پرویز شهریاری

روزنه

«گایا»، لهۀ نگهبان زمین هُشدار می دهد.
جنگ هسته ای چه پی آمدهایی دارد؟

پیش گیری از جنگ هسته ای و، افسارزدن به مسابقۀ تسلیحاتی، حادّترین مسأله ای است که در برابر انسان های زمان ما قرار دارد. در این مبارزۀ عادلانه، دانشمندان هم درکنار همۀ مردم و همۀ آن ها که به سرنوشت انسان می اندیشند، قرار دارند. آن ها باتوجّه به صلاحیّت علمی خود، سرنوشت هراس انگیزی را که، بعداز جنگ هسته ای احتمالی، در انتظار کرۀ خاکی است، فاش می کنند.

روزی نیست که شاهد اعتراض فردی یا جمعی دانشمندان، در سراسر جهان، علیه آزمایش های اتمی، گسترش سلاح های هسته ای و، بدتر از آن، آغازپژوهش های مربوط به اصطلاح «جنگ ستارگان» نباشیم. ولی دانشمندان، تنها به اعتراض ساده اکتفا نمی کنند، آن ها به تحقیق هم مشغول اند، تحقیق دربارۀ پی آمدهای یک جنگ هسته ای احتمالی.

در مرکز محاسبه ای فرهنگستان علوم اتّحاد شوروی هم، یک مُدل ریاضی به نام «گایا» - الههٔ نگهبان زمین - ساخته اند که می تواند همۀ پی آمدهای یک برخورد هسته ای را، با دقّت ریاضی، پیش بینی کند. در این مقاله (که دنبالۀ مقالۀ شمارۀ قبل است)، روایت این مدل و حاصل کارآن را، اززبان نیکلا نیکلایه ویچ ماسه یف، مدیر این مرکز، می خوانید.

«گایا» به ما چه می دهد؟

به کمک «گایا» نمی توانیم آیندۀ انسان را پیش بینی کنیم. ما تنها می توانیم، با تهیّۀ سناریوئی از فعالیّت های او، پی آمدهای آن را در صورت اجرا، مورد مطالعه قرار دهیم. به زبان دیگر، ما می توانیم تغییرآب و هوا را ارزیابی کنیم، بگوییم در جنگل های انبوه و استپ های وسیع قارّۀ آسیا - اروپا چه پیش می آید و در شرایط زندگی انسان، در ارتباط با کارهایی که انجام می دهد، چه تغییرهایی ایجاد می شود. بنابراین، ضمن آزمایش ها، باید مراقب سناریو باشیم و این، به معنای آن است که باید دائماً از خود بپرسیم: اگر مردم این یا آن عمل را انجام دهند، چه خواهد شد؟ پرسش ها می توانند بسیار متنوع باشند. مثلاً، برای ما جالب است بدانیم که اگر سلسله کوه های بزرگ هیمالیا - هندوکش - پامیر - تبّت از بین برود، چه برسر سیبری می آید؟ مُدل «گایا» می تواند به چنین پرسش هایی پاسخ بدهد، زیرا در آن ها، مسألۀ تأثیر تغییرهای سطح زمین در خصلت جریان های جوّی پیش بینی شده است.

یادآوری می کنیم که، بدون مراجعه به مُدل «گایا» هم، می توان به این پرسش پاسخ داد. درواقع، اگر این سلسله کوه‌ها از بین بروند، بادهای گرم دریای جنوب به شمال نفوذ می کند و، به خصوص، در چرخش بادهای موسمی، رطوبت زیادی را باخود منتقل می کنند. بیابان های آسیای میانه از بین می روند و سیبری به سرعت گرم می شود. عین حال، در مرکز یاکوتی، هوایی شبیه گروئنلند پیدا می کند و یخچال های طبیعی رو به گسترش می گذارند. درحال حاضر، دریاکوتی، جنگل‌وجود دارد و، باوجود یخ بندان دایمی، علف زارهایی پیدا می شود که اجازهٔ دام داری و اقتصاد کشاورزی را می دهند. زمستان سخت آن جا، مانعی در این راه ایجاد نمی کند. ولی در گروئنلند، که همان عرض جغرافیایی را دارد، ضخامت یخ درحدود سه کیلومتر است. باوجود این، زمستان این جا، به‌مراتب گرم‌تر از یاکوتی است. موضوع این است که درطول زمستان برفی، ولی نسبتاً گرم گروئنلند، برف زیادی می بارد که در سه‌ماه تابستان مرطوب با آسمان مه‌آلود و تاریک آن، فرصت آب‌شدن پیدا نمی کند. اگر مانعی برسر بادهای جنوب نباشد، همین سرنوشت در انتظار یاکوتی خواهد بود. درست است که در بعضی جاها، یخ بندان دایمی به نقطهٔ دورتری در شمال می رود، ولی درمجموع، شرایط زندگی در بخش های شمالی سیبری، سخت‌تر می شود.

ولی ما نخستین آزمایش های خودرا روی «گایا» در بارهٔ حالت واقعی‌تری انجام دادیم که، ضمناً، برای نظریهٔ نوئوسفر هم می توانست مفید باشد. یکی ازمسأله هایی که دانشمندان زمان مارا مضطرب کرده است، افزایش روزافزون تراکم اسید کربنیک در آتمسفر است. تراکم اسید کربنیک، موجب حالت گلخانه ای می شود، درجهٔ متوسط حرارت آتمسفر را بالا می برد، نظم کنونی توزیع درجهٔ حرارت سطح زمین را به هم می زند و این، به‌نوبهٔ خود، برجابه‌جایی توده‌های هوا اثر می گذارد و ساختار کنونی انتقال و چرخش رطوبت را تغییر می دهد. درنتیجه، شرایط زندگی و میزان محصول دهی گیاهان، اعم از جنگل ها و مرتع های طبیعی یا کشت‌زارهای گندم و ذرت و باغ ها و غیر آن، به کلّی دگرگون می شود. تشویش دانشمندان، در این مورد، بی جهت نیست. تراکم اسید کربنیک در سدهٔ بیستم، بی اندازه افزایش پیدا کرده است. این تراکم، در پایان بیست و پنج سالهٔ اول سدهٔ بیست و یکم، بازهم دو برابر خواهد شد که می تواند نظام گرمایی سیّارهٔ مارا دچار تغییر قابل توجّهی کند. می دانیم که حتّی نوسان ۱-۱/۵ یا ۲ درجه در حرارت محیط، که اغلب در طبیعت پیش می آید، بر محصول اثر می گذارد؛ درحالی که در این جا، بالارفتن متوسط درجهٔ حرارت، به‌مراتب، بیشتر از نوسان زمینهٔ حرارتی است.

یادآوری می کنیم که پیش بینی پی آمد این وضع، حتّی به‌صورتی کلّی و تقریبی، چندان ساده نیست. از یک طرف، افزایش تراکم اسید کربنیک، غذای بیشتری به رستنی ها می رساند و، در بخش زندهٔ بیوسفر، امکانی برای بهره‌دهی بیشتر فراهم می کند. ولی از طرف دیگر، بالارفتن متوسط درجهٔ حرارت، موجب کم شدن اختلاف درجهٔ حرارت استوا با قطب‌ها می شود. مشاهده‌های طولانی نشان داده است که متوسط درجهٔ حرارت در استوا، عملاً تغییر نمی کند. تغییر درجهٔ حرارت متوسط، به‌طور عمده، به خاطر منطقه های قطبی پیش می آید. اگر متوسط حرارت تنها ۰/۵ درجه پایین بیاید، این سردی ناچیز، بلافاصله در شمال احساس می شود و، در آن جا، درجهٔ حرارت ۲ تا ۳ درجه تنزل می کند. درنتیجه، سطح یخ های دریایی گسترش می یابد، ضخامت آن بیشتر می شود و شرایط کشتی رانی را بدتر می کند. به این ترتیب، درنتیجهٔ گرما، اختلاف درجهٔ حرارت بین استوا و قطب ها کمتر می شود. این اختلاف، همان نیروی محرّک عمده‌ای است که در آتمسفر حرکت ایجاد می کند و گرما را از منطقه های استوایی به قطب‌ها می راند. اگر اختلاف درجهٔ حرارت زیادتر بشود، گردش جوّی شدّت می گیرد و اگر این اختلاف کاهش پیدا کند، گردش جوّی سُست‌تر می شود و میزان انتقال رطوبت پایین می آید. یعنی منطقه های خشک، بازهم خشک‌تر می شوند و میزان محصول دهی آن‌ها، به سرعت پایین می آید.

نمی توان پیش بینی کرد که کدام یک از این دو تمایل بر دیگری پیشی می گیرد. این پیش بینی، تنها به کمک محاسبه و با استفاده از مُدل ریاضی مسأله، ممکن است.

نخستین آزمایش بزرگی که روی «گایا» انجام شد، در این زمینه بود که، اگر تراکم اسید کربنیک در جوّ، دو برابر شود، در محصول دهی بیوت (بخش زندهٔ بیوسفر) چه تغییری به وجود می آید. در این صورت، تنظیم سناریوی فعالیّت آدمی، به عنوان باری که بر بیوسفر تحمیل می شود، به طور نسبی، کار ساده ای بود. ما فرض کردیم که، به خاطر فعالیّت های تولیدی انسان، آن قدر از هیدروکربورهای زیرزمینی (مثل نفت، گاز، زغال سنگ و غیره) سوخته شود که میزان اسید کربنیک جوّ، دو برابر شود. البته، این سناریو، کاملاً مشروط بود. زیرا انسان، همراه با تولید انرژی، به کارهای دیگری هم مشغول است و، بنابراین، بارهای دیگری هم بر بیوسفر اضافه می کند. ولی این تجزیه و تحلیل می توانست به اندازهٔ کافی مفید باشد، زیرا تصوّری در بارهٔ شرایط آیندهٔ جوّی و اثرهای آن، به ما می داد.

در این آزمایش، همکاران مرکز محاسبه ای فرهنگستان علوم، روی شبکهٔ جغرافیایی ٤×٤ درجه، محاسبه های مشخّصی انجام دادند. در این مورد، لازم بود ویژگی های جغرافیایی و اقلیمی منطقه های مختلف را تشخیص دهیم. مُدل ما بایستی تا حدّی، امکان هایی شبیه میکروسکوپ داشته باشد و به جزئی ترین موضوع ها رسیدگی کند.

آزمایش با مُدل «گایا»، همهٔ آن چه را که در اقلیم شناسی جغرافیایی امری عادی است، در خط های اصلی خود تأیید کرد. در بعضی ناحیه های کاملاً مرطوب، محصول دهی بخش زندهٔ بیوسفر، افزایش می یابد. ولی همهٔ ناحیه های کم آب و نیمه خشک را، خطر تبدیل به بیابانی بی محصول و تهی، تهدید می کند. به خصوص، طبق محاسبه، کشورهای ساحل (که در کنار صحراها قرار دارند) و ناحیه های آسیای مرکزی و مقدم، زیان فراوان می بینند. بعضی از ناحیه های اروپایی و غرب امریکای شمالی، از این بابت، در بهترین وضع قرار دارند. درمجموع، کل محصول دهی سیّارهٔ ما، عملاً تغییری نمی کند. این گونه محاسبه ها، برای اقتصاد کشاورزی، اهمیّت زیادی دارد. درواقع، دشت های عظیم و پُروسعت قارهٔ آسیا - اروپا - که از مولداوی آغاز و تا آلتا کشیده می شود - و همچنین تمامی منطقهٔ دریای مدیترانه، در شرایطی هستند که روز به روز کم آب تر و خشک تر می شوند. از طرف دیگر، ناحیه های غیرجنگلی بلوروسی، غرب و شمال اوکراین و به خصوص شمال غربی روسیه و جمهوری های کنار بالتیک، ظاهراً، در مناسب ترین شرایط برای تولید کشاورزی قرار دارند.

آ. ای. وو پیکوف، جغرافی دان، اقلیم شناس و بنیان گذار نخستین رصدخانهٔ ژئوفیزیک در روسیه (در لنین گراد امروزی)، حتّی در سدهٔ گذشته گفته بود: گرما در شمال و خشکی در جنوب. این قانون (که امروز به قانون وو پیکوف مشهور است)، درنتیجهٔ سال ها مشاهده به دست آمده بود. هروقت که در تغییر دوره ای متوسط درجهٔ حرارت، گرم شدن شمال آغاز می شود، در کازاخستان و دیگر ناحیه های جنوب شرقی اتّحاد شوروی، تعداد سال های خشک افزایش می یابد. به خصوص گیاهان ناحیه های بیابانی و نیمه بیابانی، در برابر تغییر میزان بارندگی، به سرعت عکس العمل نشان می دهند. به همین مناسبت، گیاهان وسیلهٔ خوبی برای ارزیابی تغییر رطوبت به شمار می روند. مشاهده نشان می دهد: کافی است که مثلاً در شمال میزان حرارت، ۰/۵ تا ۱ درجه بالا برود تا گیاهان منطقهٔ آرال، فقیرتر و پژمرده تر شوند.

نخستین آزمایش ما با مُدل «گایا»، نه تنها نتیجه های جالب و مهمّی را برای ما به ارمغان آورد، بلکه همهٔ نتیجه های ناشی از مشاهده ها و آزمایش های قبلی را هم تأیید کرد. درنتیجه، روشن شد که ما در راستای درستی قرار گرفته ایم. مُدل ریاضی «گایا» تحقّق یافت و ما اطمینان پیدا کردیم که، همراه با تکمیل آن، می توانیم به

آزمایش های گسترده‌تر و اساسی‌تر، دربارهٔ فعالیّت‌های عظیم انسانی بپردازیم. این آزمایش نخستین، مارا آماده کرد تا بتوانیم، درسال ۱۹۸۳، به پژوهش مهمّی دست بزنیم و پی آمد اقلیمی جنگ هسته ای را بررسی کنیم. همین آزمایش نخستین، مارا واداشت تا در بارهٔ مسأله های دیگری هم بیندیشیم و برنامه ای برای آزمایش های تازه بریزیم.

آتش‌فشانی، انفجار، آتش سوزی و آب و هوا

مدّت‌ها کسی به این فکر نیفتاده بود که در بارهٔ پی آمد اقلیمی یک جنگ هسته‌ای، به ارزیابی بپردازد. گمان می رفت که انفجار هسته‌ای، با آتمسفر، تقریباً شبیه آتش‌فشان‌ها عمل می کند، که ابر عظیمی از گرد و خاک را به هوا پرتاب می کند. این ابر متراکم و عظیم، مانعی در مسیر پرتوهای خورشیدی ایجاد می کند و، برای مدّتی، ازمیزان انرژی خورشیدی - که به وسیلهٔ زمین گرفته می شود - می کاهد و درنتیجه، درجهٔ حرارت سطح زمین و آتمسفرپایین می آید. ضمناً، تاریخ نشان داده است که عظیم ترین فوران های آتش‌فشانی هم نتوانسته است درجهٔ حرارت متوسط را، بیش ازنیم درجه - آن هم، برای مدّت کوتاهی - تغییر دهد.

نیرومندترین فوران های آتش‌فشانی که بشر به یاد دارد، مربوط به آتش‌فشان تامبور در اندونزی است. فوران در سال ۱۸۱۵ اتّفاق افتاد و قریب ۱۰۰ کیلومتر مکعب مادهٔ مذاب را ازخود بیرون ریخت. می توان انرژی این آتش‌فشان را با انرژی یک جنگ هسته‌ای گسترده مقایسه کرد. طبق محاسبهٔ امریکایی ها، یک انفجار سطحی با نیروی یک مگاتن (یعنی تقریباً با قدرتی ۱۰۰ برابر بمبی که در هیروشیما منفجر شد) می تواند ۳۰۰ تا ۴۰۰ هزارتُن مادهٔ مذاب را تا ارتفاع ۱۰ کیلومتری پرتاب کند. بنابراین، قدرت ۱۰,۰۰۰ مگاتن می تواند قریب ۳ تا۴میلیاردتن مادهٔ مذاب را به بالا پرتاب کند. آتش‌فشان تامبور، قریب ۱۰۰ کیلومتر معکب مادهٔ مذاب را به هوا فرستاد. اگر دانسیته را۰/۱ تا۰/۰۵بگیریم، به کمک محاسبه روشن می شود که قدرت انفجار این آتش‌فشان، تقریباً برابر ۱۰,۰۰۰ مگاتن، یعنی یک جنگ هسته‌ای گسترده بوده است.

سرنوشت این مادهٔ مذاب چه می شود؟ آن‌ها سرد می شوند و، به‌تدریج، دراثر نیروی جاذبه و هم در اثر بارندگی در سطح زمین می نشینند. ضمناً، ذرّه‌های کوچکتر آن‌ها، ممکن است حتّی تا بیش ازیک سال درآتمسفر بمانند و انرژی خورشیدی را به‌خود جذب کنند. به‌سختی می توان ویژگی های اپتیکی و نورگذرانی جوّرا، به‌خاطر وجود این ذرّه‌ها، ارزیابی کرد. بعداز پرتاب ۳ میلیارد تن گرد و غبار، باید نورگذرانی جوّ، به‌میزان قابل توجّهی کاهش یابد. بنابراین، انفجار آتش‌فشان تامبور، به‌احتمال زیاد، پی آمدهای اقلیمی معیّنی به‌دنبال داشته است. درواقع، روایت هایی که ازشاهدان عینی به‌ما رسیده است، نه‌تنها ازغروب های زیبا، به‌خاطروجود گرد و غبار در لایه‌های بالایی جوّ، بلکه ازتابستان بارانی و خنک اروپا صحبت می کنند. البته، تابستان های خنک و بارانی، بدون انفجار آتش‌فشان هم، در اروپا وجود داشته است. انفجار آتش‌فشان تامبور، احتمالاً، نوسان های اقلیمی را - که همیشه وجود دارند - تسریع کرده باشد.

به این دلیل است که گمان می کردند، تغییر خصلت اقلیمی در شرایط یک جنگ هسته‌ای، چندان قابل توجّه نیست و در برابر عواقب فاجعه آمیزی که به‌خاطر کشتارهای دسته جمعی، ویرانی های گسترده و پی آمدهای ناشی از رادیوآکتیویته دامن گیر بشر می شود، می توان آن را نادیده گرفت.

ولی، بررسی های پروفسور پ. کروتسن از انستیتوی پلانک (جمهوری فدرال آلمان) درچند سال قبل و، سپس، بررسی های دیگران، نشان داد که، بعداز انفجار هسته‌ای، نه‌تنها گردوغبار، بلکه مقدارعظیمی دوده هم، وارد جوّ می شود. درواقع، بمب هسته‌ای، تنها به‌خاطر قدرت شیطانی نابودکنندهٔ خود، وحشتناک نیست. بمب

هسته ای به مثابهٔ کبریتی است که با نیروئی باور نکردنی، آتش سوزی ایجاد می کند. این آتش سوزی، تنها در جنگل ها پیش نمی آید، بلکه شهرها را هم، که پُر از مواد سوختنی هستند، به آتش می کشد (مواد سوختنی آتش زایی که در شهرهای امروز وجود دارد، ۵ تا ٦ برابر مواد مشابه در جنگل هاست). پروفسور کروتسن توجّه را به این نکته جلب می کند که دراثر تراکم بی اندازهٔ انرژی، وجود مواد سوختنی فراوان و ورود اکسیژن، همه چیز و همه جا به آتش کشیده می شود. به زبان دیگر، آتش سوزی، به صورت عکس العمل زنجیره ای ادامه می یابد. برای این که این زنجیره آغاز شود، کافی است «کبریتی» انداخته شود تا انرژی متراکم اولیه را به وجود آورد، سپس، خود آتش سوزی، انرژی بیشتری فراهم می کند و مقدار آن را، به صورتی باور نکردنی، بالا می برد. اگر مقدار اکسیژن به اندازهٔ کافی باشد، تنها وقتی آتش خاموش می شود که همهٔ مواد سوختنی را به طور کامل نابود کرده باشد. تراکم انرژی در آتش سوزی ها، ممکن است به جایی برسد که همهٔ فلزها و استخوان بندی های فلزی (بتون آرمه ها) را ذوب کند، تا چه رسید به مواد سوختنی درخت ها و پلاستیک ها. موج گرما، به هر سانتی مترمربع ۲۰ کالری حرارت وارد می کند و تقریباً هر چیز سوختنی را به آتش می کشد. موج گرما در ناکازاکی، تقریباً به همین اندازه بود.

برای این که چنین زنجیره ای از آتش سوزی آغاز شود، لازم نیست گرمای هسته ای وجود داشته باشد. نیروی نابودکنندهٔ این آتش سوزی زنجیره ای را، مردم هامبورگ و درسِدِن، در زمان جنگ جهانی دوم آزموده اند، اگرچه ناوگان انگلیسی - امریکایی، تنها از بمب های معمولی پُر از ترونیل استفاده کرده بود. وقتی که سلاح های عادی بتوانند طوفان آتش ایجاد کنند، تکلیف زنجیرهٔ آتش سوزی ناشی از سلاح هسته ای روشن می شود. و اگر چنین است، برفراز شهرهایی که بمباران اتمی شده اند، مقدار عظیمی دوده جمع می شود.

همهٔ این ها، دانشمندان را واداشت تا، به طور جدّی، به مسألهٔ آتش سوزی بپردازند. در ابتدا، بحث برسر آب و هوای اقلیمی نبود: دانشمندان می خواستند بدانند که آتش سوزی ناشی از یک جنگ هسته ای چگونه است و، ضمناً، می خواستند قدرت آن و میزان گردوغبار و دوده ای که به هوا می فرستد، ارزیابی کنند. مطالعهٔ آتش سوزی های جنگلی را آغاز کردند. ج. هیل، پژوهشگر امریکایی، در سال ۱۹٦۱ ثابت کرد که انفجارهای هسته ای باقدرت ۱، ۳ و ۱۰ مگاتن، به ترتیب، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۱۰۰ کیلومترمربع جنگل ها را می سوزانند. ضمناً، در جاهایی که تکان حرارتی انفجار به ۱۵ کالری در هر سانتی مترمربع برسد، آتش سوزی خودبه خودی به وجود می آید. تکان حرارتی ناشی از انفجار بمب اتمی ناکازاکی، نزدیک به ۲۰ بود. بنابر نظر مجلهٔ «آمبیو» متوسط بار هسته ای، قدرتی در ردیف ۰/٤ مگاتن دارد. چنین باری می تواند ۲۵۰ کیلومترمربع جنگل را بسوزاند. بنابراین، برای این که یک میلیون کیلومترمربع جنگل، به کومهٔ آتش تبدیل شود، قریب ۱۳ درصد زرّادخانهٔ هسته ای موجود در جهان، کافی است.

چگونه می توان اثر چنین آتش سوزی مهیبی را ارزیابی کرد؟ آتش سوزی یک میلیون کیلومترمربعی جنگل، قریب ٤ میلیارد تُن دوده به بالا می فرستد، یعنی تقریباً به اندازهٔ تمام موادی که از آتش فشان تامبور خارج شد. ولی در این جا دیگر، نه با گردوغبار، بلکه با دوده سروکار داریم. اگر این مقدار دوده در تمامی نیم کرهٔ شمالی پراکنده شود، تراکم آن در هر مترمربع مقطع عرضی ستون قائم جوّ، از ۰/۱ تا ۰/۵ گرم خواهد بود. درنتیجه شفافیّت جوّ کمتر می شود. بنابر محاسبهٔ مجلهٔ «آمبیو» (چاپ سال ۱۹۸۲)، درنتیجهٔ یک جنگ هسته ای، و تنها دراثر دوده های ناشی از سوختن جنگل ها، مقدار نوری که به سطح زمین می رسد، دست کم، نصف می شود. چنین جوّ تیره ای، به خصوص اگر به اندازهٔ کافی طولانی باشد، می تواند تأثیر نامطلوب نمایانی برشرایط اقلیمی بگذارد. با همهٔ این ها، قسمت عمده ای از دوده که به هوا می رود، نه به خاطر سوختن جنگل ها، بلکه از راه آتش سوزی شهرهاست. اگر تالاب یا دریاچهٔ نفت آتش بگیرد، به صورتی کاملاً ناقص می سوزد. در این جا، به علت فقدان کشش هوا، اکسیژن

«مسابقهٔ تسلیحاتی را قطع کنید»، «ازفاجعهٔ هسته‌ای جلوگیری کنید»، «نابود باد جنگ» - این هاست شعارنوده‌های میلیونی مردم ضدّجنگ در کشورهای مختلف جهان و در همهٔ قاره‌ها. در تصویر: تظاهرات مردم ضدّجنگ و ضدّپیمان ناتو در اسپانیا، تظاهرات مردم بلژیک علیه استقرار سلاح‌های اتمی امریکایی در سرزمین خود، راه‌پیمائی عظیم مردم تفلیس به خاطر صلح و به خاطر تأمین شرایط زندگی تمامی بشریت.

کافی برای ایجاد آتش‌سوزی‌های زنجیره‌ای وجود ندارد. چنین وضعی، در جنگل‌ها هم پیش می‌آید. به‌علت کمبود اکسیژن، تنها ۲۰ درصد مواد سوختنی، به‌طور کامل می‌سوزند. ولی در شهرها، وضع به گونهٔ دیگری است. به‌خاطر وجود ساختمان‌های بلند در شهرها، کشش زیادی در هوا ایجاد می‌شود، درست مثل اجاق‌هایی که دودکش بلند دارند. درنتیجه، آتش‌سوزی زنجیره‌ای به‌وجود می‌آید و هرچیز سوختنی، تقریباً تا حد ۱۰۰ درصد می‌سوزد. به این دلیل است که تراکم دوده‌ای که بر بالای شهرها جمع می‌شود، تقریباً ۱۰۰ برابر تراکم دوده‌ای است که دراثر سوختن جنگل‌ها به‌وجود می‌آید. حتّی در سال ۱۹۸۲ هم، محاسبه شده است که دراثر آتش گرفتن یک شهر بزرگ، چه مقدار دوده به‌وجود می‌آید! دانشمندان ویژگی‌های اُپتیکی ابرهای دودهٔ بالای شهرها را هم معیّن کرده‌اند. معلوم شده است که در زیر این ابرها، با وضعی رو به رو می‌شویم که، به‌مراتب، ازظلمت شب‌های بی‌نور تاریک‌تر است. هرچه تعداد شهرهایی که زیر ضربهٔ جنگ هسته‌ای هستند، زیادتر باشد، نتیجهٔ فاجعه‌آمیز این وضع، وحشتناک‌تر خواهد بود. ما دو باره به این مسأله برخواهیم گشت. در این جا، تنها روی یک موضوع، یعنی

مدّت دوام دوده ها در جوّ، توقّف می کنیم.

دوده شامل کربن ساده است که به‌مراتب شدیدتر از هر گردوغباری، تابش خورشید را به‌خود جذب می کند و گرم می شود و، بنابراین، در ماوراءِ جوّ (استراتوسفر) بالا می رود، آن را گرم می کند و تبخیر ابرهای دورو بر خودرا شدّت می بخشد. البته، بخش عمده ای از دوده در باران حل می شود. در ناکازاکی و هیروشیما، بعداز انفجار هسته ای، باران سیاه غلیظی بارید. باوجود این، تا مدّت ها، دوده در هوا باقی مانده بود. جوّ بعداز سه ماه هم، به‌طور کامل، از دوده پاک نمی شود. هرچه آلودگی نخستین بیشتر باشد، زمان بیشتری برای پاک شدن جوّ لازم است. مثلاً، اگر ضخامت ابر دوده ای، در لحظهٔ اول، چنان باشد که یک میلیاردم نور خورشید را ازخود عبور دهد، حتّی بعدازیک سال هم، آتمسفر به‌طور کامل پاک نمی شود.

همین ارزیابی های تقریبی نشان می دهد که جنگ هسته ای، چنان خطرهایی برای بشریت دارد که دانشمندان، حتّی نمی توانند ازقبل آن ها را حدس بزنند. این حقیقت ها، که در همین سال‌های اخیر روشن شده است، دانشمندان را واداشته است تا در دیدگاه‌های قبلی خود نسبت به پی آمدهای اقلیمی جنگ هسته ای، تجدیدنظر کنند و، یک بار دیگر، این مسأله را، با دقّت و تفصیل بیشتر، مورد مطالعه قرار دهند.

سناریوی جنگ احتمالی هسته ای

باید این توانائی روحی را پیدا کنیم که با حقیقت، به‌طور عینی و همان گونه که وجود دارد، رو به رو شویم. مهم تر از هرچیز این است که از خیال بافی پرهیز کنیم و گمان نکنیم که همهٔ این ها به سرزمین های دیگری مربوط می شوند و به‌ما ربطی ندارند. تنها حقیقت و تنها درک روشن خطری که در انتظار ماست، می تواند به انسان ها نیرو بدهد تا راهی برای خروج از واقعیّت بحرانی موجود پیدا کنند و انرژی خودرا درجهت مبارزه به‌خاطر نجات زندگی نوع انسانی متمرکز کنند. بنابراین، برای ما مهم است بدانیم، چرا جنگ‌طلبان امریکایی، طرح گسترش جنگ هسته ای را می ریزند؛ آن ها که مسابقهٔ تسلیحاتی را شتاب می دهند، دربارهٔ چنین جنگی چگونه می اندیشند، جنگی که درواقع، تمامی بشریت را به فاجعه ای جبران‌ناپذیر می کشاند. به‌زبان دیگر، باید بتوانیم سناریوی جنگ هسته ای احتمالی را تنظیم کنیم و، ازقبل، دربارهٔ پی آمدهای آن بیندیشیم.

حتّی در سال های شصت، نظامیان امریکایی (و نه‌تنها نظامیان) در این‌باره خیلی چیزها نوشته اند و به‌تفصیل در این‌باره بحث کرده‌اند که چگونه باید هدف های ضربهٔ هسته ای را انتخاب کرد و کدام هدف ها در اولویت قرار دارند. ساده‌دلان نزدیک‌بینی هم هستند که معتقدند، در نوبت اول، باید پایگاه‌های جنگی و از آن‌جمله، سکوهای پرتاب موشک را با سلاح های غیرهسته ای موردحمله قرار داد. ولی موضوع به این سادگی ها نیست. پایگاه‌های جنگی و (منجمله سکوهای پرتاب موشک) به‌خوبی محافظت می شوند و، ضمناً، بسیاری از آن ها ممکن است تنها ماکت باشند نه پایگاه واقعی. بنابراین، کشوری که ضربهٔ اول را وارد می کند، نمی تواند مطمئن باشد که، با هدف قراردادن پایگاه ها، خواهد توانست از کیفر و تلفات ناشی ازضربهٔ متقابل مصون بماند. به این ترتیب، این استدلال محافل تجاوزکار که باید ضربه را برقدرت اصلی دشمن فرود آورد، امکان تحقّق خودرا ازدست می دهد و، بدون تردید، ضربهٔ متقابل را به‌دنبال دارد. از طرف دیگر، این قدرت از کجا ناشی می شود؟ قدرت ناشی از صنعت و مردم و، قبل از همه، مردم است. این مردم به‌طور عمده در شهرها زندگی می کنند و، ضربه‌زدن به شهرها، مستلزم کشتار جمعی مردم و نابودی کامل شهرهاست. هیچ گونه دفاع شهری، نمی تواند ملیون ها مردم را، دربرابر بمب اتمی، حفظ کند و انسان ها، سرمایه و ارزش اصلی هر کشورند. بازسازی این ارزش، دشوارتر از هرچیز دیگری است. این است آن‌چه که جنگ‌افزوزان امریکایی، در سال های شصت به‌زبان

می آورد ند.

در اوایل دههٔ هشتاد، دانشمندان روی همین مسأله، منتهی از موقعیّت دیگری، کار می کردند. دانشمندانی که می خواستند مسیر کابوس هسته ای را سد کنند، به بررسی انواع سناریوهای ممکن جنگ هسته ای پرداختند. در سال ۱۹۸۲، رشته مقاله هایی در این باره در مجلهٔ «آمبیو» چاپ شد که، در آن ها، به ارزیابی میزان تلفات طرف های درگیر در جنگ هسته ای، پرداخته شده بود.

گام بعدی را، کارل ساگان، استاد نجوم در دانشگاه کورنل (امریکا) و همکاران او برداشتند. آن ها، با تکیه بر محاسبه های پروفسور کروتسن (جمهوری فدرال آلمان)، برای نخستین بار، به ارزیابی ابرهای ناشی از جنگ هسته ای بر شرایط اقلیمی و بخش زندهٔ بیوسفر، پرداختند. گروه ساگان، سناریوهای مختلفی از جنگ هسته ای، با قدرت از ۱۰۰ تا ۲۵۰۰ مگاتن را مورد بررسی قرار دادند و، ضمناً، در هرمورد، حالتی از انفجارهای هسته ای را درنظر گرفتند که حداکثر زیان ها را به بار می آورد. این روش کاملاً درست بود: در بررسی هر موقعیّت خطرناک، همیشه باید بدترین حالت را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. این اصل، برای همهٔ دستگاه هایی که این قبیل موقعیّت های بحرانی را بررسی می کنند، یک اصل اساسی است. گروه ساگان، احتمال اصلی را، بریک جنگ هسته ای با قدرت ۵۰۰۰ مگاتن قرار دادند، یعنی جنگی که، در آن، دوطرف منازعه، ضربه هایی بریکدیگر وارد کنند که مجموع آن ها، قدرتی برابر ۵۰۰۰ مگاتن داشته باشد: و این، قریب ۴۰۰ تا ۵۰۰ هزاربرابر بمبی است که در هیروشیما منفجر شد. مؤلّفان، این سناریو را مبنا گرفتند. همین مقدار بمب، یعنی اجرای سناریوی مبنا، کافی است تا قریب ۱۰۰۰ شهر بزرگ نیم کرهٔ شمالی را نابود کند. پروفسور ساگان و همکاران او، حساب کرده اند که دراثر چنین جنگی، چه مقدار دوده وارد جوّ می شود و ابرهای سیاه دوده ای را برفراز شهرها تشکیل می دهد. با استفاده از نتیجه گیری های کروتسن، می توان حساب کرد که چه بخشی از نور عادی خورشید از این لایهٔ دوده می گذرد و به سطح زمین می رسد و، سپس، کی و با چه آهنگی، فضا شفافیّت خودرا بازمی یابد. معلوم شد که منطقهٔ وسیعی از نیمکرهٔ شمالی، در همان ساعت های نخستین جنگ، زیر چنان پوششی از ابرهای دوده ای قرار می گیرند که عملاً مانع رسیدن نور به سطح زمین می شود. پاک شدن آسمان، خیلی به کُندی انجام می گیرد: حتّی یک سال بعداز آغاز فاجعه، جوّ حالت طبیعی خودرا پیدا نمی کند. برای نخستین بار، در مجله هایی که هنوز علمی باقی مانده اند، عنوان هایی ازقبیل «شب هسته ای» و «زمستان هسته ای» ظاهر شد. این مجلّه ها حق داشتند، زیرا با واردشدن ابرهای غلیظ دوده در آسمان، شبی طولانی و کاملاً تاریک فرا می رسد؛ و به خاطر نرسیدن پرتوهای لازم خورشید به زمین، هوا همچون زمستانی سخت، که ممکن است ماه ها طول بکشد، سرد می شود.

طرحی که مؤلفان این سناریو، براساس نتیجه گیری های علمی و محاسبه های واقعی، برای کسانی که احتمالاً ازیک جنگ هسته ای جان به در برده اند ترسیم می کنند، بسیارغم انگیز است. آن ها، بی تردید، به کسانی که در همان لحظه های نخست جنگ نابود شده اند، غبطه خواهند خورد.

ولی تجزیه و تحلیل ساگان و گروه او، هنوز کامل نیست و بسیاری از پرسش ها را بدون پاسخ می گذارد. همان طور که کارل ساگان و همکارانش یادآوری می کنند، ابرهای سیاه برفراز شهرهای ویرانه ظاهر می شوند و ظلمت و سردی زمستان هسته ای را به ارمغان می آورند. ولی، برسر دیگر نقطه های جهان چه می آید؟ مگر نه این است که، این ابرها، درجای خود ثابت نمی مانند و جریان هوا آن ها را از جایی به جایی می برد. آیا در مقیاس وسیعی بر آب و هوا و شرایط اقلیمی اثر می گذارند؟ آیا این تراژدی اندوه بار تنها درنیم کرهٔ شمالی اتّفاق می افتد و یا تمامی سیّارهٔ زمینی را فرا می گیرد؟ پاسخ به این پرسش، تنها جنبهٔ کنجکاوی علمی ندارد. روشن شدن این موضوع می تواند هم برجنبش های عظیم ضدّ جنگ و هم بر بسیاری از تصمیم های سیاسی اثر بگذارد.

به همین دلیل، ما تصمیم گرفتیم، یکبار دیگر، نتیجه گیری های ساگان و سایر متخصصان امریکایی را در مرکز محاسبه ای فرهنگستان علوم اتّحاد شوروی، مورد تحقیق قرار دهیم و نه تنها با دقّت بیشتری به آن ها بپردازیم، بلکه پی آمدهای اقلیمی سناریوی جنگ هسته ای را روی مُدل بزرگ ریاضی خود - یعنی دستگاه «گایا» - به آزمایش بگذاریم. وقتی که «عامل های خارجی» و وضع اولیهٔ بیوسفر را دراختیار داشته باشیم، می توانیم به وسیلهٔ دستگاه «گایا» تمامی روندهایی را که در بیوسفر به وجود می آید، به تفصیل شرح دهیم. سناریوی ساگان، شرایط اولیهٔ موقعیّت ابرهای دوده ای، که مانع ورود نور به سطح زمین می شوند و قانون بازشدن آن ها را در اختیار ما می گذاشت. آزمایش با دستگاه «گایا»، درواقع می توانست دنباله و تکامل کارهایی باشد که همکاران ما در جمهوری فدرال آلمان و امریکا انجام داده بودند.

به جز این ها، ما مطالعهٔ دقیق سناریوی جنگ هسته ای را وظیفهٔ خود می دانستیم، زیرا ما تنها گروهی علمی بودیم که، با دراختیار داشتن دستگاه «گایا»، می توانستیم پی آمدهای اقلیمی یک جنگ هسته ای را بادقّت مورد مطالعه قرار دهیم و روشن کنیم که تا لحظهٔ صاف شدن جوّ، یعنی تا زمانی که جوّ به وضع نخستین خود در قبل از فاجعهٔ جنگ هسته ای، درمی آید، چه برسر زمین و زندگی آن می آید. در بسیاری از انستیتوهای امریکا، اتّحاد شوروی و اروپای غربی، مُدل هایی برای چرخش جریان های جوّی درست کرده اند که کامل تراز مُدل های مورد استفادهٔ ما هستند. در مورد مُدل اقیانوس ها هم، وضع به همین گونه است. ولی ما، برخلاف سایر مرکزهای علمی این مُدل ها را به هم مربوط کرده ایم و دستگاهی به هم پیوسته و واحد را به وجود آورده ایم. البته، در مرکزهای تحقیقاتی دیگر هم، دانشمندان توانسته اند چنین کاری را انجام بدهند و مُدل های جوّ و اقیانوس را به هم مربوط کنند. ولی یکی کردن مُدل ها، به هیچ وجه کار ساده ای نیست و، همان طور که تجربهٔ ما نشان داده است، باید به کلّی آن ها را بازسازی کرد و، درواقع، به جای به هم پیوستن مُدل های قبلی، مُدل تازه ای ساخت؛ و برای این بازسازی، زمان لازم است، آن هم زمانی طولانی. از مُدلی که تنها به جوّ مربوط می شود، نمی توان شرایط اقلیمی را پیش بینی کرد. اقیانوس اینرسی گرمایی عظیمی دارد و، درواقع، یک آکومولاتور انرژی خاصّی است. اگر محاسبه ها، بدون توجّه به اقیانوس ها، انجام گیرد، نتیجه های حاصل، تنها ممکن است برای فاصلهٔ زمانی کوتاهی درست باشد. به این مناسبت ها، لازم بود تا سناریوی ساگان را با دستگاه به هم پیوسته و واحد خود، مورد آزمایش قرار دهیم و به مطالعهٔ اثرهای اقلیمی آن بپردازیم.

البته، ما هم دربارهٔ موفقیّت خود در این آزمایش، تردید داشتیم. ما دستگاه «گایا» را براساس موقعیّت هایی ساخته بودیم که امروز در سطح زمین جریان دارند، درحالی که ضربهٔ هسته ای گسترده، پدیده ای است که با مشاهده های عادی، کاملاً فرق دارد. ولی این اطمینان را داشتیم که با دستگاه خود می توانیم، دست کم، برخی گرایش ها را پیدا کنیم.

ولی حالا، دو سال بعداز نخستین آزمایش ها، نه تنها در اتّحاد شوروی، بلکه در مرکزهای علمی خارجی هم، اعتماد بی حدی نسبت به درستی نتیجه گیری های دستگاه «گایا» به وجود آمده است.

چه حادثه هایی ممکن است پیش آید؟

به این ترتیب، همکاران ما در مرکز محاسبهٔ فرهنگستان علوم، تصمیم گرفتند به کمک مُدل ریاضی خود - دستگاه «گایا» - به مطالعهٔ تغییرهای اقلیمی بعداز یک جنگ هسته ای بپردازند و، همان طور که قبلاً گفتیم، فرض های اولیه را از سناریوی کارل ساگان (امریکا) برداشتیم.

محاسبه ها را در تابستان سال ۱۹۸۳ با کامپیوتر انجام دادیم. نتیجه ها، حیرت آور و گیج کننده بود. وقتی

نخستین محاسبه ها را دیدم، نتوانستم آن ها را باور کنم و گمان کردم، درجایی اشتباهی رُخ داده است. ولی، بعداز دقّت ها و تحقیق های بسیار، مطمئن شدیم، همهٔ نتیجه گیری ها درست است. این نتیجه ها موجب شد تا دید تازه ای نسبت به پی آمدهای ممکن یک جنگ هسته ای پیدا کنیم. معلوم شد که، برخورد هسته ای، تنها منجر به ظلمت و سرمای موضعی در زیر چادر ابرهای دوده نمی شود، بلکه «شب هسته ای» درازمدتی را به دنبال خواهد داشت که قریب یک سال طول می کشد. کامپیوترنشان داد که تاریکی سراسر زمین را فرامی گیرد. صدها ملیون تُن خاکی که به جوّ پرتاب می شود، خاکستر ناشی از آتش سوزی قارّه ای و، مهمّ تر از همه، دودهٔ ناشی از سوختن شهرها و جنگل ها، آسمان را چنان تیره می کند که مانع ورود هرنوع نور خورشیدی به سطح زمین می شود. لکه های ابر دوده ای، به تدریج، به هم می پیوندند و بعداز ۱/۵ تا ۲ ماه، سراسر زمین را با لایهٔ ضخیم سیاهی می پوشانند، به نحوی که عملاً مانع ورود هرگونه نوری می شوند. درهمان هفته های اول بعداز انفجار هسته ای، متوسط حرارت درنیم کرهٔ شمالی ۱۵ تا ۲۰ درجه پایین می آید. دربرخی نقطه ها، مثل شمال ارو پا، تا ۳۰ درجه و درساحل شرقی امریکا و یا ناحیه های مرکزی سیبری ۴۰ تا ۵۰ درجه کاهش پیدا می کند. وقتی که پوشش دوده ای ضخیم، تشکیل شد، این سرما به منطقه های نیم کرهٔ جنوبی هم راه پیدا می کند. در منطقهٔ استوایی، میزان حرارت به ۱۵ تا ۲۰ درجه می رسد. حتّی آنتارکتید هم دچار سرما می شود.

درتمامی گردش جوّی، تغییرهای جدّی به وجود می آید. همه با «دوره های گردش هادلی» آشنا هستیم: هوای گرم منطقه های استوایی بالا می رود، سپس، به طرف ناحیه های قطبی حرکت می کند، درآن جا سرد می شود و پایین می آید و بعد، به تدریج، درطول سطح زمین دو باره به منطقه های استوایی برمی گردد. درآن جا دو باره گرم می شود، بالا می رود و غیره. و این، جریان اصلی نیرو در جوّ زمین است که در تنظیم چرخش های جوّی، نقشی اساسی دارد. محاسبهٔ پی آمدهای جنگ هسته ای نشان می دهد که وقتی ابر دوده به طرف جنوب حرکت کند و گرم شدن منطقهٔ استوایی قطع شود، دیگر مبنایی برای تشکیل «چرخش هادلی» باقی نمی ماند. بیابان های عربستان و صحرای شمال افریقا هم، همچون آنتارکتیک سرد می شوند. محاسبه نشان می دهد که «چرخش هادلی» آغاز به کُندشدن می کند و، سپس، از بین می رود. ابرهای سیاه دوده، به تدریج نیم کرهٔ جنوبی را هم فرامی گیرد و «شب هسته ای» و «زمستان هسته ای» سیاه در استرالیا، امریکای جنوبی و آنتارکتید هم فرا می رسد. درابتدای بعدازماه سوم برخورد هسته ای، سیاهی و تاریکی سراسر کرهٔ زمین را فرا می گیرد.

در منطقهٔ حارّه ای، (در سرزمین های جنگلی افریقا و آمازون)، در همه جا، درجهٔ حرارت به زیر صفر می رسد. تنها در اقیانوس های منطقهٔ استوایی، درجهٔ حرارت مثبت باقی می ماند. به خاطر ظرفیّت حرارتی عظیم آب، درجهٔ حرارت در سطح اقیانوس، خیلی کم و تنها در حد ۱۰ درجه پایین می آید، یعنی درجهٔ حرارت مثبت باقی می ماند.

به تدریج دوده فرو می نشیند، عبور نور از جوّ آغاز می شود و کم کم رو به گرمی می رود. ولی، این روند، بعضی ویژگی ها دارد. چون دورتا دور زمین را سیاهی گرفته است، ظاهراً باید مقدار انرژی که زمین به فضا منعکس می کند، نسبت به امروز، خیلی کمترباشد. به زبان دیگر، زمین انرژی خورشیدی را روی هم، بیشتر از امروز جذب می کند. ولی این انرژی که از خورشید گرفته می شود، در لایه های بالایی جوّ، درآن جا که پوشش سیاه وجود دارد، متمرکز می شود. ضمناً، درشرایط امروزی، گرمای جوّ از طریق سطح زمین می رسد. درشرایط معمولی، هوای سرد سنگین روی هوای گرم سبک ترقرار دارد. همین امر، موجب ناآرامی جوّ است: هوای سبک تر بالا می رود و هوای سرد پایین می آید و جای آن را می گیرد. سرچشمهٔ جریان های قائم هوا از همین جاست و همین جریان ها هستند که موجب تشکیل ابر و ریزش باران می شوند. بعداز فاجعهٔ هسته ای، همه چیز دگرگون می شود. لایه های بالایی جوّ تا

حد ۱۰۰ درجهٔ سانتی گراد گرم می شود، درحالی که برسطح زمین، درجهٔ حرارتی بی اندازه پایین و منفی حاکم است. در چنین وضعی، جوّ به مراتب آرام تر و پایدارتر از امروز خواهد شد که، درنتیجه، موجب توقّف انتقال هوا می شود. به این مناسبت، نور خیلی کُندتر از آن چه در ابتدا تصوّر می شد، به زمین می رسد. ویژگی «شب هسته ای» و «زمستان هسته ای»، در ماه های اول، خیلی به کُندی تغییر می کند. روشنایی تنها از آغاز ماه چهارم شروع می شود. این روند با کُندی بسیار انجام می گیرد، زیرا جریان قائم هوا وجود ندارد و، بنابراین، ابر تشکیل نمی شود و برای شستن دوده ها، بارندگی پیش نمی آید. فرونشستن توده های دوده، تنها به حساب جاذبه انجام می گیرد.

همراه با روشنایی، به تدریج آتمسفر گرم می شود. همچنین حرارت، از طریق گرمای لایه های بالای جوّ هم، البته بسیار کُند، به لایه های پایین می رسد. وقتی بخواهید آب را گرم کنید، ظرف آب را مستقیماً روی سطح مار پیچ الکتریکی قرار می دهید. ولی فرض کنید، مار پیچ الکتریکی را روی ظرف آب گذاشته باشید؛ البته، به این ترتیب هم، آب گرم می شود، ولی تنها به وسیلهٔ هدایت گرما و، بنابراین، باصرف وقت زیاد. به همین مناسبت است که، باوجود گرمای زیاد لایه های بالای دوده، برای گرم شدن جوّ، ماه ها وقت لازم است. نخستین گرما را هیمالیا و سایر سلسله کوه های بلند احساس خواهند کرد. یخ ها و برف های همیشگی آغاز به آب شدن می کنند. توده های عظیم آب به پایین سرازیر می شوند که خود می تواند موجب بلیه هـای زیادی باشد. ولی درواقع، این بلیه ها شاهدی ندارند. روند فاجعه آمیز آب شدن، آنتارکتید را هم در بر خواهد گرفت، جایی که ارتفاع یخ به ۵ کیلومتر می رسد.

یک پدیدهٔ دیگر هم با «شب هسته ای» همراه است. قبلاً گفتیم که درجهٔ حرارت سطح اقیانوس ها، به طور نسبی، کاهش کمی دارد. اختلاف درجهٔ حرارت عظیمی بین خشکی و آب، و هوا و آب پدید می آید و معلوم است که، این وضع، چه طوفان های هراس انگیزی را درناحیه های ساحلی به وجود می آورد.

در مرکز محاسبه ای فرهنگستان علوم اتّحاد شوروی، روندهای جوّ و اقیانوس ها را، برای ۳۸۰ روز بعداز فاجعه، حساب کرده ایم. معلوم شده است که، حتّی بعداز یک سال هم، آسمان درخشش خودرا به طور کامل بازنمی یابد و هنوز، ترکیب جوّ، با حالت عادی امروزی آن، خیلی فرق دارد. بیوسفر درنتیجهٔ ضربهٔ هسته ای، به کلّی دگرگون می شود. آیا شرایط بیوسفر به گونه ای خواهد بود که اساساً بخشی، ولو بخش کوچکی، از نسل انسانی بتواند درآن، زندگی خودرا ادامه دهد؟ هنوز نمی توانیم به این پرسش، پاسخ بدهیم.

محاسبه هایی را که در سال ۱۹۸۳ انجام داده بودیم، بارها تکرار کردیم، مُدل را مرتّباً تکمیل و تکمیل تر کردیم، ولی اساس نتیجه گیری ها، به طور اساسی تغییر نکردند. در سال ۱۹۸٤، محاسبه های تازه ای را انجام دادیم. این محاسبه ها نشان داد که، حتّی اگر در جنگ هسته ای از ۱۰۰ تا ۱۵۰ مگاتن سوخت هسته ای استفاده شود (یعنی ۵۰ بار کمتر از سناریوی ساگان)، بازهم شهرهای اصلی ارو پا، آسیا و امریکا، دچار طوفان آتش خواهند شد، ابر دوده درحدّی به وجود می آید که «زمستان هسته ای» را آغاز خواهد کرد و بازهم ماه ها طول می کشد تا «زمستان هسته ای» به پایان برسد، و همین کافی است تا زندگی انسان را از روی زمین براندازد.

می خواهم تأکید کنم که، در آزمایش ریاضی خود، بارها و بارها محاسبه کردیم، عامل های مختلف را تغییر دادیم، ده ها بار و با قدرت های مختلف، ضربهٔ هسته ای، آزمایش خودرا تکرار کردیم، ولی نتیجه گیری ها، در اساس، تغییری نکردند: بعداز جنگ هسته ای دوران «شب هسته ای» فرا می رسد و ماه ها طول می کشد. همراه باآن «زمستان هسته ای» هم آغاز می شود. و این، فاجعه ای جبران ناپذیر برای سرتاسر زمین است. سرچشمهٔ آب های شیرین یخ می بندد و این، کابوسی است که دامن هرموجود زنده ای را خواهد گرفت، چه در امریکا باشد، یا ارو پا و یا قطب جنوب.