и количества дыма и совершенно не брались в расчет вымывание и перенос дыма, учитывалось только поглощение солнечного излучения и игнорировалось рассеяние и влияние частиц на тепловое инфракрасное (длинноволновое) излучение. В последних расчетах делается попытка внести коррективы в эти упрощения начального этапа.

83. Новые расчеты были произведены и в Соединенных Штатах, и в СССР (Мэлоун и др., 1986 год; Ган и др., 1987 год и 1988 год; Томпсон и др., 1987 год; Стенчиков и Карл, 1988 год). Все модели различаются по своему вертикальному и горизонтальному разрешению, однако выводы в отношении последствий в первый месяц после выброса дыма в достаточной степени сходны (Голицын и Маккракен, 1987 год). Расчеты на основе этих моделей показывают резкое падение температуры земной поверхности, весьма схожие с ночным похолоданием, только длительным. На континентах, покрытых густыми облаками дыма, в первые дни после обмена ядерными ударами температура может упасть на 20–30°C, если это происходит в течение теплых месяцев года, в результате чего в отдельных случаях температура может опуститься ниже точки замерзания (Голицын и Маккракен, 1987 год). В первые две недели средняя температура земной поверхности в средних широтах северного полушария упадет на 15–20°C.

84. По мере того как дым распространяется на юг и удаляется из атмосферы, температурные изменения становятся более умеренными, в среднем порядка 5–10°C в субтропиках и тропиках с отдельными случаями падения температуры ниже 15°C – уровня, имеющего критическое значение для производства риса. Гораздо более резкими и существенными будут изменения количества осадков, особенно в нижних широтах, вследствие потепления атмосферы и охлаждения земной поверхности – даже при относительно небольшом выбросе дыма. Численные имитации, проведенные недавно в Ливерморской национальной лаборатории имени Лоуренса (сообщение Маккракена на семинаре СКОПЕ-ЭНУВАР, проходившем 21–25 марта 1988 года в Москве), показали, что среднее количество осадков в средних и нижних широтах северного полушария сокращается в первые недели в пять раз.

85. В результате расчетов на базе указанных моделей сделаны и другие важные выводы, среди которых – вывод об угнетении летних муссонов даже при первоначально умеренном количестве дыма. Модели с высокой разрешающей способностью по вертикали (Мэлоун и др., 1986 год; Коуви, 1987 год) показывают, что в теплое время года верхние разогретые слои дыма будут подниматься до высоты 25–30 километров. На этих высотах дым будет оставаться многие месяцы и даже годы. Как считают Мэлоун и др. (1987 год), в типичных условиях примерно одна треть или половина массы дыма может достичь стратосферы.

/...

11. Частичные природные аналоги атмосферного возмущения, вызываемого ядерными взрывами

86. Для определения того, может ли и, если может, до какого предела выброс частиц (пыль, дым и т.д.) влиять на температуру земной поверхности, сделан ряд попыток проанализировать различные природные явления. Результаты этих исследований могут служить частичными аналогами последствий дыма от ядерных пожаров, а также использоваться для того, чтобы частично подтвердить численную имитацию климатических последствий обмена ядерными ударами. В итоге такого привлечения результатов наблюдения за природными явлениями не выявлено никаких противоречий с прогнозами, основывающимися на численных имитациях с использованием атмосферных моделей. Параметры дыма и пыли, например от вулканических извержений или крупных лесных пожаров, во многом отличаются от параметров в том случае, когда дым и пыль образуются в результате ядерных взрывов и городских пожаров, однако их можно использовать для изучения физики явления (Голицын и Маккракен, 1987 год).

87. Наблюдения показывают, что в результате пыльных бурь на Марсе происходит сильное нагревание атмосферы и сильное охлаждение поверхности планеты (Турко и др., 1983 год; Голицын и Филлипс, 1986 год). Определенные выводы можно сделать и из наблюдений за пыльными бурями на Земле. В Нигерии после пыльной бури в Сахаре зафиксировано падение температуры на несколько градусов (Бринкман и Магрегор, 1983 год); на северо-западе Китая после начала сильной пыльной бури наблюдалось быстрое падение температуры на 10°C (Сюй и др., 1979 год); на пяти метеорологических станциях в Таджикистане во время 50 пыльных бурь и тяжелых пылевых завес зарегистрировано похолодание в дневной период, величина которого доходила в среднем до 10–12°C (Голицын и Шукуров, 1987 год). Кроме того, миллионы тонн пыли, поднимаемые пыльными бурями в Сахаре, могут перемещаться на значительные расстояния. Существует зависимость между пылевой завесой и урожайностью: чем дольше висит пылевая завеса, тем меньше урожай (Голицын и Шукуров, 1987 год).

88. Природные аналоги дают также крупные лесные пожары. В результате сибирских пожаров 1915 года примерно за 50 дней было продуцировано 30±10 миллионов тонн дыма (Голицын, 1987 год; Велтищев и др., 1988 год); это привело к падению температуры на несколько градусов, что было зафиксировано на ряде сибирских метеостанций. Крупные лесные пожары 1972 года на востоке Советского Союза привели к сокращению приповерхностного потока солнечного излучения в два и более раз (Абакумова и др., 1986 год; Соколик и др., 1986 год). Во время пожаров 1987 года в Калифорнии образовавшийся дым был заперт в долинах, в результате чего в течение недели максимальная дневная температура была более чем на 15°C ниже обычной (Роубок, 1988 год). Кроме того, дым, образующийся при лесных пожарах, может перемещаться на большие расстояния. Например, дым, образовавшийся во время крупного лесного пожара в 1987 году в Китае, прошел над Аляской (Роубок, 1988 год), а дым, образовавшийся при пожаре 1950 года в Альберте, пересек Канаду, Соединенные Штаты и Атлантический океан и достиг Западной Европы. Этим событиям приписывается причина падения дневной температуры на севере Америки на несколько градусов Цельсия (ННИС, 1985 год).

89. Определенные выводы о климатических последствиях ядерной войны в послейдерный период, которые будут длиться от одного месяца до, возможно, нескольких лет, можно сделать, изучая эффекты крупных вулканических извержений, которые выбрасывают в

/...

стратосферу большое количество аэрозоля. Гигантские извержения индонезийских вулканов Тамборы в 1815 году и Кракатау в 1883 году вызвали падение температуры земной поверхности приблизительно на 1°C (ННИС, 1975 год). Существует довольно много исследований климатических эффектов и других вулканических извержений, однако точные выводы делать трудно, поскольку отдельные извержения редко бывают достаточно крупными, чтобы приводить к существенным изменениям в глобальном климате. Тем не менее региональные эффекты, по-видимому, связаны с такими событиями. Свидетельством этому служит 1816 год ("год без лета"), когда после извержения Тамборы в Европе и Северной Америке погиб урожай многих культур. Недавно подготовлено исследование, в котором рассматриваются 36 случаев похолодания в Китае за последние 500 лет, - из этого числа 32, по-видимому, последовали за вулканическими извержениями.

90. Совершенно ясно, что пылевые и дымовые аэрозоли могут влиять на температуру земной поверхности и что эти явления можно использовать для подтверждения правильности глобальных и региональных моделей. Использование этих явлений не выявило никаких противоречий с прогнозами, основанными на имитирующих компьютерных моделях, и поэтому они могут рассматриваться в качестве частичных аналогов дыма, образующегося при ядерных взрывах. Дым и пыль, образующиеся в результате этих природных процессов, по многим важным параметрам отличаются от дыма и пыли, образующихся при пожарах после ядерных взрывов, и для более глубокого изучения проблемы, возможно, было бы полезным проанализировать более широкий спектр аналогов (Голицын и Маккракен, 1987 года).

## 12. Долговременные эффекты

91. Климатическое возмущение, длящееся год или около года после обмена ядерными ударами и вызывающее падение температуры на несколько градусов ниже обычной, будет создавать дополнительную угрозу природным и искусственным экосистемам, которые могут пережить более суровые, но преходящие эффекты первых недель.

92. Сильное нагревание верхней части дымового облака под воздействием солнечного излучения может вызывать значительные вертикальные перемещения атмосферных слоев и, следовательно, подъем дыма в стратосферу, откуда он может быстро распространиться на юг (Мэлоун и др., 1986 год). Перемещенный таким образом дым соединится с массами дыма, инжектированными непосредственно в стратосферу мощными пожарами (Коттон, 1985 год) и менее значительными по масштабам конвективными процессами (Демченко и Гинзбург, 1986 год), и общее количество дыма в стратосфере увеличится (Мэлоун и др., 1986 год; Ган и др., 1987 год, а). Подсчитано, что около половины первоначальной массы дыма по прошествии одного месяца останется в атмосфере, причем почти вся эта часть дыма будет выше уровня, на котором возможно его вымывание осадками.

93. В свою очередь сокращение потока приходящего солнечного излучения может первоначально вызвать охлаждение в океане верхнего слоя перемешивания примерно на 1°C в месяц в среднем по полушарию. Эти темпы охлаждения будут снижаться по мере уменьшения количества дыма, но за год охлаждение верхнего слоя океана может составить несколько градусов Цельсия. Охлаждение будет более значительным в северном полушарии, где задымленность будет плотной. Изменения температуры океана и воздуха приведут также к более раннему формированию морского льда - это явление в

/...

данном контексте было впервые изучено Роубоком (1984 год), который использовал климатическую модель энергетического баланса. Исследуется оно и в последних моделях общей циркуляции, которые были построены Коуви (1987 год), Ганопольским и Стенчиковым (1987 год), Ганом и др. (1987 год, b). Результаты этих исследований показывают, что раннее формирование морского льда может привести к длительному охлаждению на несколько градусов районов суши северного полушария и может продолжаться по меньшей мере весь первый теплый период после ядерной войны, которая происходила весной или летом.

### C. Факторы неопределенности

94. Есть два типа факторов неопределенности. Факторы первого типа обуславливаются характером потенциального обмена ядерными ударами и по существу замыкаются на проблеме стратегии выбора цели и ведения ядерной войны. Речь идет о таких факторах, как противоборствующие стороны, выбор целей, время (сезон года), суммарная взрывная мощность оружия, тип, размеры и количество различных примененных боеголовок, высота взрыва (наземные низковоздушные или воздушные взрывы) и так далее.

95. Неопределенности второго типа обусловлены причинами научного характера, а именно: недостаточным знанием физических процессов, определяющих генерирование, инжекцию и эволюцию аэрозолей, динамики циркуляции атмосферы во всех масштабах движения, а также ограниченными возможностями численных моделей в деле точного описания поведения атмосферы, особенно в возмущенном состоянии после крупномасштабной ядерной войны. Важно признать, что при устранении этих неопределенностей может произойти изменение в оценках последствий либо в сторону их смягчения, либо в сторону усиления.

96. Вместе с тем совокупность всех этих факторов неопределенности не может поставить под сомнение правильность основного вывода научных исследований: если в тот период, когда в северном полушарии будет лето, произойдет крупномасштабный обмен ядерными ударами по крупным городским и промышленным центрам, то, вне всякого сомнения, возникнет опасность значительного глобального климатического возмущения.

### D. Разрушение стратосферного озонного слоя

97. Поглощая ультрафиолетовое солнечное излучение, озонный слой выполняет в стратосфере функцию источника тепла и тем самым способствует поддержанию тропопаузы. Поэтому любые крупные изменения в озонном слое скажутся на общей циркуляции атмосферы и, следовательно, повлияют на климат и погоду.

98. Стратосферный озонный слой имеет чрезвычайно важное значение для жизни на Земле. Он защищает земную поверхность от значительной части проникающего ультрафиолетового излучения (жесткого УФ-излучения), которое пагубно сказывается на многих живых организмах. Например, повышенный уровень жесткого УФ-излучения может причинить вред многим растениям, особенно в водных экосистемах, и привести к снижению иммунитета человеческого организма и повышению частоты заболеваемости раком кожи. Многие растения и животные в ходе эволюции адаптировались к относительно постоянным уровням жесткого УФ-излучения и страдают от повышения уровней жесткого УФ-излучения в случае серьезного истощения озонного слоя.

/...

99. Высокие температуры, генерируемые огненным шаром ядерного взрыва, вызывают диссоциацию двуатомного кислорода и азота. По мере того, как раскаленные газы, поднимаясь в атмосфере, охлаждаются, атомы кислорода и азота соединяются и образуется целый ряд различных окислов азота. В настоящее время считается, что ядерный взрыв мощностью в 1 Мт приведет к образованию около 5 тыс. тонн таких окислов азота.

100. Особое значение имеет двуокись азота, которая может поглощать солнечный свет в спектральном диапазоне от ультрафиолетового до зеленого. Произведенные в СССР расчеты (Израэль, 1984 год; Кондратьев и др., 1985 год) позволяют предположить, что уже одно это может привести к охлаждению на несколько градусов по шкале Цельсия, однако данный эффект пока не включен ни в какие подробные, всеобъемлющие имитационные модели.

101. Образующиеся в огненном шаре молекулы окиси азота вступают в целый ряд химических реакций с озоном, в ходе которых окись азота выступает как катализатор реакции, ведущей к распаду двух молекул озона и образованию трех молекул кислорода. Эта реакция протекает медленно, так что содержание озона в стратосфере достигнет минимума лишь через несколько месяцев или даже через год, а для восстановления нормального уровня потребуется два-три года. Масштабы разрушения озона будут зависеть от суммарной мощности боезарядов, высоты взрывов и многих других факторов. В 70-х годах, когда ядерные арсеналы состояли в основном из водородных бомб мегатонного класса, предсказывалось, что глобальное уменьшение содержания озона достигнет 50 процентов. В силу того, что в настоящее время арсеналы состоят в основном из боеголовок меньшей мощности, исчисляемой в килотоннах или нескольких мегатоннах, было высказано предположение, что степень разрушения озонового слоя в результате их применения может быть ниже.

102. Однако нагрев стратосферы под действием поднявшегося дыма ускорит разрушение озона, в силу чего все же можно считать, что будет разрушена примерно половина озонового слоя (Вуппугури, 1986 год). На протяжении одного года или более озон может также вступать в реакцию с сажей (Стивенс и др., 1988 год). В ходе этого процесса будет происходить диссоциация и сажи, и озона. Кроме того, очень важным фактором, определяющим плотность озонового слоя, могут быть перемещения воздуха в атмосфере (например, предварительные расчеты показывают, что вертикальные потоки переместят большие массы тропосферного воздуха с низким содержанием озона в стратосферу, в силу чего высокая концентрация озона там сильно уменьшится). В результате может произойти более чем 50-процентное сокращение содержания озона. Ввиду потенциально важного значения этого вопроса в срочном порядке необходимо провести дальнейшие исследования.

#### Е. Другие химические последствия

103. Дополнительное поглощение двуокисью азота солнечного излучения в видимом спектре приведет также к сокращению уровня фотосинтетически активной радиации, которая необходима для процесса фотосинтеза в автотрофных растениях, являющихся неотъемлемым элементом большинства экосистем, а также всего сельского и рыбного хозяйства.

104. Хотя для количественного измерения воздействия окислов азота на спектр достигающего поверхности Земли солнечного излучения потребуются дополнительные исследования, вероятность повышения уровней жесткого УФ-излучения вкупе со снижением уровня фотосинтетически активной радиации позволяет предположить *prima facie*, что инжекция окислов азота в верхние слои атмосферы может иметь серьезные последствия для биосферы.

105. В результате пожаров, которые возникнут в случае разрушений химических заводов и других промышленных объектов, может произойти выброс целого ряда других вредных химических веществ. Эти вещества, к которым относятся окись углерода, асбест и целый ряд пиротоксинов, недавно были изучены Бирксом и Стивенсом (1986 год), а также ВОЗ в ее недавнем докладе (1987 год), однако систематические исследования по этому вопросу только начинаются.

### III. ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ И СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

#### A. Введение

106. По утверждению Харвелла и Хатчинсона (1986 год), дезинтеграция социальной инфраструктуры в результате крупномасштабной ядерной войны вкупе с изменением климата может привести к беспрецедентному по своим масштабам голоду. Предположить, каким образом страны могут отреагировать на голод, эпидемии, падение производительности экономики и развал торговли – возможно, в глобальных масштабах – можно лишь в самых общих чертах. В результате двух мировых войн в этом столетии погибли миллионы людей и произошли крупнейшие радикальные геополитические, экономические и социальные сдвиги, однако на этой основе вряд ли можно строить прогнозы последствий ядерной войны, поскольку во время прежних конфликтов не было речи о глобальной дезинтеграции сельского хозяйства и окружающей среды.

107. В исследовании СКОПЕ-ЭНУВАР особое внимание было уделено вероятным прямым воздействиям климатических аномалий на растения, фотосинтетическая функция которых лежит в основе жизнедеятельности подавляющего большинства экосистем. В исследовании были рассмотрены также воздействия на отдельные, имеющие важное значение биологические виды, экосистемы и биомы. Существует множество опосредованных и тончайших процессов, которые имеют колоссальное значение для целостности экосистемы: взаимодействие между биологическими видами, включая мутуализм, борьба различных видов за ресурсы, хищничество, паразитизм и заболеваемость.

108. В этом исследовании были резюмированы воздействия на биосферу и сделан ряд общих выводов, которые в краткой форме воспроизводятся ниже:

а) климатические изменения, которые, как предполагается, будут вызваны крупномасштабной ядерной войной, могут причинить чрезвычайно серьезный, широкомасштабный и беспрецедентный ущерб глобальным экологическим и сельскохозяйственным системам;

/...

b) наземные экосистемы пострадают главным образом из-за резких и быстрых перепадов температуры и осадков, а водные экосистемы – из-за снижения уровня солнечной освещенности (инсоляции). Долгосрочное снижение уровня осадков может привести к пагубным последствиям для наземных и пресноводных экосистем;

c) конечный результат климатических изменений будет зависеть от того, в какое время года произошла война. Экосистемы умеренного пояса больше всего пострадают, если война произойдет в весенне-летний период, и в меньшей степени, если конфликт произойдет в зимнее время. Для тропических экосистем угрозой будут представлять любые ощутимые климатические аномалии;

d) уязвимость того или иного биологического вида существенно меняется на протяжении жизненного цикла;

e) постепенное глобальное выпадение радиоактивных осадков не будет представлять особой опасности для экосистем. Локальные осадки, выпадающие сразу же после ядерной атаки, могут привести к гибели особенно чувствительных растений и животных;

f) хотя радиоактивные осадки и не причиняют ощутимого непосредственного ущерба экосистемам водной среды и суши, может произойти существенная аккумуляция радиоизотопов через трофические связи, и человеческая популяция получит в этом случае опасные дозы внутреннего облучения;

g) истощение стратосферного озонного слоя в результате выброса в атмосферу загрязняющих веществ может привести к пагубному повышению на обширных территориях уровня биологически активного ультрафиолетового излучения (жесткого УФ-излучения);

h) перенос на большие расстояния токсичных веществ, особенно с воздухом, реками и ручьями, может привести к заражению трофических цепей в устьях и прибрежных районах и тем самым создать возможность опасного облучения людей;

i) в результате пожаров будут уничтожены обширные площади леса в окрестностях военных целей. В случае существенного сокращения уровня осадков, что будет сопряжено с ухудшением пожароопасной обстановки, могут быть уничтожены значительные пространства лесного массива.

109. Очевидно, что многие экосистемы будут подвержены более чем одному из этих стрессовых воздействий. Возможно, что некоторые факторы будут уравновешивать или компенсировать воздействие друг друга, однако скорее всего они будут действовать синергестически и еще более усугублять воздействие друг друга:

a) гибель урожая в период непосредственно после обмена ядерными ударами может привести к сокращению посевного материала, особенно семян специальных гибридов; падение продуктивности в последующий период может привести к еще большему сокращению запасов посевного материала; неурожаи будут означать, что ценный семенной материал растрочен попусту; запасы семян будут употребляться непосредственно в пищу, что ограничит семенные фонды; гибридные сорта, пригодные для культивации в конкретных природных условиях, найти будет практически невозможно;

/...

b) в результате потери трудоспособности или гибели опытных земледельцев будет ограничена база того опыта и знаний, которые необходимы для эффективного ведения сельского хозяйства и минимизации опасности неурожая;

с) пожары, эрозия в результате уничтожения растительного покрова и изменений в гидрологическом режиме, вымывание питательных веществ, заражение радиоизотопами и токсичными материалами, нерациональное землепользование, обусловленное нехваткой опыта в деле ведения сельского хозяйства или необходимостью добиться максимальной продуктивности в короткий период времени, — все это может привести к снижению плодородия почв;

d) на урожаях может пагубно сказаться повышение уровней ультрафиолетового излучения в результате разрушения озонового слоя. Если произойдет ощутимое истощение озонового слоя, то регенерация его будет проходить очень медленно. В этом случае повышенные уровни жесткого Уф-излучения могут сохраняться в течение долгого времени, даже если это увеличение будет незначительным;

e) сельскохозяйственные и экологические изменения в результате ядерной войны могут привести к быстрому размножению сельскохозяйственных вредителей и сорняков в то время, когда будет ощущаться относительная нехватка пестицидов и гербицидов;

f) возникнут огромные проблемы с сельскохозяйственной техникой, в том числе с ее техническим обслуживанием и запасными частями;

g) в сельскохозяйственном производстве возрастет роль тяглового скота, однако и здесь может возникнуть проблема его нехватки, поскольку для замены погибших и раненых животных потребуется время, многим животным не будет хватать кормов, многие будут употреблены в пищу в период острой нехватки продовольствия. Распределение существующего поголовья будет неадекватным, население останется без племенного скота;

h) возможно, что пострадавшее городское население будет мигрировать в поисках пищи в сельские районы, нанося при этом ущерб сельскохозяйственным культурам.

#### В. Общая биологическая реакция на климатические возмущения

110. Значительные сезонные колебания температуры и освещенности — явление, характерное для высоких широт: многие растения и животные здесь обладают физиологическими и поведенческими механизмами, которые позволяют им выживать в периоды плохой освещенности и переносить холода и морозы.

111. Если ядерная война произойдет зимой, то биота в умеренных и северных широтах, возможно, будет в состоянии противостоять климатическим возмущениям. Весной же или летом растения умеренного пояса, по-видимому, будут так же уязвимы, как и виды низких широт, поскольку механизмы сезонной акклиматизации и закалывания не могут быть приведены в действие моментально.

112. Биологическая продуктивность обеспечивается фотосинтезом зеленых растений. Этот процесс зависит, в частности, от освещенности и поэтому будет тормозиться при любом продолжительном сокращении количества и эффективности света, достигающего земной поверхности.

/...



113. Животными могут быть использованы различные механизмы адаптации, которые позволяют им выживать в условиях сильных сезонных перепадов температур, такие, как сезонная акклиматизация, спячка или механизм внутренних биологических часов, который может быть отчасти независимым от внешней среды. Однако нехарактерное для конкретного сезона падение температуры и сокращение интенсивности солнечного освещения могут вызвать серьезный шок, а для некоторых биологических видов стать губительными. Особенно уязвимыми будут животные в период вынашивания потомства и молодые животные, а также мигрирующие биологические виды.

### С. Реакция биомов на климатические возмущения

114. Растения и животные подвержены воздействию существенных изменений окружающей их среды и способны переносить их, но в ограниченной степени. Рассмотрение экосистем в глобальном масштабе со всей очевидностью показывает, что наземные растения, а вместе с ними и животные, существуют в рамках относительно четко оформленных биомов (рис. 2), распределение которых можно в значительной степени определить на основе среднегодовых температур и уровня осадков.

115. Моделирование нормального функционирования экосистем и их реакции на возмущения сопряжено с проблемами, сопоставимыми по своей сложности с трудностями моделирования климата и погоды. В настоящее время типовые модели созданы для немногих природных или искусственных экосистем. Ряд моделей используется для моделирования продуктивности различных экосистем, в частности степных районов и лесов, при различных предполагаемых климатических сценариях послеядерного периода (Харвелл, 1984 год).

116. Группа СКОПЕ-ЭНУВАР провела широкомасштабную оценку последствий вероятных климатических возмущений для окружающей среды и сельского хозяйства и пришла к выводу о том, что ограниченная способность наземных экосистем низких широт переносить колебания в состоянии окружающей среды делает их чрезвычайно уязвимыми. Этот вывод имеет большое значение, поскольку им подчеркивается тот биологический факт, что потенциальные масштабы катастрофы не только зависят от амплитуды падения температуры, сокращения инсоляции или изменения уровня осадков, но и определяются способностью различных биомов переносить стрессовые воздействия.

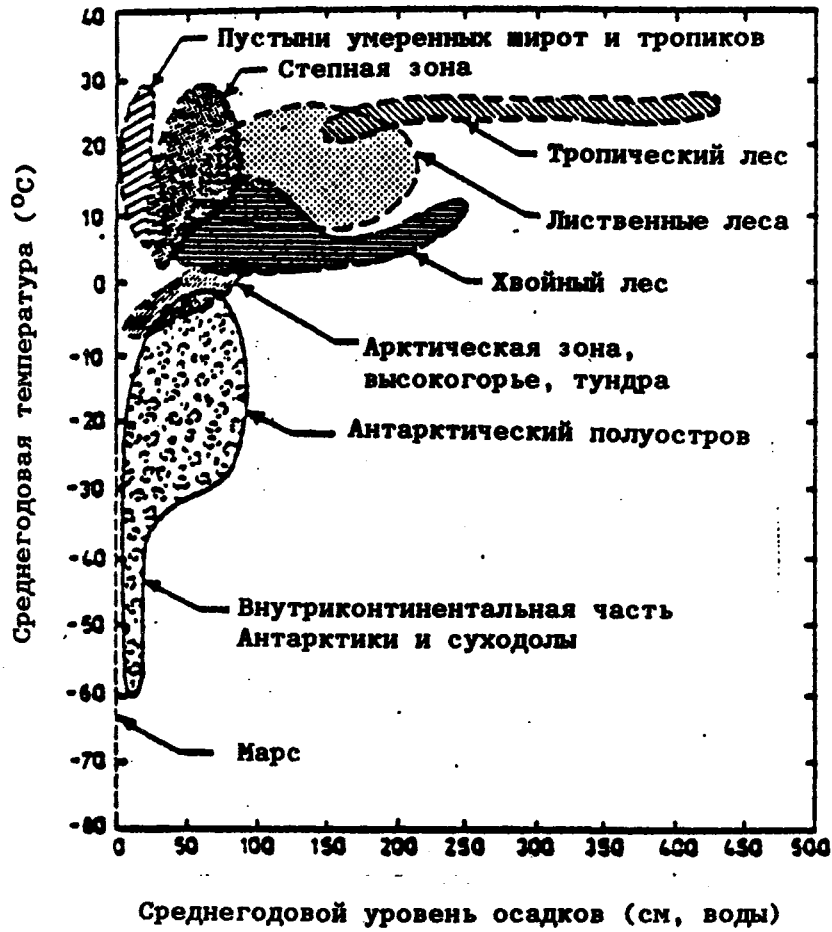
117. Появление прогалов на больших площадях лесного покрова, повышение уровней ультрафиолетового излучения, заражение радиоактивными изотопами и другими токсичными веществами, кислотные осадки и усиленное размножение сельскохозяйственных вредителей и сорняков – все это может также привести к дальнейшей деградации лесов в Северной Европе и Северной Америке. Восстановление будет происходить очень медленно и зависеть от масштабов почвенной эрозии и заболачивания (Свирижев и др., 1985 год).

#### 1. Биомы тундры/высокогорных районов

118. Арктические биомы тундры – зоны, расположенной к северу от 65-й параллели, – выдерживают во время обычных зим крайне низкие температуры – до  $-50^{\circ}\text{C}$  (а иногда и до  $-70^{\circ}\text{C}$ ). Если они прошли обычный период закалывания к холоду и находятся в состоянии анабиоза, то они будут относительно невосприимчивы к дополнительному падению температуры и сокращению солнечного света в послеядерный период, даже если холодная погода сохранится и в последующий летний период. Поведение высокогорных систем будет аналогичным.

/...

Рис. 2. Зависимость распределения наземных биомов от среднегодовых температур и уровней осадков



Источник: М.А. Harwell and Т.С. Hutchinson, Environmental Consequences of Nuclear War, vol. II (Chichester, 1985), p. 62.

/...

119. Совершенно иной будет ситуация после летней атаки. Растущие растения, вероятно, пострадают или погибнут от резкого падения температур ниже нуля. Некоторые из них могут пройти преждевременную акклимацию к зимним холодам, а это в комплексе с крупными семенными фондами, типичными для многих арктических и северных видов, может дать им возможность регенерироваться.

120. Травоядные, не впадающие в спячку животные, которые питаются молодыми побегами, и птицы будут основными жертвами, и смертность среди них может быть высокой.

## 2. Северные леса/тайга

121. Ядерная война в северном полушарии поставит экосистемы к югу от северной границы лесной зоны, такие, как тайга, северные леса и смешанные леса умеренных широт, в стрессовые условия. Как и арктические растения, многие из этих видов смогут перенести климатические возмущения после войны в зимний период, если они уже пройдут период закалывания к холоду и будут находиться в состоянии покоя. Более южные виды, такие, как сосны, многие кустарники и травянистые растения, могут погибнуть от холода. По оценкам, полученным в рамках проекта СКОПЕ-ЭНУВАР, может погибнуть целых 25-75 процентов растений. Морозоустойчивые семенные фонды, характерные для растений умеренных широт, облегчат восстановление, если климатические отклонения не сохранятся в течение слишком длительного периода времени.

122. Климатические последствия войны в летний период вызовут массовую гибель основных видов растений. Восстановление будет еще более затруднено, если в последующие годы вегетационный период сократится настолько, что снизится продуктивность. Большие скопления сухостоя и подстилки могут увеличить подверженность лесов пожарам и воздействию насекомых-вредителей, что повысит вероятность вторичного опустошения в послеядерный период. Еще большее значение имеет то обстоятельство, что для полного восстановления продуктивности лесов понадобятся десятилетия и могут произойти настолько крупные изменения в видовом составе, что первоначальная экосистема вообще может оказаться не в состоянии восстановиться.

## 3. Хвойный лес

123. Хвойные деревья особенно чувствительны к ионизирующей радиации, и в результате непосредственного воздействия ядерных взрывов и последующих пожаров может погибнуть 20-30 процентов лесов северного полушария. В случае войны в зимний период в состоянии перенести аномально низкие температуры в течение года, по-видимому, будут примерно 80-90 процентов всех деревьев. В случае летней войны падение уровня освещенности и температуры приведет к гибели большей части деревьев. Всхожие семена сохранятся в почве в обоих случаях.

## 4. Лиственные леса

124. Война в летний период повлечет за собой очень серьезные последствия для лиственных лесов северного полушария: большая часть деревьев погибнет. Зимняя война нанесет частичный ущерб. Восстановление будет зависеть в основном от

/...

вегетативных репродуктивных органов, а не от семян, а темпы восстановления могут обуславливаться степенью почвенной эрозии. Согласно оценкам, через 50 лет пострадавшие лиственные леса восстановят примерно 70 процентов своей первоначальной биомассы (Свирижев и др., 1985 год).

#### 5. Степная зона

125. Степи и прерии умеренного пояса северного полушария будут уязвимыми, особенно для войны в летний период, которая приведет к гибели растений и зависящей от них животной жизни (почвенных организмов, травоядных животных, хищников и птиц). С восстановлением нормального климатического режима произойдет относительно быстрая репопуляция степей, поскольку по сравнению с лесами их регенеративный период невелик.

#### 6. Пустыни и полупустыни

126. Как и другие экосистемы сопоставимых широт, полупустыни северного полушария, для которых характерен прохладный режим, переживут климатические последствия зимнего конфликта. В жарких пустынях нет такого периода заблаговременной адаптации к низким температурам, и различные виды их флоры и фауны сильно пострадают. Летний конфликт, вследствие которого понизится освещенность и температура, приведет к опустошению на всех широтах.

#### 7. Тропические биомы

127. Хотя влажные тропические леса занимают всего лишь 11 процентов поверхности суши, на их долю приходится 32 процента чистой первичной продукции трофических цепей, 42 процента фитомассы и 33 процента зоомассы, и они в значительной степени обуславливают видовое разнообразие растительного и животного мира (Харвелл и Хатчинсон, 1986 год). Эти леса приспособлены к более высоким уровням температуры, освещенности и осадков. Сильное похолодание даже на короткие периоды времени (необязательно до точки замерзания) будет губительным для растений и зависящих от них организмов. Происходящие время от времени вторжения полярных воздушных масс в бассейн Амазонки в нынешних условиях причиняют влажным лесам огромный ущерб. Регенерация пострадавших влажных тропических лесов может быть ограничена подавлением биопродуктивности и сложностью механизмов воспроизводства.

128. Лиственные леса будут особенно уязвимыми в течение влажного сезона – периода активного роста. Тропические луга и саванны будут более уязвимыми для снижения температур и изменения уровней осадков, чем их аналоги умеренных широт – прерии и степи. Значительное воздействие на эти экосистемы окажет ослабление активности летних муссонов.

129. Столь же уязвимы и мангровые болота, расположенные по границе многих субтропических и тропических побережий. Мангры представляют собой уникальные экосистемы, в которых обитают самые разнообразные экологически и экономически важные виды. Даже небольшое снижение температуры, которое может последовать за ядерной войной, способно повлечь за собой их массовую гибель в любое время года.

/...

## 8. Озера и водотоки

130. Воздействие на пресноводные экосистемы будет зависеть от масштабов похолодания, сокращения освещенности и изменения уровня осадков. Размер водоемов будет определять их способность смягчать температурные изменения.

131. Даже если война произойдет зимой, когда северные озера замерзают, толщина льда может увеличиться настолько, что мелкие озера промерзнут до дна и погибнут рыбы и другие животные. Если зимние условия затянутся или война произойдет летом, то это может нарушить нормальный цикл развития: роста, созревания и размножения водных организмов.

## 9. Морские экосистемы

132. Океаны занимают 71 процент поверхности земного шара и обеспечивают значительную долю биологической продуктивности экосистем планеты. Их большой объем и высокая теплоемкость обуславливают их относительную невосприимчивость к непродолжительным температурным изменениям. Уменьшение доступа солнечного света и изменения в спектре излучений приведут к подавлению фотосинтеза и первичной продуктивности фитопланктона в поверхностных водах. Это, в свою очередь, окажет воздействие на соответствующие цепи питания, однако, как ожидается, не приведет к окончательному исчезновению каких-либо основных организмов или нанесению ущерба важным видам промысловых рыб. Тяжелые последствия для промысловых рыб и морских экосистем, которые имели место в результате изменений температуры морской воды вблизи тихоокеанского побережья Южной Америки в 1983 году в результате феномена усиления течения Эль-Ниньо, должны, вне всякого сомнения, поколебать оптимизм в отношении влияния климатических изменений на морские цепи питания.

133. Наиболее продуктивными с точки зрения потребностей человека являются морские экосистемы континентальных шельфов. Относительно мелководные участки в большей мере подвержены воздействию температурных колебаний. Здесь возможны также изменения в качестве воды в результате колебаний речного стока пресной воды, переноса речных отложений и поступления питательных веществ. Кроме того, в результате крупномасштабной ядерной войны, вероятно, произойдет увеличение нагрузки на экосистемы в виде радиоизотопов и токсичных материалов.

134. В тропических и субтропических районах флора и фауна мелководных участков, в особенности коралловые рифы, будут подвержены воздействию температурных колебаний и падения освещенности. Они подвергнутся негативному влиянию интенсивных потоков воды, несущей взвешенные осадки и загрязняющие вещества.

## 10. Эстуарии

135. Эстуарии и находящиеся в их зоне сильно увлажненные земли, которые отличаются исключительно высокой биологической продуктивностью и зачастую имеют важное значение для жизни и хозяйственной деятельности людей, также в значительной мере пострадают от изменений, происходящих на суше. Разрушение земных экосистем повлечет за собой эрозию почв, в результате чего в реках, а в конечном счете и в эстуариях, возрастет содержание взвешенных и растворенных веществ (многие из которых токсичны). Такое воздействие может быть усилено климатическими возмущениями и привести к опустошительным последствиям для запасов промысловых видов рыб в эстуариях.

/...

D. Реакция крупных сельскохозяйственных систем на климатические возмущения

136. В 1987 году население Земли превысило 5 миллиардов (5000 миллионов) человек, и при нынешних прогнозируемых темпах роста населения примерно через 40 лет эта цифра удвоится, а через 11 лет население планеты увеличится еще на 1 миллиард (1000 миллионов) человек. Пищевая база населения Земли почти полностью обеспечивается сельским хозяйством.

137. Даже менее экстремальные сценарии климатических сдвигов после крупномасштабной ядерной войны показывают, что они повлекут за собой глобальные возмущения сельскохозяйственных систем, не имеющие прецедента в истории (Харвелл и Хатчинсон, 1986 год). Некоторые из наиболее тяжелых климатических последствий ассоциируются с изменениями среднегодовой температуры, которые невелики по сравнению с возможными температурными сдвигами в результате крупномасштабной ядерной войны; ниже следуют примеры изменений среднегодовой температуры, имевшие место в прошлом:

Примерные изменения  
температуры (°C)

Потепление в эпоху голоцена (восстановление после последнего ледникового периода) 8000–4000 лет до н.э.	+5
Похолодание в 17–м и 19–м веках	-1-2
Температурные колебания за последние 100 лет, Северное полушарие	±1
Год без лета, 1816 год (Северное полушарие)	менее -5

138. Авторы исследования СКОПЕ–ЭНУВАР предприняли наиболее всесторонний анализ влияния климатических изменений после ядерной войны на сельское хозяйство, взяв за основу следующие сценарии таких изменений (Харвелл и Хатчинсон, 1986 год):

а) экстремальная фаза (температура): непродолжительное падение средней температуры до точки замерзания или ниже 0°C в сочетании с уменьшением доступа солнечного света до 1–10 процентов от нормального уровня;

б) хроническая фаза (температура): длительное снижение средней температуры на несколько градусов по сравнению с нормальной в сочетании с уменьшением потока солнечного света до 80–95 процентов от нормального уровня;

с) экстремальная/хроническая фаза (выпадение осадков): уменьшение осадков до 50 процентов или менее от нормального среднегодового уровня.

139. На основе этих сценариев была проведена оценка уязвимости глобальных сельскохозяйственных систем и конкретных основных культур. Применялись различные методы оценки с использованием материалов исследований конкретных примеров прошлого, статистической экстраполяции, выводов, сделанных на основе изучения

/...

физиологии растений, а также аналитических или цифровых моделей. Кроме того, в исследовании были проанализированы возможные потери в послевоенных условиях трудовых ресурсов, источников энергии, удобрений и других компонентов обеспечения сельскохозяйственного производства.

140. Хотя кумулятивные последствия температурного сдвига, несомненно, имеют важное значение, сельскохозяйственные культуры (и естественные экосистемы) чувствительны прежде всего к действию короткопериодных изменений. Урожайность сельскохозяйственных культур определяется, в частности, продолжительностью вегетационного периода, а также воздействием температуры и/или осадков.

141. На основе обзора ряда исследований и своего собственного анализа климатических данных группа авторов исследования СКОПЕ-ЭНУВАР пришла к выводу о том, что в средних широтах падение средней температуры на  $1^{\circ}\text{C}$  эквивалентно сокращению продолжительности безморозного вегетационного периода на 10–12 дней (Харвелл и Хатчинсон, 1986 год). Сроки выращивания многих культур в умеренном поясе близки к пределу их вегетационного периода, и очевидно, что падение температуры на  $5\text{--}10^{\circ}\text{C}$  в течение недель или месяцев приведет к гибели урожая.

142. Изменения погоды, которые могут произойти в результате климатического сдвига, — например, вероятность, интенсивность и продолжительность периодов похолодания, — предсказать трудно. Некоторые исторические факты свидетельствуют о том, что для необычно холодных лет характерны также непропорционально значительные погодные отклонения и частота периодов похолодания и что эти явления связаны с неурожаем. Эта нелинейная взаимосвязь между показателями средней температуры и погодными отклонениями подкрепляется также примерами губительных морозов, которые имели опустошительные последствия для сельского хозяйства в Северной Америке и Европе в 1816 году, а также тяжелыми последствиями усиления течения Эль-Ниньо в 1983 году. Оба этих случая представляют собой пример экстремальных климатических отклонений, которые связаны со средними глобальными понижениями температуры самое большее на  $2^{\circ}\text{C}$  в первом случае и менее чем на  $1^{\circ}\text{C}$  во втором случае (Харвелл и Хатчинсон, 1986 год).

143. Существует также параллель и в отношении такого фактора, как выпадение осадков. Для районов с высокой годовой суммой осадков характерны наименьшие погодные отклонения (отклонения от среднегодовых показателей на 10–20 процентов), в то время как для засушливых районов характерны более значительные отклонения (отклонения от среднегодовых показателей более чем на 30 процентов). Поскольку районы с высокой годовой суммой осадков включают наиболее продуктивные сельскохозяйственные угодья Северной Америки, Европы и Азии, сокращение суммы осадков на 25–50 процентов в сочетании с вызванным им усилением погодных отклонений может поставить под угрозу сельскохозяйственное производство, а с ним и пищевую базу многих людей.

144. Что касается экстремальной фазы, то группа авторов исследования СКОПЕ-ЭНУВАР (Харвелл и Хатчинсон, 1986 год) пришла к выводу о том, что потрясения чрезвычайной силы (прогнозируемые на основе климатических моделей) не имеют прецедентов в истории, и их последствия не могут быть предсказаны на основе статистических моделей сельскохозяйственного производства. Представление о таких последствиях можно получить лишь путем экстраполяции имеющихся знаний о физиологии растений. В случае менее сильных климатических возмущений в экстремальной фазе и в хронической фазе:

/...

- а) снижение средней температуры приведет к замедлению темпов развития сельскохозяйственных культур;
- б) даже если падение температуры в вегетационный период будет незначительным, поздние весенние и ранние осенние заморозки могут нанести ущерб растениям или привести к сокращению продолжительности вегетационного периода до уровня ниже критического, необходимого для созревания;
- с) снижение средней температуры может компенсироваться увеличением продолжительности вегетационного периода. Как показывают климатические сценарии, вероятность этого мала, в особенности в районах с умеренным и субтропическим климатом;
- д) существуют физиологические пределы выживания растения и его способности к созреванию и плодоношению. Последствия любого снижения температуры должны оцениваться с учетом этих пределов. Например, снижение температуры до уровня, который превышает нижний физиологический предел, может иметь лишь незначительные последствия для роста и урожайности. Аналогичное снижение температуры, но до уровня ниже критического может воспрепятствовать созреванию и, таким образом, привести к гибели урожая;
- е) климатические модели свидетельствуют о серьезных изменениях (как правило, о сокращении) суммы осадков с потенциально катастрофическими последствиями (засухи).

## Е. Основные продовольственные культуры

### 1. Рис

145. Рис является одним из основных пищевых продуктов в мире и играет важную роль в экономике ряда развивающихся стран. Около 3 миллиардов (3000 миллионов) человек ежедневно питаются рисом, и около 300 миллионов фермеров заняты его выращиванием в условиях самых разных агросистем (на орошаемых землях, неорошаемых возвышенных участках, неорошаемых низменностях, на затопляемых участках и в приливо-отливной зоне побережья). Около 50 процентов мирового производства риса выращивается на неорошаемых землях.

146. Рис выращивается в разнообразных климатических условиях в районах, широтность которых колеблется от 40° южной широты в центральной части Аргентины до 53° северной широты в северо-восточной части Китая, на землях, расположение которых по высоте колеблется от уровня несколько ниже среднего уровня моря в южной части Индии до высоты, превышающей средний уровень моря более чем на 2000 метров, в предгорьях Гималаев. Сезонные и зональные изменения климата оказывают влияние на продуктивность риса. Температура, солнечное излучение и выпадение осадков представляют собой важные факторы, которые влияют на урожайность риса как прямо, так и косвенно, оказывая воздействие на заболеваемость растений и жизнедеятельность насекомых (Сесу и др., 1987 год). В районах умеренного климата календарь работ по возделыванию риса определяется температурным режимом, а в тропиках – прежде всего сроками выпадения осадков, которые зависят от времени начала и прекращения муссонов. Критические нижние и верхние пределы температурных колебаний для выращивания риса изменяются в зависимости от стадии роста; как правило, они составляют 15°C (нижний предел) и 35°C (верхний предел). Недостаточная или

/...



избыточная сумма осадков на любой стадии роста может привести к частичной или полной гибели урожая. Солнечное излучение оказывает наибольшее влияние на урожай зерна в репродуктивной фазе и в фазе созревания.

147. Рис менее устойчив к действию низких температур, нежели большинство других зерновых культур. Данные о выращивании риса в Японии свидетельствуют о том, что периодические отклонения температуры до уровня ниже  $15^{\circ}\text{C}$  в критических фазах роста могут привести к сокращению урожая примерно на одну треть, а падения средней температуры на  $1-2^{\circ}\text{C}$  в течение вегетационного периода будет достаточно для того, чтобы привести к гибели урожая (Харвелл и Хатчинсон, 1986 год). Эти исследователи пришли к выводу о том, что в фазе экстремального климатического возмущения после ядерной войны "производство риса будет практически уничтожено по крайней мере в Северном полушарии, причем такая же судьба может постигнуть и Южное полушарие".

148. В хронической фазе также могут иметь место значительные потери урожая. В зависимости от региона и сорта выращиваемого риса критические температуры для Японии варьируются в диапазоне от  $19$  до  $25,5^{\circ}\text{C}$ , и сокращение урожаев произойдет при падении температуры ниже этого уровня даже при отсутствии краткосрочных периодов похолодания или других возмущений климата. Имитационная модель, составленная для северной части Японии, показывает, что среднее снижение температуры на  $2^{\circ}\text{C}$  в вегетационный период приведет к сокращению урожая риса на 70 процентов.

149. Более поздние климатические модели указывают на возможность значительного сокращения суммы муссонных осадков как в экстремальной, так и хронической фазе климатического возмущения после ядерной войны. Поливные культуры чувствительны к колебаниям в подаче воды, и сокращение суммы осадков может иметь весьма серьезные последствия. Для риса, выращиваемого на неорошаемых землях (риса-падди и риса, выращиваемого на возвышенных участках), который занимает приблизительно 50 процентов мировых площадей риса, положение может оказаться катастрофическим. Острый недостаток воды может иметь серьезные последствия для продуктивности, а также привести к сокращению площадей, пригодных для выращивания богарных культур. Это приведет к серьезным социально-экономическим последствиям, поскольку богарный рис представляет собой основной продукт питания малообеспеченных рисоводов в развивающихся странах.

## 2. Пшеница

150. Озимая пшеница выдерживает падение температуры воздуха до  $-50^{\circ}\text{C}$  в том случае, если она находится под покровом снега. Однако даже небольшое снижение средней температуры или сокращение вегетационного периода может привести к значительному сокращению урожаев во многих крупных северных районах выращивания пшеницы. В Канаде, Соединенных Штатах, Западной Европе, СССР и Китае большая часть урожая погибнет. Если война начнется, когда в Северном полушарии будет середина или конец лета, собрать урожай, возможно, удастся в Индии, Китае, Северной Африке и Соединенных Штатах, в то время как в Канаде, Западной Европе и СССР такой возможности, вероятно, не будет. В Южном полушарии (Австралия, Южная Америка, южная часть Африки) продолжительность вегетационного периода, необходимая для созревания урожая, возрастет.

### 3. Кукуруза

151. Урожай кукурузы в Канаде, Соединенных Штатах, Европе, СССР и Китае исключительно восприимчив к краткосрочным периодам похолодания и может погибнуть. Выращивание кукурузы ведется почти на пределе допустимых норм водообеспечения для этой культуры, в связи с чем она крайне уязвима для любого сокращения суммы осадков, особенно в Центральной Африке и в Центральной и Южной Америке. Если война начнется в период лета в Северном полушарии, в Южном полушарии (Австралия, Южная Америка, южная часть Африки) продолжительность вегетационного периода, необходимая для созревания урожая, возрастет.

### 4. Соя

152. В случае войны в летний период урожай сои в северных районах умеренного климата погибнет из-за падения температуры и уровня освещенности. При достаточном водообеспечении посевы сои в более низких широтах районов умеренного климата выживут в случае войны в зимний период.

### 5. Животноводство

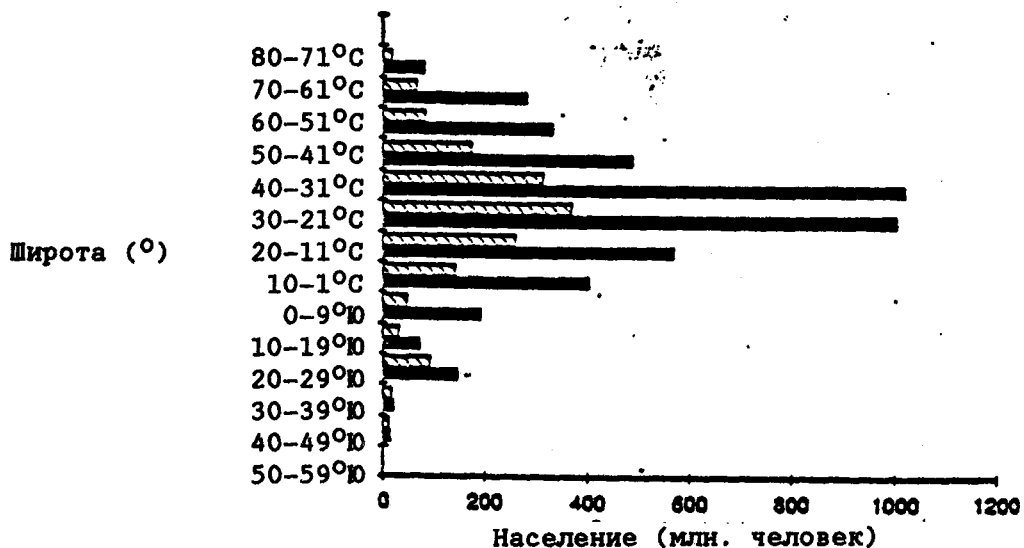
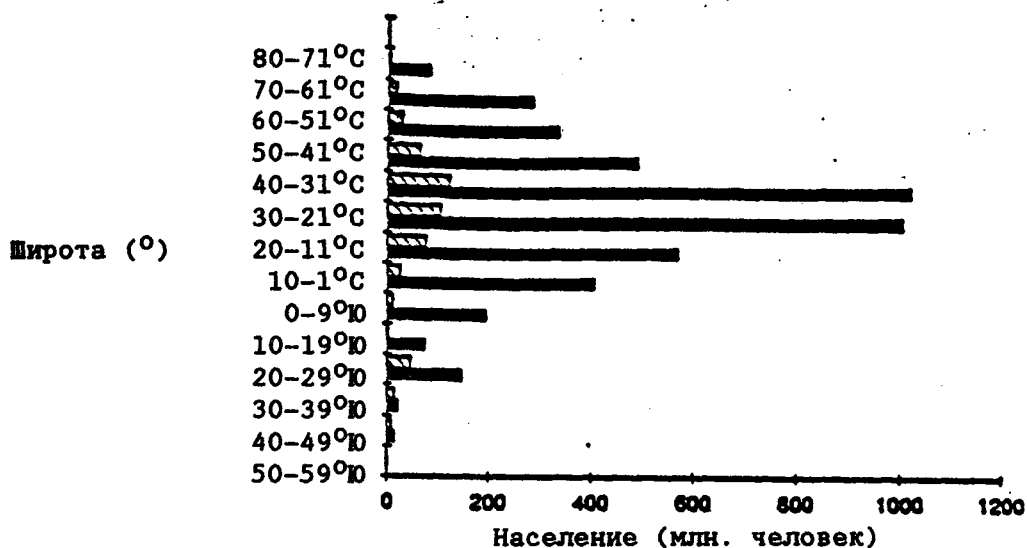
153. В случае войны в зимний период в северной части умеренного климата животные, содержащиеся в приспособленных зимних помещениях, погибнут в результате нарушения систем отопления, питания, вентиляции и другого обслуживания. Приплод подвергнется стрессу, обусловленному низкой температурой; взрослые особи жвачных животных не погибнут от холода, однако могут пострадать из-за нехватки воды и кормов. Нехватка кормов будет основным негативным фактором для сельскохозяйственных животных в тропической зоне. В Южном полушарии большая часть сельскохозяйственных животных не погибнет, однако будет уязвима для нехватки кормов. Низкий уровень освещенности может оказать негативное воздействие на плодовитость овец.

### F. Последствия возмущения климата с разбивкой по широтам

154. Очевидно, что степень возмущения климата в результате ядерной войны и связанные с таким возмущением последствия для производства продовольствия будут разными для различных полушарий и широт. Эти последствия были резюмированы Харвеллом и Хатчинсоном (1986 год) и показаны на рис. 3, где иллюстрируется уязвимость большей части населения планеты для потери пищевой базы.

155. Время обмена ядерными ударами и его последствия для урожая текущего сезона рассматривались с учетом сезонных колебаний запасов продовольствия. Относительно низкий уровень запасов продовольствия в большинстве широтных зон затруднит преодоление последствий потери урожая текущего сезона. Это показано на рис. 3 путем сопоставления количества выживших в том случае, если ядерная война будет развязана в тот момент, когда запасы продовольствия а) минимальны, и б) находятся на среднем уровне.

Рис. 3. Уязвимость населения для потери пищевой базы



**Примечание:** Сплошные полосы обозначают настоящую численность населения, заштрихованные – число выживших. Верхняя диаграмма иллюстрирует последствия потери пищевой базы в тот момент, когда запасы продовольствия минимальны, нижняя диаграмма – последствия потери пищевой базы в тот момент, когда запасы продовольствия находятся на среднем уровне. Расчеты построены на конкретных предположениях, в которых число выживших, вероятно, завышено (по данным Харвелла и Хатчинсона, 1986 год, стр. 480 английского текста).

С. Последствия для сельскохозяйственного производства

156. Группа СКОПЕ-ЭНУВАР пришла к выводу, что в течение приблизительно года после крупномасштабной ядерной войны может быть полностью нарушено производство продовольствия в северном полушарии и в большей части южного полушария. Произойдет это в результате уничтожения сельскохозяйственных культур на корню, запасов продовольствия, удобрений, пестицидов, топлива; дезорганизации систем распределения на местном, региональном, национальном и международном уровнях; разлада мировой экономики и торговли. В докладе группы особо отмечаются климатические последствия для сельского хозяйства в северном полушарии, где страны, которые являются крупнейшими производителями сельскохозяйственной продукции, либо будут непосредственными участниками конфликта, либо пострадают от его климатических последствий.

157. Сельское хозяйство серьезно пострадает не только от нарушений климата, но и от дезинтеграции общественной инфраструктуры. Будут в значительной степени дезорганизованы системы технического обеспечения и энергоснабжения, транспортных перевозок (и в сфере распределения продовольствия внутри стран, и в сфере его импорта/экспорта), а также мировой торговли, существенную часть которой составляет обмен продукцией сельского хозяйства.

158. Современное сельское хозяйство является энергоемким. Благодаря использованию ископаемых видов топлива – как непосредственно (например, в виде топлива для различных машин и механизмов, ирригационных установок, транспортных средств), так и в виде продуктов его переработки (удобрений и пестицидов), – объем сельскохозяйственного производства в развитых странах увеличился за последние 45 лет в 3–4 раза. За тот же период сельскохозяйственное производство в развивающихся странах лишь удвоилось.

159. Очевидно, что разрушение или повреждение нефтяных промыслов, нефтеперерабатывающих заводов, предприятий нефтехимии и портовых сооружений отрицательно скажется на производстве энергии, а следовательно, и на транспорте, ирригации, производстве удобрений и пестицидов и использовании парка холодильных установок. Наиболее уязвимым для нарушения энергоснабжения окажется энергоемкое сельское хозяйство. Что же касается сельского хозяйства, которое зависит от энергоснабжения в меньшей степени, то оно будет продолжать функционировать предположительно при пониженном уровне производительности.

160. Одна треть всего объема продукции мирового производства удобрений используется развивающимися странами и импортируется из развитых стран. Во многих случаях урожайность находится в прямой зависимости от использования удобрений, и поэтому она снизится, если их поступление прекратится. Например, интенсивным использованием удобрений отличается сельское хозяйство в Китае и Индии, хотя здесь нет речи о чрезмерной зависимости от собственно ископаемого топлива, а в Центральной Америке на удобрения приходится более половины энергоресурсов, поступающих в сельское хозяйство.

161. Группа СКОПЕ-ЭНУВАР подчеркнула, что ее анализ по многим меркам еще можно считать оптимистичным. Так, группа пришла к выводу, что в случае крупномасштабной ядерной войны, которая повлечет за собой изменения в климате, в глобальном масштабе возникнут недоедание и массовый голод. Кроме того, даже если климатического

воздействия наблюдаться не будет, зависящие от импорта страны будут испытывать острую нехватку продовольствия, поскольку развитые страны северного полушария одновременно являются основными экспортерами продовольствия, удобрений, пестицидов и сельскохозяйственной техники в развивающиеся страны.

162. По большинству стран Африки, Южной Америки и Азии ядерных ударов нанесено не будет, однако их сельское хозяйство может придти в состояние крайнего упадка. Фактически населению этих стран будет угрожать почти такая же опасность, как и населению окружающих стран. Помимо тех людей, которые погибнут непосредственно во время конфликта, от 1 до 4 миллиардов человек могут умереть от голода в послеядерный период.

#### IV. МЕДИЦИНСКИЕ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

##### A. Введение

163. Непосредственные последствия ядерного удара по Хиросиме и Нагасаки по своему масштабу нельзя даже сопоставить с тем, что может произойти в результате обмена ядерными ударами в наше время. В этом случае речь будет идти о результатах действия ударной волны, теплового излучения, первичной проникающей радиации (т.е. ионизирующей радиации, излучаемой в течение первой минуты после взрыва), а также о последствиях выпадения радиоактивных осадков в течение более длительного периода времени. Эти воздействия были рассмотрены и недавно обобщены в докладах ВОЗ и Института медицины Соединенных Штатов (ВОЗ, 1984, 1987 годы; ИМ США, 1986 год), из которых можно почерпнуть более подробную информацию.

164. Помимо того, что в результате ядерной войны в районах нанесения ударов сразу же погибнут и получат ранения люди и будет причинен материальный ущерб, такая война может также привести к глобальным нарушениям климата и вызвать серьезные последствия для природных экосистем и сельского хозяйства. В свою очередь, это будет иметь далеко идущие последствия для обеспечения людей продуктами питания. Недоедание и массовый голод будут усугубляться дезорганизацией связи, транспортного сообщения, финансовых систем и торговли.

##### B. Ударная волна

165. Значительная часть энергии, высвобождаемой в результате ядерного взрыва, приходится на образование ударной волны. Резкое увеличение давления при образовании газообразных продуктов взрыва порождает фронт ударной волны, который передвигается в воздухе со сверхзвуковой скоростью. По мере распространения волны напор ее уменьшается, пока вообще не сходит на нет на расстояниях, которые в случае взрывов мегатонного класса могут измеряться десятками километров или более.

166. Непосредственные телесные повреждения вызываются резким увеличением давления воздуха: ударная волна с силой отбрасывает жертвы своим метательным действием, разрывает органы дыхания и барабанные перепонки. Поражения вызываются также обломками разрушенных зданий и сооружений и летящими предметами.

### C. Тепловое излучение

167. Тепловое излучение начинает действовать в момент взрыва, еще до начала распространения фронта ударной волны; его действие продолжается несколько секунд, при этом испаряются, обугливаются и плавятся предметы на расстояниях, которые определяются мощностью и высотой взрыва. Оно вызывает пожары, которые могут, сливаясь, перерасти в мощные огненные ураганы, особенно в районах, где имеются большие скопления горючих материалов, например: нефтеперерабатывающие заводы, целлюлозно-бумажные комбинаты или химические предприятия, находящиеся в радиусе действия теплового излучения.

168. Подъем горячих газов, образующихся при пожаре, вызовет приток воздуха извне, в результате чего возникнут мощные ветры, под действием которых пламя может перерасти в гигантские пожары. Люди будут гибнуть от теплового излучения, нехватки кислорода или от попадания в легкие угарного газа и других токсичных веществ.

169. При взрыве бомбы мощностью в 1 Мт на высоте 1,5 км от действия теплового излучения погибнут практически все люди на территории около 350 кв. км. За пределами этой зоны многие получают ожоги различной степени. Характер ранений будет зависеть от местонахождения пострадавших по отношению к точке взрыва, а также от того, насколько они будут защищены искусственными сооружениями и рельефом местности. От ожогов пострадает в 3-4 раза больше людей, чем от действия ударной волны. В результате вторичных пожаров, вспыхнувших под действием теплового излучения, еще больше людей пострадает от ожогов, действия ударной волны, попадания в легкие токсичных материалов и от удушья.

### D. Радиация

#### 1. Первичная проникающая радиация

170. Ядерный взрыв сопровождается разной вспышкой радиации, которая оказывает серьезное воздействие на облученных людей. Характер и степень поражения будут зависеть от поглощенной дозы излучения (количества энергии, переданной излучением живым тканям при прохождении через них) и мощности дозы (дозы в единицу времени). Например, можно выделить следующие пять типов последствий облучения в течение короткого периода времени:

а) продромальная стадия, наступающая в течение нескольких минут после облучения, характеризуется симптомами поражения желудочно-кишечной и нервной-мышечной систем. К первым относятся тошнота, рвота, сильная диарея и обезвоживание; к последним - общая слабость, апатия, безразличие, лихорадка, головная боль и повышенное давление, после чего наступает гипотонический шок. Реакция достигает пика в течение 30 минут, после чего стихает до наступления, в зависимости от дозы, неврологического или желудочно-кишечного синдрома;

б) неврологический синдром проявляется при получении доз порядка 100 Гр. Его симптомы аналогичны тем, которые наблюдаются в продромальной стадии, после этого временно наступает период пониженной или повышенной моторной активности, ведущей к полной потере сил и летальному исходу в течение двух дней;

с) желудочно-кишечный синдром проявляется при дозах 10-50 Гр, вызывается потерей клеток эпителия кишечника и последующим интенсивным выведением жидкостей из организма. Смерть наступает через шесть-девять дней;

д) при получении доз в несколько грей основным последствием является разрушение клеток костного мозга, которое сопровождается уменьшением числа лимфоцитов, гранулоцитов и тромбоцитов: их содержание достигает минимума через 7-20 дней, в зависимости от дозы. Сокращение числа белых кровяных телец ведет к подавлению иммунной защиты, что создает условия для развития инфекций, и к ухудшению свертываемости крови, которое может повлечь за собой внутренние кровоизлияния. Летальный исход не является неизбежным, шансы выздоровления наиболее велики при оперативном и интенсивном терапевтическом вмешательстве, что вряд ли возможно после массивного обмена ядерными ударами;

е) наряду с этими общими синдромами при частичном или полном облучении могут наблюдаться серьезные поражения глаз, кожи, слизистой оболочки рта, легких и половых желез.

171. Показателем чувствительности человека к ионизирующей радиации служит доза, при получении которой средняя смертность достигает 50 процентов в течение первых 60 дней после облучения. Этот показатель называется летальной дозой 50 процентов (ЛД<sub>50</sub>). Получить величины, применимые ко всем людям, сложно, поскольку данные по какой-либо группе облученных людей - например, жертв Хиросимы и Нагасаки - необходимо сопоставлять с оценками доз облучения, которому подверглись эти жертвы, а эти оценки остаются весьма неопределенными. Имеющиеся оценки (Научным комитетом Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации рассматриваются 22 группы оценок по таким категориям, как жертвы бомбардировок и аварий и субъекты, облученные в лечебных целях) указывают на то, что показатель ЛД 50 составляет примерно 3 Гр при общем облучении организма. Одна из последних оценок данных по оставшимся в живых жертвам атомных бомбардировок свидетельствует о том, что средняя летальная доза в течение 60 дней может быть значительно ниже. В докладе ВОЗ (1987 год) этот показатель оценивается в 1,5 Гр, а в последнем обзоре СКОПЕ-ЭНУВАР (Москва, март 1988 года) - 2,4 Гр. Если чувствительность человека к ионизирующей радиации выше, чем считалось ранее, то из этого следует, что количество жертв превысит оценки, выведенные в результате проведенных ранее анализов. Ожидается, что Научный комитет Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации представит новые оценки во второй половине 1988 года.

## 2. Локальные радиоактивные осадки

172. Если огненный шар коснется поверхности Земли, то материал, выброшенный в атмосферу, смешается с радиоактивными продуктами ядерных реакций и быстро выпадет в районе взрыва. При быстром распаде выпадение короткоживущих радионуклидов повлечет за собой дополнительное облучение людей не только через действие очень мощной проникающей радиации, но и за счет того, что излучение, встречая сопротивление кожного покрова, может вызывать сильные и обширные радиационные ожоги кожи.

173. Необходимо подчеркнуть, что, как и при анализе других последствий ядерной войны, реалистические количественные оценки острого поражения дать сложно, поскольку они сильно зависят от прогностических оценок характера обмена ударами (числа и мощности взрывов, соотношения энергии деления и энергии синтеза, высоты

взрыва, характера целей и их положения по отношению к населенным – в особенности промышленным – центрам, метеорологических условий, эффективности мер гражданской обороны и т.д.).

### 3. Тропосферные и глобальные радиоактивные выпадения

174. За пределами района непосредственных разрушений люди подвергнутся действию радиации от тропосферных и глобальных осадков, образующихся после выброса радиоактивных продуктов ядерного взрыва в атмосферу. В этом случае люди получают малые дозы облучения в течение длительного периода времени. Материал, выбрасываемый с тропосферу, будет выпадать в течение недель главным образом в тех же широтах, в которых будет совершен удар. Организм получает дозу гамма-излучения от источников на земле и в воздухе, а также дозу внутреннего облучения от радионуклидов, таких, как йод-131 и цезий-137, которые быстро аккумулируются через трофическую цепь и поступают в пищеварительную систему вместе с зараженной пищей. От радиоактивных частиц, выпадающих на незащищенную кожу, может быть получена и доза внешнего облучения. Это может привести к сильным ожогам, вызываемым бета-излучением.

175. Большая часть радиоактивных продуктов взрыва будет выброшена в стратосферу, откуда они будут выпадать в течение нескольких лет. В результате этого люди будут постепенно получать дополнительные крайне малые дозы облучения при распаде долгоживущих изотопов. К ним относятся цезий-137 (период полураспада 30 лет), продукты распада которого вызывают внешнее и внутреннее облучение всего организма, и стронций-90 (период полураспада 29 лет), который после попадания в организм с зерновыми и молочными продуктами будет откладываться в костях и облучать костеобразующие и кроветворные клетки. Углерод-14, образующийся при ядерных взрывах, также будет вызывать облучение людей, находящихся за пределами зоны разрушения, существенными дозами, однако мощность будет еще ниже, а время облучения значительно больше, поскольку период полураспада этого изотопа составляет 5730 лет.

176. Если удары будут нанесены по атомным электростанциям, установкам для переработки ядерного топлива и хранилищам отходов, то это повлечет за собой высвобождение дополнительного радиоактивного материала, главным образом долгоживущих изотопов, что значительно увеличит уровень облучения людей в течение длительного периода времени и на больших расстояниях. Однако, как показала авария в Чернобыле, распространение такого вещества предсказать невозможно. Сформируются локальные, но крупные "очаги" повышенных уровней радиации, которые долгие годы будут необитаемыми.

### Е. Общее непосредственное воздействие

177. В докладе ВОЗ (1987 год) рассматривается ряд сценариев ядерной войны. По одному из сценариев, нанесение по окраинам Лондона удара мощностью от 1 до 10 Мт приведет к гибели от 11 до 90 процентов жителей. В рамках другого сценария рассматривается вариант обмена ядерными ударами между Советским Союзом и Соединенными Штатами мощностью около 1000 Мт с каждой стороны. Число погибших составит 10–30 млн. в Соединенных Штатах и 20–30 млн. в Советском Союзе. В третьем сценарии рассматривается вариант ограниченной ядерной войны в густонаселенной



Европе, согласно которому здесь будет взорвано более 600 бомб суммарной мощностью примерно 100 Мт. Число погибших может достичь 90 млн. человек. В любом случае число сильно пораженных среди оставшихся в живых будет того же порядка, что и число погибших.

178. Дозы облучения от тропосферных и глобальных выпадений точно оценить невозможно, поскольку, как и прогностические расчеты доз первичной проникающей радиации, эти оценки слишком сильно зависят от многих посылок, касающихся ведения войны и последующих экологических условий. В северном полушарии средние суммарные дозы, вероятно, составят менее 0,5 Гр за целый ряд лет (тысяч лет) в случае с основным возможным источником – углеродом-14), а в южном полушарии – значительно меньше. Последствия долговременного остаточного радиоактивного излучения будут находиться в функциональной зависимости от общей дозы и периода ее получения. К ним относится повышение риска заболевания раком сверх обычных ожидаемых уровней. В настоящее время имеется мало доказательств того, что будет происходить закрепление генетических аномалий у следующих поколений, хотя выводы в отношении этого вопроса могут измениться с развитием клинических и статистических диагностических методов.

179. Поскольку сами средние дозы и, следовательно, показатели смертности от их получения, по всей видимости, будут низкими, совершенно очевидно, что проблема последствий долговременного остаточного радиоактивного излучения будет отодвинута на второй план такой важной проблемой, как число прямых жертв ядерного нападения и людей, пострадавших от его косвенных последствий – в результате дезорганизации систем обеспечения продовольствием и медицинского обслуживания.

#### Г. Оказание медицинской помощи оставшимся в живых

180. После ядерного нападения сразу же встанет проблема спасания оставшихся в живых и оказания им медицинской и другой помощи. Как показали войны прошлого и другие бедствия, при оказании медицинской помощи необходимо руководствоваться рядом основополагающих принципов: провести сортировку раненых, осуществить эвакуацию и оказать соответствующую неотложную помощь.

181. При сортировке люди разбиваются на три группы: те, у кого мало или вообще нет шансов выжить; те, кто имеет реальные шансы выжить при соответствующем лечении; те, лечение которых можно отложить. Необходима быстрая оценка, поскольку в случае промедления больше пострадавших будет переведено из категории "выживание возможно" в категорию "выживание маловероятно или невозможно".

182. В случае широкомасштабной ядерной войны оставшийся в живых медицинский персонал будет не в состоянии обеспечить лечение или даже необходимую первую помощь, чтобы сохранить жизнь раненым. Доступ в районы радиоактивных выпадений будет сопряжен с большим риском. Необходимо будет строго контролировать работу спасательных групп и, если возможно, проводить санобработку и обеспечивать их сменяемость во избежание чрезмерного облучения их участников. В условиях того хаоса, который будет царить, осуществить такие меры будет очень сложно, а может быть и невозможно.

183. Для лечения пострадавших от действия радиации необходимы специальное оборудование и условия лечения. Например, в 1978 году во Франции четыре человека, случайно получившие очень высокие дозы облучения, проходили лечение в стерильных

/...

условиях, каждому из них было сделано 50–100 переливаний крови, они получили большие дозы противогрибковых средств и антибиотиков. Они выжили, но без такого лечения они погибли бы. После аварии в Чернобыле интенсивное стационарное лечение прошли примерно 200 пострадавших, соответствующее медицинское обслуживание было обеспечено 135 000 эвакуированных после того, как по всей стране была проведена мобилизация медицинского персонала, оборудования и препаратов. Но даже по сценариям ограниченной ядерной войны, предполагающим использование 1 процента нынешних ядерных арсеналов, сильно пострадавших будет миллионы. Медицинские службы всего мира будут не в силах справиться с таким положением. После ядерного нападения сортировка раненых будет в лучшем случае незначительной, а спасательные работы – недостаточными.

184. После ядерного нападения возникнет множество других медицинских проблем. Остро встанет проблема нехватки воды, причем в большинстве случаев она будет заражена радиоактивными продуктами и вредными микроорганизмами. В осадках могут концентрироваться радиоактивные выпадения, что будет приводить к образованию очагов высокой радиоактивности. Питьевая вода может оказаться опасной, а пища – зараженной. Внутреннее облучение в результате попадания радиоактивных изотопов через дыхательные пути и/или пищеварительную систему будет увеличивать поглощаемую дозу радиации.

185. Одной из основных причин летального исхода у пострадавших от ожогов и облучения является инфекция. После ядерной войны эпидемиологическая ситуация сильно изменится вследствие подавления у людей иммунной системы, их истощения, плохих санитарных условий, распространения насекомых и микроорганизмов и дезинтеграции систем эпидемиологического наблюдения и контроля за распространением болезней.

186. О психологическом состоянии оставшихся в живых можно в некоторой степени судить по последствиям бомбардировок Хиросимы и Нагасаки. На каждый из этих городов было сброшено по одной бомбе, жители не имели представления о ядерном оружии, и помощь пришла из соседних непораженных районов. В случае крупномасштабной ядерной войны помощь скорее всего будет крайне ограниченной, а то ее и не будет вообще, в то же время всеобщая осведомленность о последствиях применения ядерного оружия, в особенности о радиационных эффектах, существенно повлияет на поведение оставшихся в живых и приведет к сокращению масштабов координируемых спасательных и восстановительных работ.

187. Воздействия ударной волны и теплового излучения, радиации, отравлений угарным газом и токсичными химическими веществами, которые будут выброшены при разрушении промышленных предприятий, горящих материалов (пиротоксинов) и многие другие факторы способны вызвать нервные и психологические стрессы. Как следует из наблюдений за поведением людей при стихийных бедствиях, большинство оставшихся в живых будут подвержены острому стрессу и находиться в состоянии депрессии и испуга, а, следовательно, будут крайне уязвимыми, пока не станет очевидным, что непосредственная опасность миновала.

Г. Последствия для людей и социально-экономических систем

188. Прямые последствия в районах нанесения ядерных ударов будут катастрофическими как с точки зрения гибели людей, так и с точки зрения разрушения систем жизнеобеспечения. Полный вывод из строя мировых торгово-финансовых и коммуникационных сетей усилит глобальные климатические эффекты и их последствия для производства продовольствия. Как в районах нанесения ядерных ударов, так и в районах, удаленных от зоны конфликта, перспектива, видимо, будет одна и та же - широкое распространение недоедания и голода.

189. Для целей настоящего доклада социально-экономические системы рассматриваются с точки зрения двух главных функций: производства, в процессе которого происходит превращение природных и других ресурсов в товары и услуги, удовлетворяющие основные потребности человека в продовольствии, одежде, жилье, медицинском и культурном обслуживании, и потребления этих товаров и услуг, которые требуют их распределения и сбыта. В результате ядерной войны обе эти функции будут серьезно подорваны.

190. Глобальная взаимозависимость социально-экономических систем является ключевым элементом при рассмотрении вопроса о последствиях ядерной войны. Ведущие экономические державы мира, в которых расположено большинство важных финансовых и торговых центров, а также центров, определяющих экономическую политику, находятся в зонах, которые будут непосредственно затронуты в случае крупномасштабной ядерной войны. Ущерб для мировой экономики будет огромным, в том числе вследствие краха финансовых учреждений и существующей многосторонней системы платежей. Функционирование финансовых учреждений зависит от обработки электронных данных, поэтому возможно, что серьезные последствия будут иметь не только уничтожение средств связи, но и потеря программного обеспечения и информации на магнитных носителях.

191. Производство зависит от численности рабочей силы, превращающей ресурсы в материальные товары и услуги, а также от производительности ее труда. Очевидно, что численность рабочей силы резко сократится в результате прямых последствий ядерной войны. Голод, связанный с более долговременными опосредованными эффектами, приведет к дальнейшему сокращению численности рабочих.

192. Производственный потенциал пострадает в результате значительного ущерба, который будет причинен инфраструктуре. Так, доступ к природным ресурсам будет ограничен вследствие нарушения функционирования транспортных систем. Связь будет прервана в результате прямых последствий взрывной волны и пожаров, а также сильной перегрузки электросетей под действием электромагнитного импульса, возникающего при высотных ядерных взрывах. Нехватка оборудования, машин, запасных частей и услуг также будет иметь серьезные последствия для промышленности.

193. Энергия исключительно важна почти для всех аспектов функционирования сложной экономической структуры, а не только для работы промышленности. Производство энергии сосредоточено в районах, где расположены нефтеперерабатывающие заводы, нефтехранилища, тепло- и гидроэлектростанции, которые уязвимы для ядерных ударов и во многих случаях могут быть выведены из строя или серьезно повреждены с помощью нескольких ядерных боеголовок.

194. Энергозависимость любой отрасли, будь то обрабатывающая промышленность или сектор сферы услуг, определяется не только прямым энергопотреблением, но и комплексом косвенных энергозатрат. Например, производство металлической меди в качестве сырья для электротехнической промышленности связано с потреблением энергии на этапе геологической разведки, добычи и транспортировки руды, выплавки, рафинирования и во время других подобных процессов, а также при распределении рафинированной меди.

195. Современное сельское хозяйство также является отраслью, зависящей от прямых и опосредованных энергозатрат, техники, квалифицированной рабочей силы, сырья и многих других факторов производства. Поэтому экономические потрясения скажутся на нем в такой же степени, что и климатические изменения, которые могут последовать за крупномасштабным ядерным конфликтом. Чем интенсивнее сельское хозяйство, тем оно уязвимее.

196. В докладе СКОПЕ-ЭНУВАР, в частности, отмечается, что крупномасштабная ядерная война приведет к нехватке продовольствия и голоду. Настоящее исследование приходит к такому же выводу. В результате разрушения транспортной системы возникнут трудности с перевозками продовольствия из районов его производства или хранения в районы, охваченные голодом. В промышленно развитых странах снабжение продовольствием осуществляется уже не на местном уровне. Оно связано с использованием сети предприятий, охватывающей не только земледелие, животноводство и рыболовство, но и коммерческое семеноводство, производство сельскохозяйственных машин, пестицидов, минеральных удобрений и нефтепродуктов. Для производства продовольствия используются современные технические средства, например, зерноэлеваторы, скотобойни, холодильные предприятия, мукомольные и консервные заводы и другие предприятия по упаковке продуктов. Она также охватывает транспортировку, хранение, сбыт и распределение продовольствия через предприятия оптовой и розничной торговли. Полное нарушение функционирования этого комплекса по производству и распределению сельскохозяйственных продуктов явится неотвратимым последствием крупномасштабной ядерной войны. Но и в странах, не принимающих участия в ядерном конфликте, вероятно, также возникнет нехватка продовольствия вследствие прекращения его импорта и в результате климатических изменений, оказывающих влияние на их сельское хозяйство. Поэтому страны, не принимающие участия в ядерном конфликте, пострадают, вероятно, в этом плане почти так же сильно, как и страны, по которым будут нанесены ядерные удары.

197. Ущерб, который будет причинен мировой экономике, нарушение функционирования систем связи и обработки данных, особенно в результате возникновения электромагнитного импульса, серьезно затруднят деятельность финансовых учреждений и приведут к подрыву целостности системы международных связей и торговли. Такое нарушение международных экономических связей, а также мировой транспортной сети и сети связи окажет воздействие на процессы распределения и потребления далеко за пределами стран, принимающих участие в конфликте. Отсутствие многих промышленных товаров, нехватка рынков сбыта для товаров и материалов, производимых развивающимися странами, будут иметь в свою очередь серьезные последствия для экономики этих стран. В качестве общего ориентира можно привести следующую таблицу, содержащую данные о процентной доли импорта стран, по территории которых не будет нанесено ядерных ударов, поступающего из стран, которые, вероятно, подвергнутся ядерным ударам в результате крупномасштабного ядерного обмена:

/...

	<u>В процентах</u>
Химические продукты	83,0
Продовольствие	74,2
Продукция машиностроения	72,2
Средства связи	75,0
Автомобили	83,0
Потребительские товары, исключая текстильные товары	88,0
Топливо	29,0

Источник: ГАТТ, 1986 год, и Statistical Yearbook of the United Nations, 1985  
(Статистический ежегодник Организации Объединенных Наций, 1985 год).

Таким образом, последствия ядерной войны не сводятся к физическим эффектам. Необходимо учитывать также серьезный ущерб экономическим основам многих государств, географически удаленных от района конфликта.

#### Н. Возможность восстановления

198. Учитывая вероятность столь широкомасштабной дезинтеграции общества, невозможно дать достоверные оценки осуществимости и временных рамок восстановления. Последствия далеко выйдут за рамки экономики и затронут общественное устройство и саму структуру общества. Существует вероятность коренной реорганизации общества, в процессе которой укоренившиеся прерогативы в области валютно-финансовой политики, права собственности, организационные основы и другие элементы общественной структуры могут быть изменены до неузнаваемости.

199. Процесс восстановления будет зависеть от того, как быстро выжившее население и национальные образования смогут возродить такие системы, как связь, международные транспортные и торговые сети, а также создать или развить альтернативные источники снабжения. Очевидно, что большая часть выжившего населения планеты в течение многих лет будет испытывать на себе неблагоприятные последствия войны, а общество во многих случаях будет поставлено в такие условия, когда его членам придется опираться на собственные силы и самим обеспечивать свое существование.

200. Климатические изменения и другие потрясения, влияющие на основы существования, происходили и в прошлом. Одни биологические виды выжили, другие нет. Человеческая популяция, по-видимому, относительно устойчива; даже тогда, когда в результате тягчайших бедствий гибли цивилизации, некоторым выжившим людям нередко удавалось перебраться в другое место и создать там общины.

201. Однако ни одно из обрушившихся на человеческое общество стихийных бедствий не несло с собой таких синергических и глобальных последствий, какие могут возникнуть

/...

в результате крупномасштабной ядерной войны, о чем говорилось выше. Во время всех предыдущих катастроф в конечном счете оказывалась помощь, которая направлялась из мест, находящихся за пределами пораженных районов, что в условиях крупномасштабной ядерной войны станет невозможным. Насколько можно судить, никуда не уйти от того факта, что возможность долгосрочного восстановления после крупномасштабной ядерной войны является сомнительной.

202. Хотя невозможно детально описать последствия крупномасштабной ядерной войны и перспективы послевоенного восстановления, современные научные факты свидетельствуют о том, что ядерный конфликт повлечет за собой такие климатические и долгосрочные социально-экономические последствия, которые беспрецедентны даже по сравнению с самыми трагическими стихийными бедствиями и конфликтами, имевшими место в истории человечества. Если восстановление и начнется, оно будет медленным и трудным, и крайне маловероятно, что какое-то новое общественное устройство будет напоминать старое или будет лучше его.

203. Следует продолжать естественнонаучные и социальные исследования, которые привели к этой новой оценке последствий крупномасштабной ядерной войны. Эти исследования необходимо координировать в международном масштабе, а их результаты должны разъясняться политикам как в регионах предполагаемых боевых действий, так и в регионах, находящихся вне зоны конфликта, поскольку представляется очевидным, что никому не удастся избежать чудовищных последствий крупномасштабной ядерной войны, даже если театр военных в географическом отношении будет ограничен небольшой частью северного полушария.

## ГЛОССАРИЙ

- Акклиматизация** Приспособление организмов к новым условиям существования под воздействием постепенного изменения факторов окружающей среды (например, растения могут выдержать уменьшение средней температуры, если они акклиматизируются, но погибнут при внезапном падении температуры).
- Аэрозоль** Коллоидная взвесь частиц твердых или жидких веществ в газообразной среде. Этот термин часто используется для обозначения взвешенных в воздухе частиц пыли, дыма и сажи, даже когда они недостаточно малы, чтобы называться коллоидными частицами.
- Биологические часы** Механизм, лежащий в основе периодичности или ритмичности поведения и деятельности многих растений и животных (например, всхожесть семян, циклы миграции).
- Биом** Особая устойчивая биогеографическая совокупность, определяемая характерным климатом, геологическими факторами, гидрологическим режимом и т.д. (например, пустыни, влажные тропические леса, тундра и т.д.).
- Биомасса** Масса или объем живого вещества на единицу поверхности. В контексте данной темы – вещество непосредственно биологического происхождения (живое или неживое), подверженное возгоранию на поверхности Земли (исключая органическое топливо и пиломатериалы, используемые в строительстве).
- Биосфера** Оболочка Земли, которая охватывает часть атмосферы, гидросферу и часть литосферы и является средой обитания живого вещества.
- Бореальный лес** Северный лес, преимущественно хвойный, но содержащий и лиственные породы, расположенный к югу от тайги и к северу от зоны смешанных лесов, прерий и степей.
- Генетические последствия** Изменения (как правило, неблагоприятные) в генетическом материале, которые передаются в генетический материал потомков.

Гидрофобный	Прилагательное, используемое для описания веществ с низким сродством к воде (водоотталкивающим), например, частиц дыма, состоящих из чистого углерода.
Горение	Быстрая химическая реакция между горючим веществом и кислородом (окисление) с выделением теплоты.
Горючий материал	В данном контексте любой горючий материал, возгорающийся в результате непосредственных или опосредованных эффектов ядерного взрыва.
Грей	Единица дозы поглощенной радиации в Международной системе (СИ), 1 грей = 100 рад.
Доза (радиации)	Количество ионизирующего излучения, поглощенное живой тканью (см. "Грей").
Закаливание (растений)	Физиологический процесс, в результате которого некоторые растения вырабатывают сезонную устойчивость к низкой температуре и освещенности.
Замутнение (метеорология)	Наличие дыма, пыли и завесы в безоблачной атмосфере, сокращающее видимость.
Инжекция дыма	Попадание дыма (или пыли и сажи) в атмосферу либо в реальных условиях после взрыва, либо в качестве заданного условия компьютерного моделирования.
Инсоляция	Облучение земной поверхности солнечной радиацией (сокращение английского термина " <u>incoming solar radiation</u> ", означающего "приходящее солнечное излучение").
Ионизирующее излучение	Электромагнитное (гамма-, рентгеновское) или корпускулярное излучение (альфа-излучение, бета-излучение, потоки нейтронов), при прохождении которого через облучаемые материалы в среде из нейтральных атомов образуются пары ионов.
Килотонна	Мера мощности взрывного действия ядерного заряда, примерно эквивалентной энергии взрыва одной тысячи ( $10^3$ ) тонн ТНТ.

/...



Конвекция	Перемещения в жидкой или газообразной среде, в результате которых происходит ее перенос и перемешивание. Конвекция в атмосфере, как правило, создает вертикальные токи под действием градиентов плотности, обусловленных изменениями температуры.
Контрсилловой удар	Нападение на военные объекты, в отличие от контрценностного удара, который представляет собой нападение на невоенные объекты (например, важные экономические и индустриальные центры).
Концентрация горючего материала	Насыщенность района нападения горючими материалами, измеряемая, как правило, в $\text{кг}/\text{км}^2$ .
Концентрация дыма	Количество дыма в атмосфере на единицу пространства, обычно измеряемое в $\text{г}/\text{м}^2$ .
Коротковолновое излучение	Метеорологический термин, обозначающий солнечное электромагнитное излучение в видимой и близкой к видимой частях спектра. Термин носит условный характер, и в различных источниках этот спектральный диапазон определяется по-разному: 0,4–1,0 микрометра или 0,29–4,0 (максимум 5,0) микрометра.
Крупномасштабный конвективный подъем	Подъем черных, углеродосодержащих частиц (сажи и дыма) и воздушной массы, в которой они взвешены, под воздействием солнечного обогрева. При крупномасштабном конвективном подъеме частицы могут достигать высот, намного превосходящих высоту первоначальной инъекции в результате ядерных взрывов и последующих пожаров.
Коэффициент выброса дыма	Доля массы горючего вещества, превращающаяся при сгорании в сажу или дым. Репрезентативное средневзвешенное значение – 5 процентов.
ЛД <sub>50</sub>	Доза, вызывающая смертельный исход у 50 процентов пораженного населения.
Летальная доза	Доза токсичного вещества или радиации, которая при попадании в организм вызывает смертельный исход и зачастую выражается показателем ЛД <sub>50</sub> .

Малый ледниковый период	Исчисляемый примерно с начала XVI века и закончившийся в XIX веке период, в течение которого происходило расширение ледников северного полушария (иногда рассматривается в качестве нескольких отдельных оледенений, или малых ледниковых периодов).
Мегатонна	Мера мощности взрывного действия ядерного заряда, примерно эквивалентной энергии взрыва одного миллиона ( $10^6$ ) тонн ТНТ.
Метаболизм	Совокупность биохимических и физиологических процессов анаболизма и катаболизма живой ткани и ее продуктов.
Модель (машинное моделирование)	Численное воспроизведение сложной системы (например, компьютерное решение ряда алгоритмов, более или менее полно описывающих факторы климата).
Модель общей циркуляции	Численная имитация, или модель, выполняемая, как правило, на мощных компьютерах в целях всеобъемлющего описания общей (планетарной) циркуляции, то есть циркуляции атмосферы над Землей.
Мощность (ядерного оружия)	Энергия взрыва, как правило, выражаемая в единицах, примерно эквивалентных энергии, высвобождаемой при взрыве определенного количества (килотонны, мегатонны) обычного взрывчатого вещества ТНТ.
Огненный шар	Светящаяся область раскаленных газов и связанный с ними ударный фронт, возникающие под действием колоссальной тепловой энергии, которая генерируется тепловым рентгеновским излучением в течение первых нескольких миллисекунд после ядерного взрыва.
Озимая пшеница	Одна из основных в Северной Америке и Азии сельскохозяйственных культур; сев ее семян ведется осенью, а всходят они весной.
Озон	Молекула состоит из трех атомов кислорода. Озон образуется в стратосфере под действием солнечного излучения, имеет большое значение для поддержания структуры и циркуляции атмосферы и для предохранения поверхности от жесткого ультрафиолетового излучения. Стратосферный озонный слой может быть нарушен эмиссиями от ядерных пожаров, особенно окислами азота.

<b>Окисление</b>	В данном контексте – реакция любого вещества, в результате которой образуется соединение с кислородом.
<b>Окислы азота</b>	Соединения (обычно газообразные) азота и кислорода, некоторые из которых могут в больших количествах образовываться в огненном шаре после ядерного взрыва и которые могут оказывать негативное воздействие на озоновый слой.
<b>Окись углерода</b>	Продукт сгорания углеродосодержащих материалов. Молекула состоит из одного атома углерода и одного атома кислорода. Крайне токсична, ее вдыхание зачастую было причиной смерти жертв огненных штормов, вызванных бомбардировками во время второй мировой войны.
<b>Оптическая толщина</b>	Показатель непрозрачности атмосферы.
<b>Остаточное радиоактивное излучение</b>	Излучение (прежде всего гамма-лучи и бета-частицы), продолжающееся длительное время после ядерного взрыва и испускаемое продуктами деления и другими продуктами взрыва, ставшими радиоактивными под действием нейтронной активации.
<b>Отражательная способность (оптическая)</b>	Способность поверхности какой-либо среды отражать падающее излучение в среду, из которой оно исходит.
<b>Первичная продукция</b>	Продукт биологического производства фотосинтезирующих растений – основа всех, за исключением немногих, трофических цепей.
<b>Период полураспада</b>	Характерный для каждого радиоактивного изотопа промежуток времени, за который число радиоактивных атомов данного изотопа уменьшается вдвое.
<b>Пиролиз</b>	Разложение химических соединений на составные элементы под действием высокой температуры (без окисления).
<b>Пиротоксины</b>	Токсичные вещества, которые высвобождаются или образуются при пожарах.
<b>Проникающая радиация</b>	Поток нейтронов и гамма-излучение, испускаемые из зоны ядерного взрыва в течение периода, обычно ограничиваемого одной минутой.

<b>Пыль</b>	Минеральные частицы, отличные от дыма и сажи, содержащие углерод и имеющие различные оптические свойства.
<b>Радионуклид</b>	Радиоактивный изотоп, или разновидность атома.
<b>Рассеяние (оптическое)</b>	Способность частиц, взвешенных в среде с иным показателем преломления, частично или полностью отклонять падающее излучение во всевозможных направлениях без преобразования энергии. Рассеяние вместе с поглощением ведет к тому, что частицы, находящиеся в атмосфере, ослабляют излучение.
<b>С</b>	Градус Цельсия.
<b>Синергизм</b>	Такое взаимодействие двух явлений, при котором их совместный эффект количественно превосходит суммарный эффект этих же явлений, взятых по отдельности.
<b>Созревание (растений)</b>	Достижение репродуктивной зрелости и последующее завязывание семян, плодов и т.д.
<b>Солнечное излучение</b>	Весь спектр электромагнитного излучения, испускаемого Солнцем.
<b>Сортировка пострадавших</b>	Установление очередности оказания помощи пострадавшим при отсутствии адекватных ресурсов для оптимального лечения всех.
<b>Стратосфера</b>	Слой атмосферы, расположенный выше нижнего слоя атмосферы (тропосферы) и ниже мезосферы, т.е. на высоте от 10-20 км до 20-25 км (в зависимости от широты). Характеризуется непрерывной циркуляцией и наличием озонового слоя.
<b>Тайга</b>	Болотистое редколесье, изобилующее лишайником и представляющее собой переходную зону между бореальным лесом и тундрой.
<b>Тепловая инерция (океана)</b>	Замедленная реакция океанов на изменения температуры атмосферы и поверхности Земли вследствие их большого объема и высокой теплоемкости воды.

Тепловое излучение	Ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное излучение, испускаемое огненным шаром ядерного взрыва. При низких воздушных взрывах первоначально генерируется импульс УФ-излучения, за которым следует менее мощный импульс видимого и инфракрасного излучения.
Теплоемкость (океана)	Отношение количества теплоты, полученного или высвобожденного системой, к вызванному им изменению температуры. В силу высокой удельной теплоемкости воды и огромного объема океана температура воды в океане будет изменяться медленно даже при резких короткопериодных изменениях интенсивности солнечного излучения, достигающего поверхности планеты.
Теплосодержание	Синоним энтальпии – термодинамический потенциал, характеризующий состояние термодинамической системы при выборе в качестве переменных ее внутренней энергии, давления и объема. Перенос теплосодержания является важным атмосферным явлением.
Тонна (Ton)	Как правило, короткая тонна – 2000 фунтов.
Тонна (Tonne)	Метрическая тонна – 1000 килограммов.
Тринитротолуол	Обычное взрывчатое вещество (сокращение TNT).
Тропауза	Переходный слой между нестабильным нижним слоем – тропосферой – и относительно стабильной стратосферой.
Тропосфера	Нижний слой атмосферы от поверхности Земли до высоты 10–20 км (в зависимости от широты). Характеризуется понижением температуры с высотой, вертикальным направлением ветра и высоким содержанием водяного пара. Именно в этом слое развиваются процессы, определяющие погоду.
ТТАПС	Сокращенное название (по первым буквам фамилий авторов) важной публикации по климатическим последствиям ядерных взрывов (см. библиографию, Турко и др., 1983 год).

**Углеводороды**

В прямом значении – органические соединения, содержащие водород, однако в контексте данной темы этот термин зачастую используется в качестве синонима нефтехимических горючих материалов.

**Ударная волна**

Движущийся воздушный фронт высокого давления, который образуется в результате быстрого расширения газов при взрыве и под воздействием которого происходит сжатие окружающего воздуха.

**Ударный фронт**

Передняя граница ударной волны, распространяющейся во все стороны от места взрыва. Образуется в результате сжатия среды (например, воздуха или воды) под действием резкого расширения газов при взрыве.

**Удельная теплота**

Тепловая энергия, высвобождаемая или поглощаемая единицей массы вещества при фазовом переходе, например, теплота, необходимая для перехода воды в газообразное состояние.

**Ультрафиолетовое излучение**

Электромагнитное излучение с меньшей длиной волны, чем в видимой части спектра, и с большей длиной волны, чем у рентгеновских лучей (400–10 нм). Под его воздействием происходят многие важные фотохимические реакции в атмосфере, в частности образование стратосферного озона. Ультрафиолетовая область спектра подразделяется на отдельные диапазоны. Наиболее важным с биологической точки зрения является диапазон жесткого УФ-излучения (315–280 нм).

**УФ-излучение, жесткое УФ-излучение**

См. ультрафиолетовое излучение.

**Фотосинтез**

Фотохимический синтез сахаров из двуокиси углерода и воды в клетках автотрофных (обычно зеленых) растений. Лишь за несколькими исключениями, этот процесс лежит в основе всех трофических цепей, и от него зависят все формы жизни.

**Фотосинтетически активное излучение**

Излучение оранжево-красно-голубой части видимого электромагнитного спектра, наиболее эффективно стимулирующее фотосинтез.

Целлюлоза	Основной компонент клеточных стенок растений, на который приходится примерно 30 процентов вещества растительного происхождения.
Цельсия (градусы)	Единицы температуры (сокращение С).
Черный дождь	Дождь, загрязненный дымом и твердыми частицами, наблюдавшийся в Хиросиме и Нагасаки и свидетельствующий о начале вымывания твердых частиц, продуцированных пожарами от ядерного взрыва.
Численная имитация	Имитация какого-либо процесса путем аппроксимации с использованием численных методов.
Электромагнитный импульс	Мощный электромагнитный импульс в длинноволновом радиочастотном диапазоне. Сильное электромагнитное поле, возникающее при ядерном взрыве, особенно высотном, способно вывести из строя электрическое и электронное оборудование на больших пространствах.
Энь-Ниньо	Теплое южное течение у побережья Эквадора и Перу, которое в отдельных случаях может привести к временному сдвигу зоны тропических дождей и изменению процесса поднятия глубинных океанических вод в масштабах, достаточных для нарушения морских трофических цепей рыбного промысла.
ЭНУВАР	Исследование СКОПЕ по экологическим последствиям ядерной войны.

БИБЛИОГРАФИЯ

- Abakoumova, G. M. et al. 1986. Influence of smoke haze on the transmittance of the solar radiation and natural illumination. Meteorologia i Hydrologia, No. 11, pp. 24-30. (In Russian.)
- Aleksandrov, V. V. and G. M. Stenchikov. 1983. On the modelling of the climatic consequences of the nuclear war. Proceedings of Applied Mathematics, Moscow: Computing Centre of the USSR Academy of Sciences, 1983.
- Aleksandrov, V. V. and G. M. Stenchikov. 1984. Concerning a computational experiment: modelling the climatic consequences of nuclear war. Zhurnal Vycheslitel'noy Matematiki i Matematicheskoy Fiziki (Journal of Computational Mathematics and Mathematical Physics), vol. 24, No. 1, pp. 140-144. (In Russian, English translation pp. 87-90.)
- Andronova, A. V. and P. P. Anikin. 1986. Investigation of aerosol formation upon combustion of various materials and their optical properties. In Combustion of Heterogeneous and Gaseous Systems, pp. 124-127. Materials of the Eighth All-Union Symposium on Combustion and Explosion. Chemical Physics Institute of the USSR Academy of Sciences.
- Birks, J. W. and S. L. Stephens. 1986. Possible toxic environments following a nuclear war. In The Medical Implications of Nuclear War, eds. Solomon, F. and R. Q. Marston, pp. 155-166, National Academy Press, Washington, D.C.: Institute of Medicine. 619 p.
- Brinkman, A. W. and J. McGregor. 1983. Solar radiation in dense Saharan aerosol in Northern Nigeria. Quarterly Journal Royal Meteorological Society, vol. 109, pp. 831-897.
- Budyko, M. I., G. S. Golitsyn and Yu. A. Izrael. 1986. Global Climatic Catastrophes, Leningrad: Hydromet, Publishing House. 160 p.
- Bush, B. H. and R. D. Small. 1987. A note on the ignition of vegetation by nuclear weapons. Combustion Science and Technology, vol. 52, pp. 25-38.
- Cotton, W. R. 1985. Atmospheric convection and nuclear winter. American Scientist, vol. 73, pp. 275-280.
- Covey, C. 1987. Protracted climatic effects of massive smoke injection into the atmosphere. Nature, vol. 325, pp. 701-703.
- Covey, C., S. H. Schneider and S. L. Thompson. 1984. Global atmospheric effects of massive smoke injections from a nuclear war: results from general circulation model simulations. Nature, vol. 308, pp. 21-25.
- Crutzen, P. J. and J. W. Birks. 1982. The atmosphere after nuclear war: twilight at noon. Ambio, vol. 11, pp. 115-125. (Reprinted in The Aftermath: The Human and Ecological Consequences of Nuclear War, ed. Peterson, J., New York: Pantheon Books, 1983. 196 p.)



- Crutzen, P., I. E. Galbally, and C. Brühl. 1984. Atmospheric effects from post-nuclear fires. Climatic Change, vol. 6, pp. 323-364.
- Demchenko, C. F. and A. S. Ginsburg. 1986. Influence of radiation on the vertical development of a turbid atmospheric layer. Meteorology and Hydrology, No. 6, pp. 51-57.
- Dotto, L. 1986. Planet Earth in Jeopardy. Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore: John Wiley & Sons. 134 p.
- Ehrlich, P. R., J. Harte, M. A. Harwell, P. H. Raven, C. Sagan, G. M. Woodwell, J. Berry, E. S. Ayensu, A. H. Ehrlich, T. Eisner, S. J. Gould, H. D. Grover, R. Herrera, H. A. Mooney, N. Myers, D. Pimentel and J. M. Teal. 1983. Long-term biological consequences of nuclear war. Science, vol. 222, pp. 1293-1300.
- Ehrlich, P. R., C. Sagan, D. Kennedy and W. O. Roberts. 1984. The Cold and the Dark: The World After Nuclear War. New York: W. W. Norton & Company Inc. 229 p. (Also published in some countries as The Nuclear Winter: The World After Nuclear War, London: Sigwick and Jackson Limited, London. 227 p.)
- Ganopolsky, A. N. and G. L. Stenchikov. 1987. Numerical modelling of a nuclear winter: cooling of ocean upper mixed layer and relaxation of climate. (Presented at the SCOPE-ENUWAR Workshop, Bangkok, February 1987.)
- Ghan, S. J., M. C. MacCracken and J. J. Walton. 1987 a. The climatic response to large atmospheric smoke injections: sensitivity studies with a tropospheric general circulation model. Journal of Geophysical Research. (Submitted.)
- Ghan, S. J., M. C. MacCracken and J. J. Walton. 1987 b. Chronic effects of large atmospheric smoke injections: interactions with the ocean mixed layer, sea ice, and ground hydrology. Paper presented at the Defense Nuclear Agency, Global Effects Program Technical Meeting, Santa Barbara, California, 7-9 April 1987.
- Golitsyn, G. S. 1986 a. Climatic consequences of nuclear war. Paper presented at the ICSU Symposium on the Consequences of Nuclear War, Berne, 16 September 1986. Paris: ICSU Press.
- Golitsyn, G. S. 1986 b. Nuclear winter: new developments from the USSR. Environment, vol. 28, pp. 5-44.
- Golitsyn, G. S. and M. C. MacCracken. 1987. Atmospheric and climatic consequences of a major nuclear war: results of recent research. Geneva: World Meteorological Organization, WCP-142.
- Golitsyn, G. S. and N. A. Phillips. 1986. Possible climatic consequences of a major nuclear war. Geneva: World Meteorological Organization, WCP-113.
- Golitsyn, G. S. and A. Kh. Shukurov. 1987. Temperature effects of dust aerosols on the example of dust storms in Tadjikistan. Proceedings of the USSR Academy of Science, 1987.

- Gostintsev, Yu. A. 1986. Generation, vertical distribution and climatic effects of soot from nuclear blasts. Paper presented at the Second All-Union Conference of Scientists for Peace and Nuclear War Prevention, Moscow, 27-29 May 1986.
- Green, W., T. Cairns and J. Wright. 1987. New Zealand After Nuclear War. New Zealand Planning Council, Wellington, New Zealand. 166 p.
- Harwell, M. A. 1984. Nuclear Winter: The Human and Environmental Consequences of Nuclear War. New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo: Springer Verlag. 179 p.
- Harwell, M. A. and T. C. Hutchinson. 1986. Environmental Consequences of Nuclear War. Volume II. Ecological and Agricultural Effects, SCOPE 28, Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore: John Wiley & Sons. 517 p.
- Institute of Medicine. 1986. The Medical Implications of Nuclear War. Eds. Solomon, F. and R. Q. Marston, National Academy Press, Washington, D.C.: IOM. 619 p.
- Izrael, Yu. A. 1984. Ecology and Control of the State of Environment. Leningrad: Hydromet, Publishing House. 560 p.
- Kondratyev, K. Ya. and G. A. Nikolsky. 1986. Possible ecological consequences of nuclear war for atmosphere and climate. Review preprint, Moscow: Centre for International Projects. 48 p.
- Kondratyev, K. Ya., O. B. Vasilyev, V. S. Grishechkin. 1971. Concerning the spectral distribution of the radiative flux of heat into the atmosphere. Doklady Acad. Sci. USSR, vol. 198, pp. 322-327.
- Malone, R. C., L. H. Auer, G. A. Glatzmaier, M. C. Wood. and O. B. Toon. 1986. Nuclear winter: three-dimensional simulations including interactive transport, scavenging and solar heating of smoke. Journal of Geophysical Research, vol. 91, pp. 1039-1053.
- Malone, R. C. 1987. A comparison of Eulerian and Lagrangian methods for tracer transport in a GCM. Paper presented at the Defense Nuclear Agency Global Effects Technical Meeting, 7-9 April 1987, Santa Barbara, California.
- Mulholland, G. 1986. Smoke emission. Paper presented at the Defense Nuclear Agency/National Bureau of Standards Workshop on Smoke Emission and Properties, 13-14 November 1986, Gaithersburg, Maryland.
- National Research Council. 1975. Long-term Worldwide Effects of Multiple Nuclear Weapons Detonations. Washington, D.C.: National Academy Press. 213 p.
- National Research Council. 1985. The Effects on the Atmosphere of a Major Nuclear Exchange. Washington, D.C.: National Academy Press. 193 p.
- Patterson, E. M., C. K. McMahon and D. E. Ward. 1986. Absorption properties and graphitic carbon emission factors of forest fire. Geophysics Research Letters, vol. 13, pp. 129-132.

- Penner, J. 1986. Uncertainties in the smoke source term for nuclear winter studies. Nature, vol. 324, pp. 222-226.
- Peterson, J. Ed. 1983. The Aftermath: The Human and Ecological Consequences of Nuclear War. New York: Pantheon Books. 96 p.
- Pittock, A. B. 1987. Nuclear Winter in Australia and New Zealand: Beyond Darkness. South Melbourne: The Macmillan Company of Australia Pty. Ltd. 264 p.
- Pittock, A. B., T. P. Ackerman, P. J. Crutzen, M. C. MacCracken, C. S. Shapiro and R. P. Turco. 1986. Environmental Consequences of Nuclear War. Volume I. Physical and Atmospheric Effects, SCOPE 28, Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore: John Wiley & Sons. 360 p.
- Robock, A. 1984. Snow and ice feedbacks for prolonged effects of nuclear winter. Nature, vol. 310, pp. 667-670.
- Robock, A. 1988. Cooling from 1987 forest fires. Paper presented at the DNA Global Effects Program Technical Meeting, 19-21 April 1988, Santa Barbara, California.
- Royal Society of Canada. 1985. Nuclear Winter and Associated Effects: A Canadian Appraisal of the Environmental Impact of Nuclear War. Ottawa: Royal Society of Canada. 382 p.
- Schneider, S. H. 1987. Climate modelling. Scientific American, May 1987, pp. 72-80.
- Schneider, S. H. and R. Londer. 1984. The Co-evolution of Climate and Life, San Francisco: Sierra Club Books. 563 p.
- Seshu, D. V., T. Woodhead, D. P. Garrity and L. R. Oldeman. 1987. Production and vulnerability of rice as affected by weather and climate. Paper distributed at the SCOPE-ENUWAR workshop, Geneva, 16-20 November 1987.
- Small, R. D. and B. H. Bush. 1985. Smoke production from nuclear explosions in non-urban areas. Science, vol. 229, pp. 46-469.
- Small, R. D., B. H. Bush and M. A. Dore. 1987. SCOPE Conference paper GE.02.87, Geneva, 1987.
- Small, R. D., B. H. Bush and M. A. Dore. 1988. Initial smoke distribution for nuclear winter calculations. Aerosol Science and Technology (in press).
- Small, R. D. and K. E. Heikes. 1988. Early cloud formation by large area fires. Journal of Applied Meteorology (in press).
- Sokolik, I. N., T. A. Tarasova and E. M. Feigelson. 1986. Optical characteristics of the smoky atmosphere and radiative heating. Meteorologia i Hydrologia, No. 11, pp. 31-36. (In Russian.)

- Stenchikov, G. L. and P. Carl. 1985. Climate consequences of nuclear war: sensitivity to large-scale inhomogeneities in the initial atmospheric pollution. Preprint, GDR Academy of Sciences. 90 p.
- Stenchikov, G. L. 1986. Climatic consequences of nuclear war: numerical experiments with a hydrodynamical climate model. In Climatic and Biological Consequences of Nuclear War, Moscow: Nauka, pp. 66-99.
- Stephens, S. L., J. G. Calvert and J. W. Birks. 1988. Ozone as a sink for atmospheric carbon aerosols: today and following nuclear war. Paper presented at the SCOPE-ENUWAR workshop in Moscow, 21-25 March 1988.
- Svirezhev, Yu. M., G. A. Alexandrov, P. L. Arkhipov, A. D. Armand, N. V. Belotelov, E. A. Denisenko, S. V. Fesenko, V. F. Krapivin, D. O. Logofet, L. L. Ovsyannikov, S. B. Pak, V. P. Pasekov, N. F. Pisarenko, V. N. Razzevaikin, D. A. Sarancha, M. A. Semenov, D. A. Smidt, G. L. Stenchikov, A. M. Tarko, M. A. Vedjushkin, L. P. Vilikova, and A. A. Voinov. 1985. Ecological and Demographic Consequences of a Nuclear War. Moscow: Computing Centre, USSR Academy of Sciences. 282 p.
- Thompson, S. L., V. Ramaswamy and C. Covey. 1987. Atmospheric effects of nuclear war aerosols in General Circulation Model simulations: influence of smoke optical properties. Journal of Geophysical Research, vol. 92, No. D9, pp. 10942-10960.
- Tripoli, G. J. and S. W. Kang. 1987. A numerical simulation of the smoke plume generated by a hypothetical urban fire near San Jose, California. SCOPE-ENUWAR Paper BA.01.87.
- Turco, R. P., O. B. Toon, T. P. Ackerman, J. B. Pollack and C. Sagan. 1983. Nuclear winter: global consequences of multiple nuclear explosions. Science, vol. 222, pp. 1283-1292.
- United Nations. 1981. Comprehensive Study on Nuclear Weapons, New York: United Nations, Sales No. E.81.I.11.
- United Nations. 1985. Climatic effects of nuclear war, including nuclear winter, a compilation. General Assembly document A/40/449 and Corr.1 and 2, New York: United Nations.
- Velikhov, Ye. P. 1985. (Ed.) The Night After: Climatological and Biological Consequences of Nuclear War. Moscow: Mir, 1985.
- Veltishchev, N. N., A. S. Ginsburg, and G. S. Golitsyn. 1987. Comparative analysis of mass "nuclear" and natural forest fires. (Submitted Izvestia Atmos. Oceanic Physics.)
- Vupputuri, R. K. R. 1986. The effect of ozone photochemistry on atmospheric and surface temperature changes due to large atmospheric injections of smoke and NO<sub>x</sub> by a large-scale nuclear war. Atmospheric Environment, vol. 20, pp. 665-680.

- World Health Organization. 1984. Effects of Nuclear War on Health and Health Services. Geneva: WHO. 176 p.
- World Health Organization. 1987. Effects of Nuclear War on Health and Health Services. Second edition, Geneva: WHO. 179 p.
- Woodie, W. L., D. Remetch and R. D. Small. 1984. Battlefield Fires from Tactical Nuclear Weapons. Defense Nuclear Agency, Report DNA-TR-86-235, 15 November 1984.
- Xu, Guo-chang, Ghenm, Min-lian and Wu, Guo-Xiant. 1979. On an extraordinarily heavy sandstorm on April 22nd in Gansu. Acta Meteorologia Sinica, vol. 37, pp. 27-35.
- Zak, B. 1987. Plume characterization studies of hydrocarbon pool fires. Paper presented at the Defense Nuclear Agency Global Effects Program Meeting, 7-9 April 1987, Santa Barbara, California.