ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования

Саратовский Государственный Университет имени Н.Г. Чернышевского

Социологический факультет.

Реферат на тему:

Ядерная зима

Выполнила студентка 321 группы

Аршук Алена

Г. Саратов 2010 год

Ядерная зима.

Во всем мире после трагедий Хиросимы и Нагасаки начали изучать последствия возможной ядерной войны - разрушения от мощнейших взрывов, распространение радиации, биологические поражения. В 80-е годы были предприняты исследования, посвященные и климатическим эффектам, известным теперь как "ядерная зима".

Огненный шар ядерного взрыва сжигает или обугливает объекты на значительном удалении от эпицентра. Около 1/3 энергии взрыва, произошедшего на небольшой высоте, выделяется в виде интенсивного светового импульса. Так, в 10 км от эпицентра взрыва мощностью 1 Мт световая вспышка в первые секунды в тысячи раз ярче солнца. За это время загораются бумага, ткани и другие легко воспламеняющиеся материалы. Человек получает ожоги третьей степени. Возникающие очаги пламени (первичные пожары) частично гасятся мощной воздушной волной взрыва, но разлетающиеся искры, горящие обломки, брызги горящих нефтепродуктов, короткие замыкания в электросети вызывают обширные вторичные пожары, которые могут продолжаться много дней.

Когда множество независимых пожаров объединяются в один мощный очаг, образуется "огненный смерч", способный уничтожить огромный город (как в Дрездене и Гамбурге в конце второй мировой войны). Интенсивное выделение тепла в центре такого "смерча" поднимает вверх громадные массы воздуха, создавая ураганы у поверхности земли, которые подают все новые порции кислорода к очагу пожара. "Смерч" поднимает до стратосферы дым, пыль и сажу, которые образуют тучу, практически закрывающую солнечный свет, наступает "ядерная ночь" и, как следствие, "ядерная зима".

Расчеты количества аэрозоля, образующегося после таких пожаров, сделаны, исходя из средней величины 4 г горючего материала на 1 см2 поверхности, хотя в таких городах, как Нью-Йорк или Лондон, ее значение достигает 40 г/см2. По самым осторожным подсчетам, при ядерном конфликте (согласно среднему, так называемому "базовому" сценарию) образуется около 200 млн т аэрозоля, 30% которого составляет сильно поглощающий солнечный свет углерод . В результате район между 30о и 60о с. ш. будет лишен солнечного света на несколько недель.

Гигантские пожары, выделяющие в атмосферу огромное количество аэрозоля и вызывающие "ядерную ночь", до 80-х годов не учитывались учеными при оценках последствий ядерных взрывов. Впервые на чрезвычайную важность массовых пожаров для последующего каскада необратимых глобальных климатических и экологических изменений указал в 1982 г. немецкий ученый Пауль Крутцен.

Почему же ученые не замечали "ядерную зиму" в 40-70-х годах и можно ли теперь наши знания о последствиях ядерной войны считать окончательными?

Дело в том, что проводившиеся ядерные испытания все-таки были изолированными, одиночными взрывами, в то время как наиболее "мягкий" (100 Мт) сценарий ядерного конфликта, сопровождающийся "ядерной ночью", предусматривает удар по многим крупным городам. Кроме того, запрещенные ныне испытания проводились так, что при этом не возникало больших пожаров. Новые оценки потребовали тесного сотрудничества и взаимопонимания специалистов различных областей науки: климатологов, физиков, математиков, биологов. Только при таком комплексном междисциплинарном подходе, набирающем силу в последние годы, удалось понять всю совокупность взаимосвязанных явлений, казавшихся ранее разрозненными фактами. Немаловажно и то, что "ядерная зима" относится к глобальным проблемам, исследовать которые ученые научились лишь недавно.

Изучение и моделирование глобальных проблем началось по инициативе и под руководством Н.Н. Моисеева в ВЦ РАН в 70-е годы. Это исследование основывалось на представлении о том, что человек - часть биосферы, и его существование немыслимо вне биосферы. Наша цивилизация может выжить лишь в узком диапазоне параметров биосферы. Возрастающая мощь воздействия человека на окружающую среду выдвигает на первый план выбор стратегии развития общества, гарантирующей не только существование, но и совместную эволюцию (коэволюцию) человечества и окружающей среды.

Из известных ныне моделей различной сложности для расчета изменений климата в результате термоядерного конфликта одна из наиболее совершенных трехмерная гидродинамическая модель ВЦ РАН. Первые расчеты, проведенные по этой модели В.В. Александровым с коллегами под руководством Н.Н. Моисеева, дают географическое распределение всех метеорологических характеристик в зависимости от времени, прошедшего с момента ядерного конфликта, что делает результаты моделирования чрезвычайно наглядными, реально ощущаемыми. Сходные результаты по согласованному сценарию ядерной войны одновременно получили американские ученые. В дальнейших работах оценены эффекты, связанные с распространением аэрозолей, исследована зависимость характеристик "ядерной зимы" от начального распределения пожаров и высоты подъема сажевого облака. Проведены расчеты и для двух "предельных сценариев", взятых из работы группы К. Сагана: "жесткого" (суммарная мощность взрывов 10 000 Мт ) и "мягкого" (100 Мт).

В первом случае используется примерно 75% суммарного потенциала ядерных держав. Это так называемая всеобщая ядерная война, первичные, немедленные последствия которой характеризуются огромными масштабами гибели и разрушений. Во втором сценарии "расходуется" менее 1% имеющегося в мире ядерного арсенала. Правда, и это 8200 "хиросим" ("жесткий" вариант - почти миллион)!

Сажа, дым и пыль в атмосфере над регионами северного полушария, подвергшимися атакам, из-за глобальной циркуляции атмосферы распространятся на огромные площади, через 2 недели накрыв все Северное полушарие и частично Южное (рис.1). Немаловажно, сколько времени сажа и пыль будут находиться в атмосфере и создавать непрозрачную пелену. Частицы аэрозоля будут оседать на землю под действием силы тяжести и вымываться дождями. Продолжительность оседания зависит от размера частиц и высоты, на которой они оказались. Расчеты с использованием упомянутой модели показали, что аэрозоль в атмосфере сохранится значительно дольше, чем полагали прежде. Дело в том, что сажа, нагреваясь солнечными лучами, станет подниматься вверх вместе с нагретыми ею массами воздуха и выйдет из области образования осадков (рис.2). Приземный воздух окажется холоднее находящегося выше, и конвекция (включая испарение и выпадение осадков, так называемый круговорот воды в природе) значительно ослабеет, осадков станет меньше, так что аэрозоль будет вымываться гораздо медленнее, чем в обычных условиях. Все это приведет к тому, что "ядерная зима" затянется (рис.3, 4).

Итак, главным климатическим эффектом ядерной войны, независимо от ее сценария, станет "ядерная зима" - резкое, сильное (от 15о до 40о С в разных регионах) и длительное охлаждение воздуха над континентами. Особенно тяжелыми последствия оказались бы летом, когда над сушей в Северном полушарии температура упадет ниже точки замерзания воды. Иными словами, все живое, что не сгорит в пожарах, вымерзнет.

"Ядерная зима" повлекла бы за собой лавину губительных эффектов. Это прежде всего резкие температурные контрасты между сушей и океаном, поскольку последний обладает огромной термической инерцией, и воздух над ним охладится гораздо слабее. С другой стороны, как уже отмечалось, изменения в атмосфере подавят конвекцию, и над погруженными в ночь, скованными холодом континентами разразятся жестокие засухи. Если рассматриваемые события пришлись бы на лето, то примерно через 2 недели, как указывалось выше, температура у поверхности суши в Северном полушарии упадет ниже нуля, и солнечного света почти не будет. Растения не успеют приспособиться к низким температурам и погибнут. Если бы ядерная война началась в июле, то в Северном полушарии погибла бы вся растительность, а в Южном - частично (рис. 5). В тропиках и субтропиках она погибла бы почти мгновенно, ибо тропические леса могут существовать лишь в узком диапазоне температур и освещенности.

Многие животные в Северном полушарии также не выживут из-за недостатка пищи и сложности ее поиска в "ядерной ночи". В тропиках и субтропиках важным фактором будет холод. Погибнут многие виды млекопитающих, все птицы; рептилии могут сохраниться.

Если бы описываемые события происходили зимой, когда растения северной и средней полосы "спят", их судьбу при "ядерной зиме" определят морозы. Для каждого участка суши с известным соотношением пород деревьев, сравнивая температуры зимой и во время "ядерной зимы", а также данные о гибели деревьев в обычные и аномальные зимы с длительными морозами, можно оценить процент гибели деревьев при "ядерной зиме" (рис. 6).

Образовавшиеся на огромных площадях мертвые леса станут материалом для вторичных лесных пожаров. Разложение этой мертвой органики приведет к выбросу в атмосферу большого количества углекислого газа, нарушится глобальный цикл углерода. Уничтожение растительности (особенно в тропиках) вызовет активную эрозию почвы.

"Ядерная зима", несомненно, вызовет почти полное разрушение существующих ныне экосистем, и в частности агроэкосистем, столь важных для поддержания жизнедеятельности человека. Вымерзнут все плодовые деревья, виноградники и т. п. Погибнут все сельскохозяйственные животные, поскольку инфраструктура животноводства окажется разрушенной. Растительность частично может восстановиться (сохранятся семена), но этот процесс будет замедлен действием других факторов. "Радиационный шок" (резкий рост уровня ионизирующей радиации до 500-1000 рад) погубит большинство млекопитающих и птиц и вызовет серьезное лучевое поражение хвойных деревьев. Гигантские пожары уничтожат большую часть лесов, степей, сельскохозяйственных угодий. Во время ядерных взрывов произойдет выброс в атмосферу большого количества окислов азота и серы. Они выпадут на землю в виде пагубных для всего живого "кислотных дождей".

Любой из этих факторов крайне разрушителен для экосистем. Но хуже всего то, что после ядерного конфликта они будут действовать синергетически (т. е. не просто совместно, одновременно, а усиливая действие каждого).

Вопрос о достоверности и точности результатов, с научной точки зрения, чрезвычайно важен. Однако "критическая точка", после которой начинаются необратимые катастрофические изменения биосферы и климата Земли, уже определена: "ядерный порог", как отмечалось, очень невысок - порядка 100 Мт.

Никакая система противоракетной обороны не может быть на 100% непроницаемой. Между тем, для непоправимой беды хватит и 1% (1% существующего ядерного арсенала - это примерно 100 боеголовок баллистических ракет, по совокупной мощности равных 5000 "хиросимам").

Феномен "ядерной зимы" был всесторонне изучен мировым научным сообществом. В 1985 г. Научный комитет по изучению проблем защиты окружающей среды (СКОПЕ) выпустил подготовленное коллективом авторов из ряда стран двухтомное издание, посвященное оценкам климатических и экологических последствий ядерной войны.

"Расчеты показывают, - говорилось в нем, - что пыль и дым распространятся на тропики и большую часть Южного полушария. Таким образом, даже невоюющие страны, включая находящиеся вдалеке от района конфликта, будут испытывать его губительное воздействие. Индия, Бразилия, Нигерия или Индонезия могут быть разрушены в результате ядерной войны, несмотря на то, что на их территории не разорвется ни одна боеголовка... "Ядерная зима" означает существенное усиление масштабов страданий для человечества, включая нации и регионы, не вовлеченные непосредственно в ядерную войну... Ядерная война вызовет разрушение жизни на Земле, катастрофу, беспрецедентную в человеческой истории, и явится угрозой самому существованию человечества".

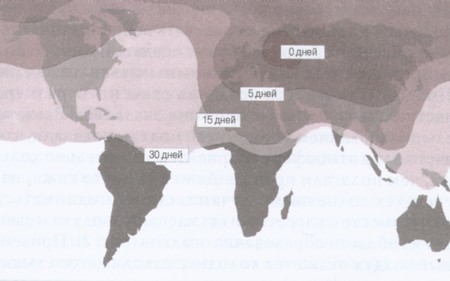


Рис. 1. Распространение дыма и пыли в атмосфере над поверхностью в первые 30 дней после ядерного конфликта ("0 дней" - начальная локализация выбросов в Восточной Европе).

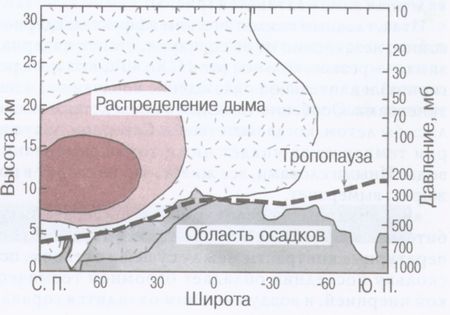


Рис. 2. Меридиональное сечение атмосферы. Показаны распределение дыма на 15-20 сутки и область формирования осадков.

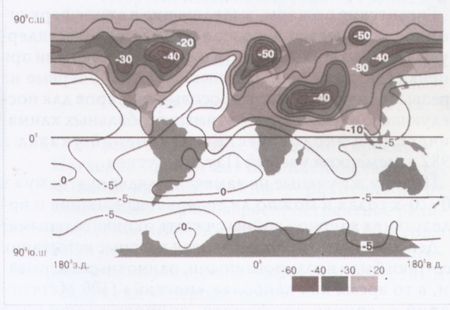
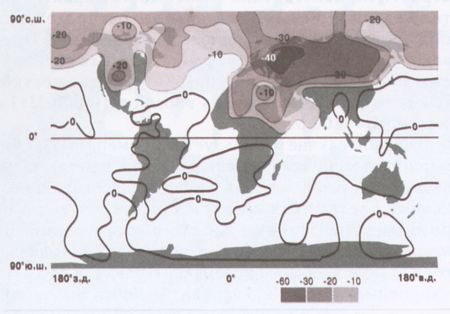


Рис. 3, 4. Изменение температуры воздуха у поверхности Земли через месяц после конфликта с "жестким" (мощность взрывов - 10 000 Мт) и "мягким" (100 Мт) сценариями.

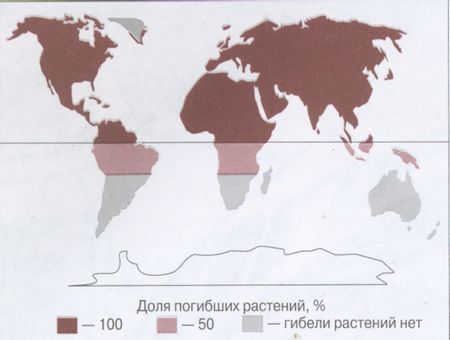


Рис. 5. Поражение растений при "ядерной зиме" в июле: 1 - гибель 100%, 2 - 50%, 3 - гибели нет.

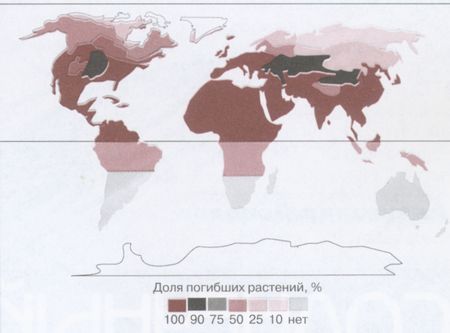


Рис. 6. Поражение растений при "ядерной зиме" в январе: 1 - 100%, 2 - 90% , 3 - 75% , 4 - 50%, 5 - 25%, 6 - 10%, 7 - гибели нет. Александр Михайлович Тарко - доктор физико-математических наук, профессор, сотрудник Вычислительного центра РАН - участвовал в разработке математических моделей экологии и климата, одна из которых получила название "ядерной зимы".

- Я - агностик. Я взял из Апокалипсиса числовые данные и сравнил их с данными глобальных последствий крупномасштабной ядерной войны, полученными на математических моделях. И обнаружил, что по прогнозам страшнее вроде получается... В Апокалипсисе говорится о трети погибших деревьев, тварей, людей, что "день потерял на треть свой свет и ночь также". "Дано было", чтобы люди "мучимы были пять месяцев". По нашим расчетам, в результате "ядерной зимы" и "ядерной ночи" должны погибнуть почти все млекопитающие, практически все птицы, до 80% деревьев. У нас "ядерная ночь" должна была быть более темной и продлиться почти год...

- С чего все началось?

- И у НАТО, и у Варшавского блока была концепция полномасштабной ядерной войны - ракетных ударов, которые должны были поразить в числе других целей крупные города. В 1983 г. собралась группа известных ученых-климатологов из разных стран, которые решили смоделировать последствия такой войны. Согласовали совместный сценарий: сколько горючего вещества будет распылено в атмосфере, на какую высоту они поднимутся, размер частиц: В результате группы ученых в СССР и Америке пришли к одному результату - сценарию "ядерной зимы". Несгоревшие в результате пожаров в городах органические частицы будут стремиться вверх и разлетятся по всему земному шару. Аэрозоль, как дымная пелена, за два месяца распространится по всей Земле. В какой бы стране ни взорвались бомбы - все перемешается. Лучи Солнца почти не будут доходить до поверхности Земли, температура воздуха в разных местах упадет на 10-50 градусов. К такому выводу пришли и мои коллеги - Владимир Александров со товарищи, работавшие под руководством академика Н.Н. Моисеева в Вычислительном центре РАН.

В сентябре 1983 г. "Институт жизни" - всемирно известная международная организация - проводил в Хельсинки симпозиум "Коэволюция человека и биосферы". Владимир Александров впервые докладывал там о результатах "ядерной зимы", показывал картинки... Слушатели были в шоке. Помню, у финского академика фон Рихта дрожали руки после доклада, он мне сказал, что прошел всю войну, но так страшно ему не было. Потом было много выступлений Александрова и в Папской академии наук в Ватикане, и в конгрессе США. Сенатор Эдвард Кеннеди публично признал, что та страна, которая начнет ядерную войну, все равно неминуемо погибнет от своих или чужих ядерных ударов. Он подчеркнул важность того, что расчеты "ядерной зимы" получены независимо американскими и русскими учеными.

- Как отнеслись к такому резкому повороту общественного сознания наши и американские спецведомства?

- Для них это было таким же шоком. Последствиями ядерной войны у американцев должна была заниматься знаменитая Ливерморская лаборатория, у нас - "компетентные организации". И те и другие прозевали эффект, возможность которого выявили независимые академические ученые! Позже специалисты из Ливермора заявили, что сделанные расчеты завышены, что, согласно их расчетам, эффект будет слабее... будет не "ядерная зима", а скорее "ядерная осень".

Далее события развивались как в детективе. Александрова, ставшего символом предотвращения ядерного безумия, пригласили в город Кордова (Испания) на конференцию мэров неядерных городов. Он поехал туда... и пропал. У людей, не знавших его, возникла мысль... не стал ли он невозвращенцем? Но его друзья (и здесь, и на Западе) в это не верили. Ведь он исчез за пару недель до защиты своей докторской диссертации. У нас он имел прекрасные перспективы... он уже был ученым с мировым именем, а впоследствии наверняка стал бы академиком. Здесь остались его жена и дочка, которых он очень любил. Его исчезновение было абсолютно таинственным. Правительство Испании не смогло его найти. За границей журналисты начали собственное расследование... опрашивали участников конференции, полицейских, водителей такси, но так ничего определенного и не узнали. Те, кто его видел в последние дни, отмечали странное поведение. Как будто его наркотиками накачали... Это до сих пор остается зловещей загадкой.

Вскоре должна была выйти наша совместная книга с ним и Никитой Моисеевым. Если бы у КГБ что-то на него было - книга с его фамилией не вышла бы ни за что. Но она вышла. Я поддерживаю связь с учеными во многих странах, о нем никто ничего не слышал до сих пор...

- Вы тоже рассчитывали "ядерную зиму"?

- Я занимался ее экологическими последствиями, оценивал гибель растений и животных после "ядерной ночи". Здесь результат был не такой "эффектный", как в моделях климата: не все погибнет - кое-что останется. Но когда все вокруг загублено, то вместо роз начинают расти сорняки, а вместо симпатичных зверушек-звушек - размножаться земноводные, крысы, насекомые.

Через год люди могли бы выйти из убежищ... Они оказались бы на земле с разрушенной инфраструктурой промышленности и сельского хозяйства, без многих растений, без диких животных, с измененным климатом, радиоактивной почвой и водой. Мы предположили, что чудесным образом останутся лошади. Без них обрабатывать почву люди не смогут. Для таких людей мы рассчитали возможность их выживания - хотя бы в течение 30-50 лет. Не было известно, какие тяготы способен переносить урбанизированный человек в условиях дикой, да еще "нарушенной" природы.

Для расчета выживаемости людей мы использовали и секретные тогда данные об условиях в блокадном Ленинграде. Оказалось, даже если эти несчастные и выживут в первые самые трудные 5 лет, то в течение последующих 30-40 все равно будет суровый голод. Одним словом, получалось, как описано в Библии: "живые позавидуют мертвым".

- А если ядерной войны не будет, человечество может спать спокойно?

- Общая задача ученых - оценить пределы устойчивости биосферы и возможности коэволюции (совместной эволюции) человека и природы. Ведь и без ядерной войны современное человечество может добиться ситуации, когда изуродованная биосфера останется, а человека уже не будет. Это может произойти после серии микрокатастроф. Останутся примитивные растения и животные, например сине-зеленые водоросли. Этот образ Никита Николаевич Моисеев активно внедрял в общественное сознание: представляете, на всей Земле никого нет - одни водоросли и животные-разлагатели.

В 1971 г. вышла знаменитая книга Джея Форрестера "Мировая динамика". Там предложена математическая модель: с ростом экономических ресурсов до некоторого момента резко растет население Земли, а после 2020 г. - сильный спад. Как ни крути, по этой модели ничего хорошего не получается: или загрязнение, или голод...

- Это как в анекдоте про Ивана-дурака: направо пойдешь - смертью умрешь, налево - конец придет, а на месте будешь стоять - головы не сносить... Можно ли избежать катастрофы?

- В свое время я стал решать задачу выживания на модели типа Форрестера и в некотором смысле решил. Дело в том, что там был заложен постоянный уровень научно-технического прогресса, соответствующий 70-м годам. Но если непрерывно развивать научно-технический прогресс - более наукоемкие и менее ресурсоемкие производства, - то получится меньше отходов, меньше загрязнение среды. Далее прогресс приведет к открытию новых источников энергии. Модель показала, что учет научно-технического прогресса может привести к положительному развитию человечества. Но это относится к развитым странам.

- То есть праздник опять не на нашей улице. А России модели хоть что-нибудь хорошее обещают?

- Не все так плохо. Например, при глобальном потеплении Россия окажется в лучшем положении, чем другие страны. При увеличении концентрации углекислоты в атмосфере температура на Земле повысится на 2-4 градуса, а в средних широтах - градусов на 8. Для ряда стран с сельскохозяйственным производством это будет катастрофой, а для нас - наоборот. Согласно некоторым расчетам, в результате глобального потепления Северный морской путь может стать реальностью, начнется освоение Арктики, откроются дополнительные обширные сельхозугодья на Севере... Да и с технологиями передовыми все может у нас быть нормально - талантами не оскудели, была бы государственная воля...

Вообще математические модели не только предупреждают об опасностях, но и помогают ответить на вопрос, куда направлять усилия. Модели указывают выход из кризиса, но не могут заставить человечество ему следовать.. В конце 1983 года состоялась международная научная конференция, созванная по инициативе группы ученых — противников гонки вооружений. В работе конференции принимала участие и делегация советских ученых. На конференции был зачитан доклад «Моделирование климатических последствий ядерной войны», подготовленный сотрудниками Вычислительного центра АН СССР. Предлагаем статью кандидата физико-математических наук В. АЛЕКСАНДРОВА и академика Н. МОИСЕЕВА, рассказывающую об итогах работы конференции. Полностью статья опубликована в журнале «Вестник Академии наук СССР», № II, 1984 год.

«…И хотя на 40-й день после обмена ядерными ударами падение температуры в Северном полушарии составляет в среднем 12,9°, в отдельных районах оно будет намного большим: на Аляске и в центральных районах Северной Америки — 36°, на восточном побережье Северной Америки — 40°, в Центральной Европе — 51°, на Кольском полуострове — 56°, в низких широтах самое большое похолодание наблюдается на Аравийском полуострове — 51°; на 243-й день температура несколько повышается, но на северо-востоке Америки она все еще на 32° ниже среднегодовой, в Центральной Европе — на 30°, на Аравийском полуострове — на 24°, в Центральной Африке — на 10°; на этом этапе обнаруживается и новый важный эффект…»

Многие фрагменты доклада «Моделирование климатических последствий ядерной войны», с которым один из авторов настоящей статьи выступал 1 ноября 1983 года на международной конференции «Мир после ядерной войны», можно было принять за отрывки из очередного фантастического романа-предупреждения в модном сегодня на Западе документальном стиле. Даже сама идея предсказывать изменения температуры на 40-й, 243-й, 380-й день после ядерного конфликта легко могла бы показаться пустой игрой фантазии. Однако более девятисот ученых, собравшихся в зале вашингтонского отеля «Шератон», отнеслись к выслушанному вполне серьезно. Не было даже обычных шуток, связанных с предсказаниями погоды.

Конечно, само содержание доклада не настраивало на шутливый лад — было очевидно, что климатические воздействия даже не самого сильного по современным возможностям ядерного конфликта не оставляют шансов на выживание никому на планете. Но дело было еще и в другом. Перед нами на ту же тему говорил руководитель Национального центра атмосферных исследований (США) профессор Шнайдер, который сообщил о результатах расчетов изменения климата на планете в первые двадцать дней после ядерной войны. Наши расчеты были выполнены на совершенно иных машинах, по другим программам, охватывали куда более длительный период и, главное, основывались на совершенно иной в методологическом отношении модели. Обе группы даже не знали о работах друг друга. И тем не менее прогнозы на первые три недели неожиданно для самих их авторов оказались очень близки. Не только общие тенденции изменения климата Земли, но и средние температуры, и расположение зон с экстремальным похолоданием, и картина движения воздушных масс — все совпало буквально до деталей. Это совпадение, которое заставило с доверием отнестись и к более долгосрочным прогнозам, само по себе было сенсацией — в известном смысле не меньшей, чем приводимые в докладе цифры.

То, что две группы в разных странах независимо друг от друга взялись за такие расчеты, было неожиданностью, но отнюдь не случайностью. У этого совпадения была своя история — история многолетних усилий ученых разных стран, разных специальностей, взявшихся за изучение возможных климатических последствий ядерной войны. Их целью было окончательно доказать средствами науки полную невозможность использования ядерного оружия как средства решения каких бы то ни было политических или экономических противоречий. И двойной доклад на конференции, как отмечали ее участники, а позднее и многие политические деятели, был успешным промежуточным итогом этой долгой общей работы.

Уже почти четыре десятилетия — с тех самых пор, как над миром нависла угроза ядерного конфликта, — прогрессивные ученые всего мира пишут книги и статьи, выступают с заявлениями, активно участвуют в антивоенных движениях. С ростом международной напряженности в последние годы выступления ученых против войны стали еще активнее. Достаточно вспомнить Декларацию о предотвращении ядерной войны, принятую руководителями академий наук ряда стран и представителями международных научных обществ, обращение группы членов Академии наук СССР ко всем ученым мира, выступления советских и зарубежных ученых на Всесоюзной конференции за избавление человечества от угрозы ядерной войны, за разоружение и мир1, действия многочисленных национальных движений ученых за предотвращение ядерной войны.

К сожалению, в большинстве публикуемых учеными материалов о возможных последствиях ядерной войны до сих пор преобладали качественные оценки. Но в наш рациональный век людей больше всего убеждают именно цифры, и их-то порой не хватало. Недостаточная определенность в оценках последствий войны открывала путь различным домыслам о ее допустимости, о возможности победы в ней, служила оправданием политики военно-промышленных комплексов, направленной на расширение ядерных арсеналов. К тому же внимание ученых чаще всего сосредоточивалось на непосредственных эффектах ядерных взрывов, прежде всего на действии проникающей радиации и радиоактивном заражении местности. О более отдаленных, глобальных последствиях, в том числе и климатических, думали меньше, хотя отдельные попытки представить такие последствия были. При этом исходили из того, что ядерный взрыв выбросит в атмосферу огромное количество пыли и аэрозолей, и образовавшееся облако экранирует солнечные лучи, так что температура на Земле может понизиться. Хотя особой уверенности в этом не было — ведь аэрозоли бывают разные, и от некоторых из них атмосфера может, напротив, начать перегреваться из-за уменьшения альбедо. А возможно, перегрев и переохлаждение вообще уравновесят друг друга, так что ничего не произойдет… Обращали внимание на самый близкий, казалось бы, природный аналог ядерных взрывов — извержения вулканов. Вспоминали об одном из самых сильных извержений — извержении вулкана Самбора в 1815 году, когда в атмосферу было выброшено около 100 кубических километров пыли, плававшей там около двух лет. Тогда в Европе действительно было очень холодное лето — «лето без лета», как отмечали современники. А ведь, как показывают расчеты, такой выброс пыли соответствует выбросу ее от ядерного взрыва мощностью примерно 1000 Мт — больше 70 тысяч бомб, сброшенных на Хиросиму. Понижение средней температуры на 1-2 градуса — действительно не самое страшное, чего может ждать человечество от ядерного конфликта подобных масштабов. Успокоившись на этой мысли, ученые не стали глубже вникать в возможные климатические последствия ядерной войны, сосредоточившись на более непосредственных и впечатляющих опасностях.

На то, что аналогия между ядерным взрывом и извержением вулкана некорректна, что дело тут главным образом не в мощности взрывов, одним из первых обратил внимание директор института имени М. Планка (ФРГ) П. Крутцен. Вероятно, то обстоятельство, что этим заинтересовались именно здесь, не случайно. У немцев в памяти были катастрофические последствия бомбардировок Гамбурга и Дрездена с их чудовищными пожарами, уничтожившими больше людей, чем атомные взрывы в Хиросиме и Нагасаки, где, несмотря на гигантскую удельную энергию взрывов, пожары были не столь разрушительными. Крутцен проанализировал протекающие при этом процессы самоподдерживающейся реакции и пришел к выводу, что главная причина сравнительно более сильных пожаров — более высокая этажность немецких городов: на относительно узких улицах с высокими домами создавались условия для мощнейшего подсоса воздуха, который обеспечивал возникновение самораспространяющейся реакции с постоянным повышением температуры (до 1000- 1200 градусов Цельсия) и, соответственно, с загоранием все новых материалов. Возникающее атмосферное явление Крутцен назвал «огненным торнадо». Одно из отличительных его свойств в условиях города с высокой этажностью — огромная мощность и высота (до 20 километров) восходящих потоков воздуха, приводящая к выбросу в атмосферу до самой тропопаузы огромных количеств сажи и других продуктов сгорания.

В современных городах сосредоточено огромное количество горючих материалов (по некоторым расчетам, 10-40 граммов на квадратный сантиметр площади), и не просто горючих, а способных образовывать гигантские массы сажи и других темных продуктов сгорания пластики, нефть в нефтехранилищах и т. п. А высокая этажность современных городов создает идеальные условия для подсоса воздуха. Крутцен подсчитал, что если сегодня в результате «огненного торнадо» сгорит крупный город с населением в несколько миллионов человек, прозрачность атмосферы на достаточно большой площади понизится в 10 миллионов раз.

Эти расчеты, выполненные в 1978-1979 годах, заставили ученых изменить взгляды на климатические последствия ядерной войны и на опасность «климатической сверхбомбы». Стало ясно, что в современных условиях климатические последствия взрывов зависят не столько от их мощности, сколько от того, где они произойдут. А при любых сценариях ядерного конфликта одной из главных целей оказываются именно города.

Важность результатов Крутцена одним из первых оценил известный американский астроном и популяризатор науки К. Саган, возглавляющий лабораторию планетной астрономии в Корнеллском университете. По его собственным словам, интерес к этой проблеме у него вызвали данные о пыльных бурях на Марсе, приводящих к глобальному запылению атмосферы планеты (о них еще будет сказано ниже), а также высказанная недавно гипотеза о причинах вымирания динозавров и многих других биологических видов (ряд ученых полагают, что они вымерли из-за резкого похолодания на Земле, вызванного столкновением нашей планеты с крупным метеоритом или астероидом, и долговременным загрязнением атмосферы пылевыми выбросами). Под руководством Сагана группа ученых, используя данные Крутцена об «огненном торнадо», разработала сценарий, точнее, целый набор сценариев воздействия разных «вариантов» ядерной войны на атмосферу и климат Земли.

По основному («базовому») сценарию происходит обмен ядерными ударами суммарной мощностью в 5000 Мт, 20 процентов которой приходится на промышленные районы, в том числе на тысячу крупных городов. В остальных сценариях мощность варьируется от 100 до 25000 Мт, а доля, приходящаяся на города и индустриальные районы,- от 10 до 33 процентов (бомбардировка городов, по мнению авторов сценария, основанному на тщательном изучении соответствующей литературы, неизбежна: слишком много приоритетных военно-промышленных целей расположено в городах или поблизости от них, а «хирургические» удары по этим изолированным целям технически невозможны из-за большой — свыше 100 кт — мощности стратегических боеголовок). Авторы сценария оценили масштабы выброса пыли и сажи и возможные глобальные последствия этого выброса для климата: при всех возможных сценариях неизбежно быстрое и резкое похолодание. Климатические изменения по отдельным зонам и периодам не рассчитывались сколько-нибудь точно: как заметили авторы в статье на страницах журнала «Science», даже падения температуры на 5-10 градусов, соответствующего самым «мягким» сценариям охлаждения, вполне достаточно, чтобы превратить лето в зиму.

Общий вывод Сагана и его сотрудников по всем сценариям выражался двумя понятиями: «ядерная зима» и «ядерная ночь».

«Сценарий Сагана» получил сравнительно широкую известность, и в марте 1983 года около ста ученых из разных стран собрались в Кембридже (Массачусетс), чтобы обсудить его. Один из авторов настоящей статьи, участвовавший в обсуждении, привез экземпляр сценария в ВЦ АН СССР, и мы решили пойти дальше: посмотреть на математической модели, как же будут развиваться события, если «базовый сценарий» воплотится в жизнь. ВЦ АН СССР был, пожалуй, единственным учреждением в мире, где можно было выполнить соответствующие расчеты: там уже имелась математическая модель «климатической машины» нашей планеты, создававшаяся на протяжении нескольких лет как подсистема глобальной модели биосферы. Она представляет собой систему математических моделей, отражающих в весьма укрупненном и обобщенном виде основные процессы, которые определяют климат нашей планеты, и их взаимовлияние. Эта модель специально рассчитана на то, чтобы ставить на ней математические эксперименты типа «А что, если…», и на ней оказалось возможным подсчитать более долговременные последствия глобального катаклизма.

Лето 1983 года сектор климатических моделей ВЦ АН СССР провел в многовариантных расчетах по «сценарию Сагана». Выяснилось, в частности, что двумя основными факторами, влияющими на динамику климата, будут замутнение атмосферы и полная перестройка циркуляции атмосферы из-за громадной разницы температур между различными регионами. В обычных условиях воздушные бассейны над Северным и Южным полушариями образуют две изолированные «климатические ячейки», разделенные экваториальной зоной; после образования над Северным полушарием ядерного облака формируется единый мощный воздушный поток, охватывающий оба полушария. В результате этих процессов, несмотря на гигантское выделение тепла при пожарах, уже в середине первого месяца после конфликта температура в Северном полушарии упадет на 15-20 градусов, а в отдельных районах и гораздо больше — с этого утверждения и началась наша статья. К тому же времени из-за изменений в циркуляции воздуха черное облако начнет проникать в Южное полушарие, где через некоторое время температура почти уравняется с температурой Северного полушария. При этом верхние слои задымленной атмосферы нагреваются гораздо сильнее, чем до взрывов: ведь альбедо Земли уменьшается. Но только верхние. Подстилающая поверхность и нижние слои атмосферы прогреваются куда медленнее.

Отсутствие вертикальной конвекции (более легкие горячие слои и так располагаются над более холодными) резко затормозит осаждение пыли. Еще больше затормозит его практически полное отсутствие осадков: из-за слишком большого количества пылинок в атмосфере капли влаги просто не смогут конденсироваться до нужного размера, да и относительная влажность перегретой атмосферы будет невелика. Однако, хотя осадков во внутренних районах континентов не будет, примерно через полгода после конфликта очень вероятны мощнейшие наводнения континентальных масштабов: на высоте 6-8 километров температура поднимется до нескольких десятков градусов выше нуля, и начнется бурное таяние ледников.

Океан в отличие от суши и атмосферы над ней охладится всего на несколько градусов — теплоемкость его слишком велика. И разница между температурой суши и океана приведет к невиданной силы ураганам.

Но мы не станем поражать воображение читателя, нагнетая ужасы. Мы расскажем о другом — об усилиях «международной бригады» ученых разных специальностей, пытавшихся, как бы принимая друг от друга эстафету, выявить еще одну, и, как нам кажется, главную, опасность, которую несет человечеству гонка ядерных вооружений.

Выполненные нами расчеты и были представлены на международную конференцию «Мир после ядерной войны», которая была созвана группой американских естествоиспытателей — противников гонки вооружений в Вашингтоне 31 октября — 1 ноября 1983 года под председательством видного американского эколога Г. Вудвелла К. Саган и П. Крутцен рассказали о проведенных ими расчетах «ядерной ночи» и «огненного торнадо». Эколог П. Эрлих, один из самых популярных в Америке ученых, известный своими яркими и острыми выступлениями в печати и по телевидению, сообщил о прогнозах прямых экологических последствий ядерных ударов.

Но все же, как нам кажется, главным «гвоздем» конференции были доклады о климатических последствиях войны. В общем виде их анализ содержался уже в докладе К. Сагана, прочитанном в первый день конференции. На следующий день были заслушаны два «модельных» доклада, о которых мы говорили. Модель, созданная в Национальном центре атмосферных исследований, существенно отличалась от нашей: она гораздо детальнее описывала динамику атмосферы, но никак не учитывала влияния океана — слишком большая детализация не позволяла даже на таких мощных ЭВМ, которыми располагали наши американские коллеги, представить динамику атмосферы и океана в едином блоке: модель оказывалась «необозримой». Инерционное влияние океана начинало сказываться к концу третьей недели, и расчеты американской группы охватывали лишь первые 20 дней после взрывов. Наши расчеты охватывали первые 380 дней. При этом, несмотря на куда более общий и «приближенный» характер нашей модели, наши расчеты на первые 20 дней, как уже отмечалось, до мелочей совпали с американскими, основанными на куда более детальных представлениях. Это означало, что выбранная нами степень приближения была оптимальна: точность описания не страдала, а широта охвата возросла во много раз. Это было убедительным подтверждением обоснованности всей нашей концепции «минимальной модели» и самого принципа системного анализа, как мы его понимаем, ориентации на математическое моделирование комплекса наиболее существенных факторов и их взаимодействий.

На той же конференции был заслушан еще один «климатический» доклад, подготовленный членом-корреспондентом АН СССР Г. С. Голицыным и А. С. Гинзбургом. Он в известном смысле содержал «эмпирическое подтверждение» наших и американских расчетов. К счастью, лишь косвенное подтверждение. Оно было получено при изучении марсианских пыльных бурь, тех самых, которые навели К. Сагана на мысль о разработке «сценария загрязнения». Явления, происходящие в марсианской атмосфере во время этих бурь, можно рассматривать как определенный аналог изменений в атмосфере нашей планеты при ядерном конфликте. Наблюдения с помощью радиотелескопов и измерения, проведенные американскими станциями «Маринер» и «Викинг», свидетельствуют, что спустя всего восемь дней после начала бури пыль разносится по всей атмосфере Марса. При этом она нагревается на 30 градусов, а поверхность планеты остывает на 10-15 градусов. А когда с помощью специально разработанного математического аппарата был сделан пересчет собранных данных на «земные условия», оказалось, что эти данные довольно близки тем, которые получаются в ходе математических экспериментов над «сценарием Сагана».

Один из вариантов сценария предусматривал, что на города сбрасывается не 5000-6000 Мт, а всего 100 Мт — примерно столько, сколько составляют в сумме ядерные боеголовки ракет на одной подводной лодке США. После конференции мы посчитали и этот вариант. По климатическому эффекту он оказался очень близким «базисному сценарию». Правда, оптическая плотность атмосферы при этом увеличивается не на семь порядков, а «только» на три, но для нескольких месяцев «ядерной зимы», столь же суровой, что и при первом варианте, этого достаточно.

Казалось бы, как ни поражают воображение расчеты климатических последствий ядерной войны, значение их скорее теоретическое. О том, что ядерная война ужасна, чудовищна, несет гибель цивилизации и всему человечеству, написано достаточно, и какие-то дополнительные ужасы ничего качественно нового к этой картине не добавляют. На самом деле это не так Результаты расчетов заставляют взглянуть на всю проблему ядерной войны по-новому по крайней мере в двух отношениях.

Во-первых, до сих пор можно было рассчитывать, что ужасы ядерной войны обойдут какие-то уголки, что потери будут громадными, но все же ограниченными, что какие-то регионы вообще не будут затронуты войной и смогут даже что-то выиграть от взаимного ослабления или уничтожения участников конфликта. Цифры показывают, что надеяться на это не приходится. В отличие от непосредственных фактов ядерного поражения факторы климатические носят глобальный характер. «Ядерная зима» и «ядерная ночь», отсутствие света, пищи, пресной воды, отравление атмосферы токсичными газами затронут всю планету в равной степени. В этой войне не может быть не только победителей и побежденных, но даже нейтральных. Причем роковым может оказаться и сравнительно небольшой ядерный конфликт. Значит, приобщение каждой новой страны к ядерным арсеналам увеличивает угрозу не только для ее потенциальных противников, но и для всего мира, становится предметом законной озабоченности всех остальных стран — и ядерных, и неядерных.

Еще важнее другое — меняется само представление о главных источниках опасности для того, кто первым «нажмет кнопку». До сих пор представление о риске первого ядерного удара связывалось в основном с пониманием неотвратимости возмездия. Теперь ясно: всякий достаточно мощный ядерный удар производится по всему человечеству, в том числе и по тем, кто его наносит. Возмездие — автоматическое и неотвратимое — заложено уже в самом этом ударе. И тем более страшное, чем удар страшнее, эффективнее, точнее. Грань между ядерным убийством и ядерным самоубийством, преступлением и наказанием попросту стирается: по ком бы ни звонил колокол ядерной смерти, он всегда будет звонить по тебе.

Но запрет на применение ядерного оружия мало «вычислить». Необходимо добиться, чтобы он из «модельного запрета» — граничного условия модели — превратился в абсолютный политический, нравственный, военный императив. И значит, просветительная функция науки оказывается едва ли не самой главной из ее функций. Ученые, собравшиеся в отеле «Шератон», хорошо это понимали. И после конференции их усилия были направлены прежде всего на то, чтобы донести эти новые представления до осознания народов, политических и военных деятелей.

Сразу по окончании конференции совместными усилиями советских и американских специалистов был организован телемост Москва — Вашингтон. С помощью спутника связи была установлена прямая телевизионная связь между залом «Шератона» и телестудией в Останкине. Большие группы советских и американских ученых имели возможность обсудить результаты своих исследований, обменяться информацией, уточнить данные. Но главная цель «моста», разумеется, в другом. Проходившая дискуссия была записана на видеомагнитофон и показана по телевидению в обеих странах (правда, в США только по кабельному телевидению, охватывающему куда меньшую аудиторию, чем обычные телепрограммы).

Вскоре группа советских ученых в составе вице-президента АН СССР академика Е. П. Велихова, академика АМН СССР А. С. Павлова, В. В. Александрова и С. П. Капицы была приглашена вместе со своими американскими коллегами выступить в сенате США и официально сообщить там новые данные о климатических и других глобальных последствиях ядерной войны. Сам факт этого приглашения показателен: никогда прежде советского ученого, да и вообще советского человека, не приглашали давать официальные показания в высшем законодательном органе США. Во время слушаний выявилось полное совпадение позиций советских и американских ученых. Сенатор-республиканец Хаттфилд даже поделился в этой связи одним наблюдением, которое показалось ему удивительным и вместе с тем глубоко симптоматичным. Оказывается, когда советский или американский ученый во время беседы или публичного выступления не мог сразу подобрать нужные слова и на помощь ему приходили коллеги, подсказанное ими слово или выражение оказывалось в точности тем самым, которое ученый силился найти. Так бывало и тогда, когда американец подсказывал русскому или русский — американцу. Видимо, заметил сенатор, ученые, на зависть политикам, сумели выработать единый и точный язык, не зависящий от государственных границ.

П. Эрлих обратил внимание сенаторов на неизбежность гибели экосистемы Земли — и человека как ее части — в результате даже самого «мягкого» из сценариев ядерной войны. В его выступлении наиболее частым было слово «overkill» — «убийство с запасом», его употребляют, когда говорят об ударах по объекту, достаточных для многократного его уничтожения. Именно к этому ведут любые сценарии ядерной войны. На самом деле понижение среднегодовой температуры в Северном полушарии даже не на 20-30, а «всего» на 6-7 градусов будет означать, напомнил он, полную гибель урожаев. А это одно оказалось бы самым страшным бедствием из всех, какие когда-либо довелось переживать человечеству, даже если бы к нему не добавлялись прямые потери от ядерных ударов. В данных условиях глобальное заражение атмосферы радиоактивными осадками и токсичными газами, поражение ультрафиолетом из-за повреждений озонного экрана и т. п. будут уже просто излишними — тем самым «убийством с запасом».

А. С. Павлов добавил к сказанному американскими учеными еще одно важное соображение. Часто говорят о способности людей долгое время жить в экстремальных условиях и на этом основании называют страхи перед «ядерной зимой» преувеличенными. Но во всех случаях, на какие можно ссылаться как на успокоительные примеры, за спиной этих людей или групп стояла «большая земля», так или иначе им помогавшая. После ядерного столкновения никакой «большой земли» не останется, и способность людей к выживанию резко упадет.

Зашла речь и о более конкретных военно-политических выводах из полученных данных. К. Саган, продолжая мысли, высказанные в его сценарии и докладе, подчеркнул, что пока мы еще не можем точно назвать тот порог мощности, за которым ядерные взрывы ведут к уничтожению человечества, однако ясно, что такой порог существует и он весьма невысок — значительно ниже, чем уровень запасов в арсенале ядерных держав. Но тогда эти запасы бессмысленны: их нельзя использовать, не уничтожив всю планету, а вместе с ней и себя. В существующих условиях единственная разумная и даже единственно возможная политика — поддерживать общий суммарный уровень ядерных вооружений ниже порога «ядерной зимы» В соблюдении этого принципа американский астроном видит «элементарную планетарную гигиену и элементарный патриотизм». Но в открывшейся угрозе «климатической сверхбомбы» Саган увидел и обнадеживающие моменты. Явно самоубийственный характер всякого мощного ядерного удара должен, по его мнению, ослабить страх, связанный с опасностью первого обезоруживающего удара и, соответственно, уменьшить психологическую напряженность и взаимное недоверие.

С. П. Капица, согласившись с основными выводами американских ученых, справедливо усомнился в возможности установить «порог» мощности ядерных ударов, гарантирующий выживание человечества. Современные развитые государства — весьма сложные системы, которые легко могут выйти из состояния равновесия, тем более под влиянием такого мощного возмущающего фактора, как ядерные удары, пусть даже ограниченной мощности. А когда система выйдет из равновесия, вряд ли придется надеяться на возможность контролировать протекающие процессы. Это противоречит современным представлениям о природе сверхбольших систем. Единственная надежная гарантия контролируемого развития событий — полное исключение всякой ядерной войны, как «большой», так и «ограниченной».

Академик Е. П. Велихов, выступавший последним и как бы подытоживший мнения ученых, подчеркнул, что из всего сказанного на слушаниях явственно следует одно: ядерному оружию больше невозможно приписывать какой бы то ни было военный или политический смысл — это оружие просто нельзя применять ни в каких целях, кроме самоубийства. Военные средства превратились в триггер, включающий цепную реакцию перестройки природы. И если даже кто-то, включив этот «триггер» сумеет отсидеться в каком-нибудь немыслимом убежище, выйдя из него, он найдет совсем другую планету, где ему уже не будет места.

Все эти обстоятельства накладывают, как уже отмечалось, абсолютный запрет на ядерное столкновение. И огромную роль приобретает поиск эффективных и устойчивых компромиссов, позволяющих сторонам разрешать неизбежные конфликты без взаимного уничтожения. Нам уже приходилось писать о таких компромиссах и об основе для их поиска — так называемых гермейровских группах или ситуациях «путешественников в одной лодке»2. Разумеется, поиск таких компромиссов — задача прежде всего политическая. Но инструменты системного анализа, математические модели, так убедительно продемонстрировавшие свою эффективность при анализе последствий войны, могут оказаться столь же эффективными при поиске путей ее предотвращения. И как при моделировании действия «климатической бомбы» решающим условием оказалось сотрудничество ученых разных стран, так и в этом случае единственный, как нам кажется, путь к успеху — совместная работа над методологическими и практическими проблемами поиска компромиссов, а затем — совместная пропаганда полученных результатов. И такая работа уже начинается. Намечены, в частности, встречи советских и американских специалистов по системному анализу.

Дело это более чем сложное. И не только в политическом, но и в чисто научном плане: математическая теория компромиссов только складывается, и довести ее до стадии «практической реализации» будет нелегко. Но и цель того стоит: может быть, никогда еще перед наукой не стояла более важная, ответственная и почетная задача. И уже накопленный опыт сотрудничества ученых разных стран позволяет надеяться, что наука и на этот раз окажется на высоте.

Список использованной литературы.

1) В.В. Александров, Г.Л. Стенчиков. Моделирование климатических последствий ядерной войны, М., 1983.

2) Журнал "Экология и жизнь". Статья В.П. Пархоменко, А.М. Тарко.

3) «Основы безопасности жизнедеятельности» / М. П. Фролов, Е. Н. Литвинов, А. Т. Смирнов и др. Под редакцией Ю. Л. Воробьева. 2003, ООО «Издательство АСТ»

4) http://www.ecolife.ru/jornal/