قرأت لك

# الشتاء النووى

ياسر عبد الجواد السيد
مدير مركز تنبؤات
مطار القاهرة
e-mail:yassergwad59@google.com


**يعرف الشتاء النووي بأنه تأثير تبريد مناخي عالمي شديد وطويل الأمد يُفترض حدوثه بعد عواصف نارية واسعة النطاق عقب حرب نووية واسعة النطاق. وتستند الفرضية إلى حقيقة أن مثل هذه الحرائق يمكن أن تضخ السخام في طبقة الستراتوسفير، حيث يمكن أن تمنع بعض أشعة الشمس المباشرة من الوصول إلى سطح الأرض. ومن المتوقع أن يؤدي التبريد الناتج إلى فشل المحاصيل على نطاق واسع مما يؤدى الى المجاعات.**

الشتاء النووي هو مصطلح يطلق على نظرية تصف التأثيرات المناخية للحرب النووية.

إن الدخان الناتج عن الحرائق التي أشعلتها الأسلحة النووية، وخاصة الدخان الأسود المنبعث من المدن والمنشآت الصناعية التي دمرت بفعل هذه الأسلحة النووية، سوف يتم تسخينه بواسطة الشمس، ويرتفع إلى طبقة الستراتوسفير العليا، وينتشر على مستوى العالم، ويستمر لسنوات. إن الظروف الباردة والمظلمة والجافة الناتجة على سطح الأرض من شأنها أن تمنع نمو المحاصيل لموسم نمو واحد على الأقل، مما يؤدي إلى مجاعة جماعية في معظم أنحاء العالم. بالإضافة إلى ذلك، سيكون هناك استنفاد هائل للأوزون، مما يسمح بتعزيز الأشعة فوق البنفسجية. ومن الممكن أن يموت عدد أكبر من الناس في البلدان غير المقاتلة مقارنة بالبلدان التي أسقطت فيها القنابل، وذلك بسبب هذه التأثيرات غير المباشرة. إن الانتشار النووي يؤدي الآن إلى توسيع نطاق التهديد. إن حرباً نووية بين بلدين تمتلكان سلاح نووى من الممكن أن تنتج قدراً كبيراً من الدخان قد يؤدي إلى تغير بيئي عالمي غير مسبوق في تاريخ البشرية المسجل. ورغم أن عدد الأسلحة النووية في العالم انخفض من ٧٠ألف سلاح في ذروته في الثمانينات إلى أقل من ١٠آلاف سلاح منتشر حاليا، فإن الحرب النووية بين الولايات المتحدة وروسيا مثلا من الممكن أن تؤدي إلى شتاء نووي.

لا يمكن اختبار مثل هذه التأثيرات في علمنا الحالي بشكل مباشر . ومع ذلك، يمكن لامثلة مشابهة أن تخبرنا عن بعض هذه التأثيرات مثل :الدورة الموسمية، والدورة النهارية، والغابات، والحرائق، و الانفجارات البركانية، والعواصف الترابية على المريخ. إن الطريقة الوحيدة للتأكد من منع التأثيرات المناخية للحرب النووية هي تخليص العالم من الأسلحة النووية.

في ثمانينيات القرن العشرين، بعد أن أشار العالم كروتزن وبيركس إلى أن الدخان الناتج عن الحرائق بعد حرب نووية يمكن أن يكون له تأثيرات مناخية مهمة، استخدم أيضا العالم توركو وزملاؤه نموذجًا

مناخيًا إشعاعيًا-حمليًا ووجدوا أن درجات حرارة الهواء السطحي يمكن أن تنخفض إلى ما دون درجة التجمد في منتصف القارات من آثار الدخان الناتج عن حرب نووية واسعة النطاق بين الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتي.

لقد صاغوا مصطلح «الشتاء النووي» لوصف هذه النتيجة، والتي تلخص في كلمتين بإيجاز وهما:التأثير والاستجابة.

وأظهرت أعمال أخرى بعد ذلك بوقت قصير، أجراها علماء غربيون وسوفيت بشكل مشترك، أنه بالنسبة لحرب نووية واسعة النطاق بين الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتي، فإن الدخان الناتج عن الحرائق التي أشعلتها الأسلحة النووية، وخاصة الدخان الأسود السخامي المنبعث من النيران التي أحرقت المدن والمنشآت الصناعية ستحجب أشعة الشمس عن الكوكب بأكمله. إن الظروف الباردة والمظلمة والجافة الناتجة على سطح الارض من شأنها أن تمنع الزراعة لسنوات. وتؤدى الى المجاعات الجماعية في أفريقيا وفى غيرها. فمن الممكن أن يموت عدد أكبر من الناس في الهند أو الصين نتيجة لحرب نووية، حتى لو لم يتم إسقاط القنابل هناك، وهو عدد أكبر من الذين قد يموتون في الولايات المتحدة وروسيا مجتمعتين. كان هذا العمل محدودًا بالنماذج المناخية وأجهزة الكمبيوتر الحالية، لكن الفيزياء الأساسية للموقف، والتي تقول إن حجب ضوء الشمس يبرد السطح، لم تكن محل شك. وكان المجهول الأكبر هو كمية الدخان التي سيتم إنتاجها ومدة بقائها في الغلاف الجوي.

اقترح بعض العلماء فى البداية استنادًا إلى بعض التجارب المبكرة مع نموذج الدوران العام GCMالذي كان محدودًا في المدى الرأسي وطول المسافات دحض نظرية الشتاء النووي. لكن سرعان ما تم التراجع عن هذا الاقتراح بعد استخدام نماذج المناخ الحديثة وأجهزة الكمبيوتر الاكثر تطورا فقد أظهرت النتائج أن نظرية الشتاء النووي كانت صحيحة، وأن التأثيرات في الواقع سوف تستمر لسنوات عديدة، لفترة أطول بكثير مما كان يعتقد سابقا.

فى البداية انخفض عدد الأسلحة النووية في العالم إلى ثلث العدد الأقصى الذي بلغ أكثر من ٧٠ألفاً في ثمانينيات القرن العشرين،ونصت المعاهدات بعد ذلك على أن تكون الترسانة العالمية أقل من ١٠٪ من هذا العدد بحلول عام ٢٠١٢. ومع ذلك، فحتى هذه الترسانة، إذا استُخدمت، قد تُغرق الكوكب في شتاء نووي . علاوة على ذلك، يمثل الانتشار النووي الآن مشكلة تتمثل في أن حربًا نووية بين دول نووية جديدة، مثل الهند وباكستان، تستخدم أقل بكثير من ١٪ من الترسانة العالمية الحالية، يمكن أن تنتج قدرًا كبيرًا من الدخان، يمكن أن يؤدي ذلك إلى تغير بيئي عالمي لم يسبق له مثيل في تاريخ البشرية المسجل.

يناقش هذا المقال أولاً تاريخ ترسانات الأسلحة النووية ويستعرض نظرية الشتاء النووي. ثم يقدم محاكاة لنموذج مناخي جديد لتأثيرات الدخان الهائل الناتج عن الحرائق في الغلاف الجوي، ونظائرها المتعددة التي تمنحنا الثقة في الأجزاء المختلفة من النظرية. وبعد ذلك، يتم وصف العواقب البيولوجية لهذه التغيرات المناخية. وأخيرا، تتم مناقشة الآثار المترتبة على السياسات.

## تاريخ الترسانة النووية

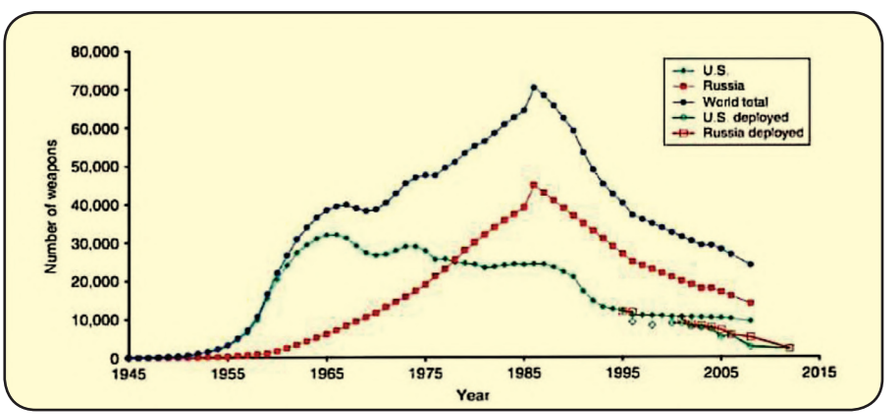
في ٦أغسطس ١٩٤٥، ألقيت قنبلة نووية بقوة ١٥كيلو طن على مدينة هيروشيما باليابان، مما أسفر عن مقتل ما يقرب من ١٥٠ألف شخص. (١كيلو طن تعني القوة الانفجارية لـ ١٠٠٠طن من مادة تي إن تي؛ ١طن = ١٠٠٠كيلو طن). مات العديد من هؤلاء الأشخاص بسبب الحرائق التي أشعلتها القنبلة، والتي حولت المدينة إلى جحيم مستعر، ضخت سحبًا كثيفة من الدخان عاليًا في جو المدينة. ويبين الشكل ١بقايا المدينة. أين ذهبت كل المباني؟ وتحول جزء كبير منهم إلى الدخان. كان من الممكن أن يموت عدد أكبر من الأشخاص لولا توفر المساعدة على الفور من خارج المدينة في شكل رعاية طبية وطعام ومياه ومأوى. وبعد ثلاثة أيام، أسقطت قنبلة زنة ٢٠كيلو طن على ناجازاكي، مما أسفر عن مقتل عشرات الآلاف أيضًا، ولكن منذ ذلك الحين لم يتم استخدام القنابل النووية في الحرب.

ندما تم تطوير نظرية الشتاء النووي لأول مرة في أوائل الثمانينيات، في ذروة سباق التسلح النووي، كان العالم يمتلك أكثر من ٥٠ألف سلاح نووي. والآن، بعد انتهاء الحرب الباردة، تعمل الولايات المتحدة وروسيا على خفض

عدد ترسانتيهما النوويتين. ومع ذلك لايزال حوالى ٨٥٠٠ سلاح نووى منتشر فى العالم (اعتبارًا من عام)، لا يزال هناك الكثير مما هو ضروري لإنتاج الشتاء النووي ( الشكل ٢).

(شكل ١)

تصبح القوة التفجيرية الإجمالية للترسانة الحالية أكثر أهمية عند النظر إليها من منظورها الصحيح. هناك قوة انفجارية تعادل أكثر من طن واحد من مادة تي إن تي لكل إنسان على وجه الأرض. كانت قنبلة هيروشيما بقوة ١٥كيلوطن تمثل ٠,٠٠٠١٨٪ فقط من الترسانة العالمية الحالية. إذا ألقيت قنبلة واحدة بحجم هيروشيما كل يوم، فسوف يستغرق الأمر أكثر من ١٥٥٠عامًا لاستخدام الترسانة الحالية. بلغت القوة الانفجارية الإجمالية لجميع القنابل التي ألقيت في الحرب العالمية الثانية بأكملها، والتي قُتل خلالها ٥٠مليون شخص، بما في ذلك هيروشيما وناجازاكي، ٣ملايين طن و٤ملايين طن من تلك التي أسقطت في حرب فيتنام. ومع ذلك، لدينا الآن قوة تفجيرية تعادل ٨٥٠مرة تلك القوة التفجيرية في الترسانات

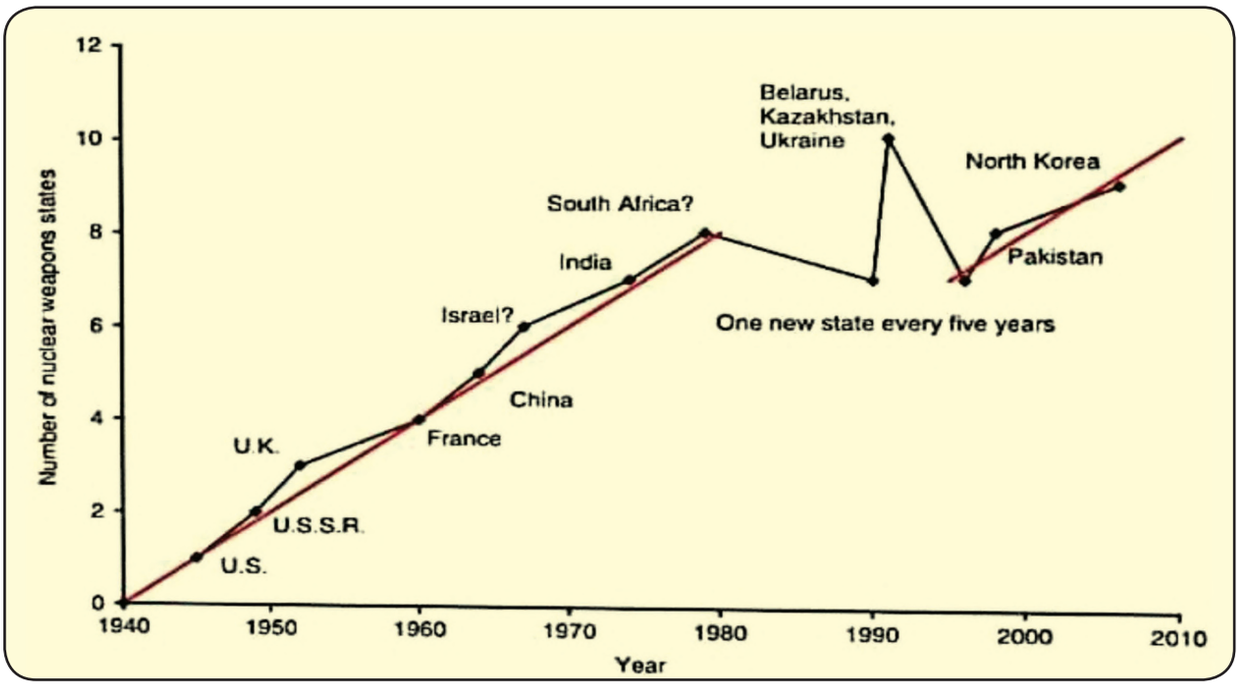



(شكل ٢)

العالمية. ويتزايد عدد الدول الحائزة للأسلحة النووية، مما يزيد من خطر إمكانية استخدام هذه الأسلحة (الشكل ٣). وهذا يوضح ضخامة الإمكانية الحالية للتدمير وما ينتج عنه من غبار نووي.

## كيف يمكن إنتاج الشتاء النووي؟

يشبه الانفجار النووي جلب قطعة من الشمس إلى سطح الأرض لجزء من الثانية. حوالي ثلث طاقة الانفجار النووي تكون على شكل ضوء أو حرارة. مثل عود الثقاب العملاق، يتسبب في حرق المدن والمناطق الصناعية. الافتراض الذي تم وضعه في العديد من سيناريوهات الشتاء النووي هو أن أي شيء يتلقى أكثر من ١٠سعرات حرارية لكل سنتيمتر مربع في الدقيقة (حوالي ٧٠٠٠واط / م٢يعادل ذلك ٢٠ضعف متوسط كمية الطاقة الواردة في الجزء العلوي من الغلاف الجوي للأرض من الشمس) سوف يشتعل فيه النيران. وقد تجلى ذلك في الاختبارات الفعلية




(شكل٣)

التي أجريت في ولاية نيفادا قبل حظر التجارب النووية في الغلاف الجوي. لقد تطورت المدن الكبرى في الهند وباكستان ودول نامية أخرى، الأمر الذي يوفر كميات هائلة من الوقود للحرائق المحتملة. بعد وميض الضوء تأتي موجة الانفجار (مثل الرعد الذي يتبع البرق) والتي ستكسر العديد من الهياكل وتطفئ النيران، لكن الهياكل المنهارة تحترق بسهولة أكبر وستشتعل الحرائق من جديد عن طريق حرق الجمر والشرر الكهربائي. تخيل مدى سهولة احتراق منزل عندما تكون خطوط الغاز مفتوحة. في الواقع، هناك العديد من مصادر الوقود القابلة للاشتعال للحرائق في المدن، بما في ذلك المباني ومحتوياتها، والأشجار، وحتى الأسفلت. المواد الحديثة، مثل البلاستيك، لا تحترق فقط بدخان سخام، ولكنها تنتج أيضًا مستويات عالية من المواد الكيميائية السامة. إن التأثيرات المباشرة للأسلحة النووية والانفجارات والنشاط الإشعاعي والحرائق والتلوث الواسع النطاق من شأنها أن تقتل ملايين الأشخاص، ولكن فقط أولئك القريبين من الأهداف. ومع ذلك، سيكون للحرائق تأثير آخر. ستتصاعد كميات هائلة من الدخان الداكن الناتج عن الحرائق إلى طبقة التروبوسفير العليا، على ارتفاع ١٠-١٥كيلومترًا فوق سطح الأرض في المناطق الاستوائية، و٦-٨كيلومترات فوق السطح في خطوط العرض الأعلى، ومن ثم يؤدي امتصاص ضوء الشمس إلى زيادة تسخين الدخان، مما يؤدي إلى رفع درجة حرارة الدخان. إلى طبقة الستراتوسفير، وهي الطبقة التي سيستمر فيها الدخان لسنوات، دون هطول أمطار ليغسلها. تعتمد التأثيرات المناخية لاستخدام الأسلحة النووية على كمية الدخان التي ستنتجها، وهذا يعتمد على الأهداف. ولا تدعو خطط الاستهداف النووي إلى استهداف المدن فحسب، بل أيضا المنشآت الصناعية مثل مصافي النفط والآبار. كما ستوفر الغابات المحيطة بالأهداف العسكرية الوقود. كل هذه الأهداف مجتمعة ستنتج سحبًا من الدخان الأسود الذي يرتفع إلى الغلاف الجوي.

مقابل ٥٠سلاحًا نوويًا يتم إسقاطها على بلدين، على الأهداف التي من شأنها أن تنتج أكبر قدر ممكن من الدخان، سيتم إنتاج ما يصل إلى ٥تيراغرام من الدخان الأسود، وهو ما يمثل الكمية المنبعثة من الحرائق والكمية التي جرفتها الأمطار على الفور. بالنسبة لحرب بين الولايات المتحدة وروسيا، حتى مع الترسانات الإجمالية التي تبلغ حوالي ٤٠٠٠سلاح مخطط لها لعام ٢٠١٢بموجب المعاهدات الحالية، يمكن أن تنتج الحرائق ١٥٠تيراغرام من الدخان. ومع ارتفاع الدخان إلى طبقة الستراتوسفير، سيتم نقله. حول العالم بفعل الرياح السائدة.

محاكاة لنموذج مناخي لتأثيرات الدخان الهائل الناتج عن الحرائق في الغلاف الجوي كانت عمليات

محاكاة النماذج المناخية السابقة لتأثير حقن الدخان بكميات كبيرة من الحرائق النووية محدودة بسبب الوقت المتاح للكمبيوتر، والبيانات المتاحة، وقلة عدد الأشخاص الذين يعملون على حل المشكلة. لقد استخدموا نماذج الحمل الإشعاعي ذات العمود الواحد، أو نماذج توازن الطاقة، أو نماذج الدوران العام في الغلاف الجوي منخفضة الدقة والتي تأخذ في الاعتبار فقط الغلاف الجوي السفلي، وتجاهلت تغيرات المحيطات، وتم تشغيلها لفترات قصيرة جدًا. وهذا ما منعهم من حساب عمر الدخان أو الاستجابات طويلة المدى. ومع ذلك، فقد تم الآن تطبيق النماذج المناخية الحديثة على هذه المشكلة.

وتجد عمليات محاكاة النموذج المناخي الجديدة هذه، مع القدرة على تضمين الغلاف الجوي والمحيطات برمتها، أن الدخان سيرتفع عن طريق التسخين الشمسي إلى طبقة الستراتوسفير العليا، حيث سيبقى لسنوات.

سوف تستمر التأثيرات المناخية للدخان الناتج عن حرق المدن والمناطق الصناعية لعدة سنوات، وهي فترة أطول بكثير مما كنا نعتقد سابقًا. كما أن نشوب حرب نووية بين الهند وباكستان، حيث تستخدم كل دولة خمسين قنبلة ذرية بحجم قنبلة هيروشيما في قصف المناطق الحضرية، من الممكن أن يؤدي إلى تغير مناخي غير مسبوق في تاريخ البشرية المسجل.

وهذا سيكون أقل من ٠,٠٢٪ من القوة التفجيرية للترسانة العالمية الحالية. وهذا السيناريو نفسه من شأنه أن يؤدي إلى استنفاد الأوزون على مستوى العالم، لأن تسخين طبقة الستراتوسفير من شأنه أن يعزز التفاعلات الكيميائية التي تدمر الأوزون.

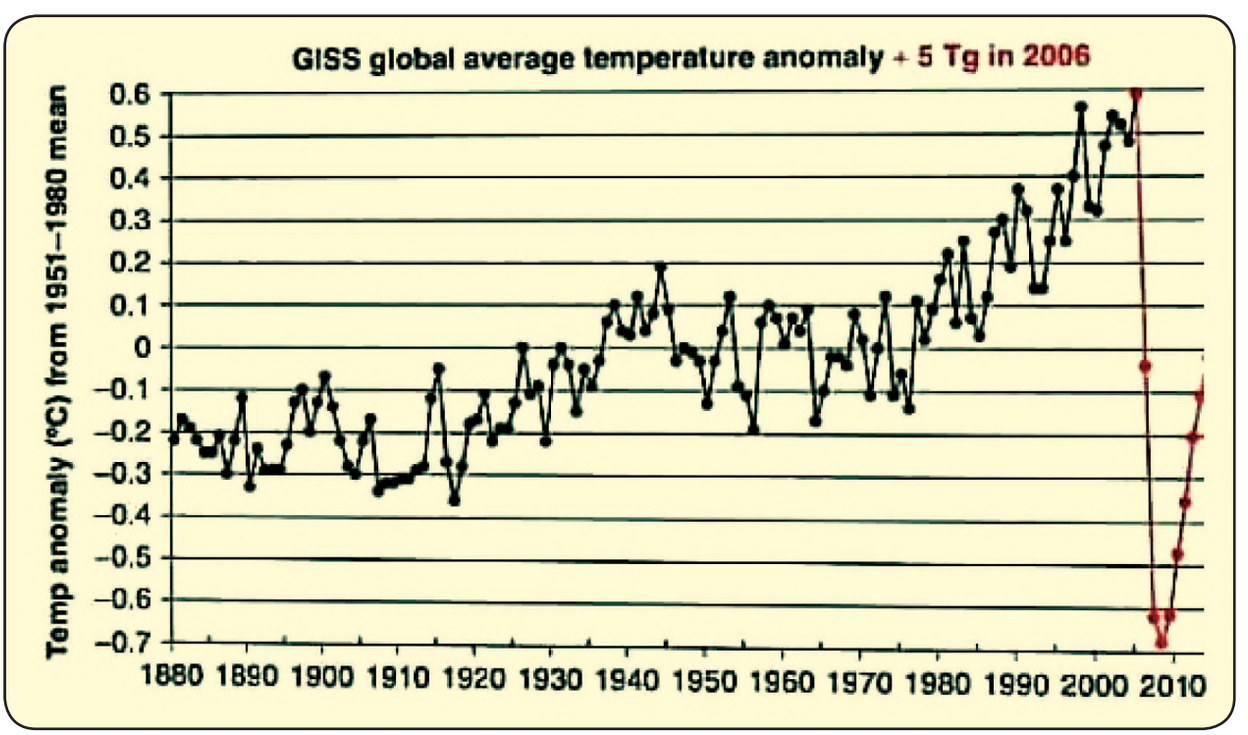
ويبين الشكل ٤ التغيرات في درجات الحرارة العالمية بعد حقن ٥ تيراغرام من الدخان في طبقة التروبوسفير العليا في المناطق شبه الاستوائية.

وسوف ينخفض متوسط درجات الحرارة العالمية بسرعة إلى قيم أقل من تلك التي كانت سائدة في العصر الجليدي الصغير (١٥٠٠-١٨٥٠).

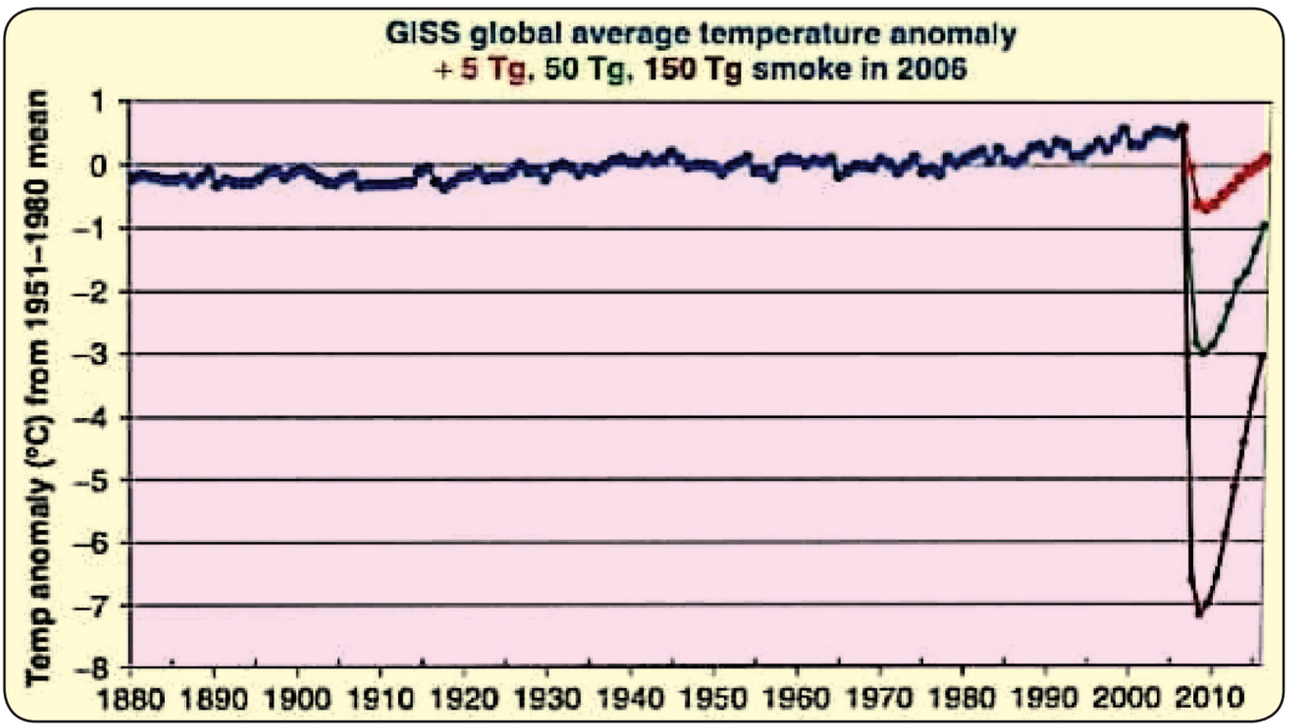
كما ستضعف الدورة الهيدرولوجية العالمية، مما سيؤدي إلى انخفاض متوسط هطول الأمطار العالمي بنسبة ١٠٪. وفي حين أن درجات الحرارة هذه لن تكون شبيهة بفصل الشتاء، فإن مواسم النمو في مناطق خطوط العرض الوسطى في نصفي الكرة الأرضية ستنخفض بما يصل إلى بضعة أسابيع، مع احتمال حدوث آثار كبيرة على الإنتاج الزراعي.

سيستمر متوسط التبريد العالمي، البالغ حوالي ١,٢٥ درجة مئوية، لعدة سنوات، وحتى بعد ١٠ سنوات ستظل درجة الحرارة أبرد بمقدار ٠,٥ درجة مئوية من المعتاد.

قد لا تبدو هذه الأرقام كبيرة، ولكن




(شكل ٤)




(شكل٥)

حتى خلال العصر الجليدي الصغير، كانت درجات الحرارة العالمية أقل بحوالي ٠,٥درجة مئوية فقط من المعدل الطبيعي. من حين لآخر تنتج الانفجارات البركانية الكبيرة تبريدًا مؤقتًا لمدة عام أو عامين.

كان ثوران بركان تامبورا عام ١٨١٥في إندونيسيا هو الأكبر خلال الخمسمائة عام الماضية، وقد أنتج تبريدًا عالميًا بنحو ٠,٥درجة مئوية لمدة عام.

أصبح عام ١٨١٦معروفًا باسم "عام بلا صيف" . كان هناك صقيع يقتل المحاصيل كل شهر من أشهر الصيف في نيو إنجلاند. وارتفعت أسعار الحبوب بشكل كبير، وانخفضت أسعار الماشية مع قيام المزارعين ببيع الحيوانات التي لم يتمكنوا من إطعامها، وبدأت الهجرة الجماعية غربا من الساحل الشرقي للولايات المتحدة عبر جبال الآبالاش إلى الغرب الأوسط.

وفي أوروبا، حدثت مجاعات واسعة النطاق وكان الطقس باردا ومظلما وكئيبا للغاية، حتى أن ماري شيلي ألهمت لكتابة فرانكنشتاين في عام ١٨١٦.

ومن الممكن أن تؤدي الحرب النووية إلى انخفاض الإنتاج في كل مكان تقريبا في وقت واحد، مع تأثيرات قوية على نظام التجارة الزراعية العالمي. . يكرر الشكل ٥المنحنى من الشكل ٤، لكنه يضيف تغيرات في درجات الحرارة من حقن ٥و٥٠و١٥٠تيراغرام من الدخان في خطوط العروض الوسطى في نصف الكرة الشمالي. وحتى مع انخفاض الترسانات الروسية والأمريكية إلى ٦٪ من مستويات الثمانينات بحلول عام ٢٠١٢، فإن الحرب النووية بين البلدين قد تندلع. يمكن للولايات المتحدة وروسيا إنتاج ١٥٠تيراغرام من الدخان والشتاء النووي، مع انخفاض درجات الحرارة إلى ما دون درجة التجمد في الصيف في المناطق الزراعية الرئيسية، مما يهدد الإمدادات الغذائية لمعظم أنحاء الكوكب

## النظير يدعم النظرية

إن التأثيرات المناخية للحرب النووية بين القوى النووية الناشئة أو بين روسيا والولايات المتحدة هي نظريات تعتمد على حسابات نماذج الكمبيوتر. عادة، يختبر العلماء النظريات عن طريق إجراء التجارب، لكننا لا نريد أبدًا إجراء هذه التجارب في العالم الحقيقي.

وبالتالي فإننا نبحث عن نظائرها التي يمكن أن تبلغنا بأجزاء من النظرية. وهناك العديد من المقارنات التي تقنعنا بصحة النظرية:

### ١. المدن تحترق

ولسوء الحظ، لدينا العديد من الأمثلة على مدن تحترق، وعواصف نارية ناجمة عن الإطلاق المكثف للطاقة، وضخ الدخان إلى الغلاف الجوي العلوي. وتشمل هذه سان فرانسيسكو نتيجة لزلزال عام

١٩٠٦، والمدن التي قصفت في الحرب العالمية الثانية، بما في ذلك طوكيو ودريسدن وهامبورغ ودارمشتات وهيروشيما وناغازاكي. وفي نهاية حرب الخليج عام ١٩٩١، أشعلت القوات العراقية النار في حوالي ٧٠٠بئر نفط في الكويت. وكانت التأثيرات المناخية الناتجة صغيرة، حيث لم يصل الدخان إلى طبقة الستراتوسفير وكان كثيفًا فقط في المنطقة المجاورة. ومع ذلك، كان إجمالي كمية الدخان المنبعثة منها أقل بكثير من تلك التي يمكن أن تتولد من الحرائق على أهداف ذات وقود أكبر بكثير، مثل المدن أو المصافي، بخزانات النفط الموجودة فوق الأرض. ولذلك فإن الاستجابة المناخية الصغيرة لهذا الدخان لا تنفي نظرية الشتاء النووي.

### ٢. الدورة الموسمية

أعطى هذا التناظرية الشتاء النووي اسمه. وفي الشتاء يكون المناخ أكثر برودة، لأن النهار أقصر وضوء الشمس أقل كثافة. ومرة أخرى، يساعدنا هذا في تحديد تأثيرات تقليل الإشعاع الشمسي.

### ٣. الدورة النهارية

في الليل تغرب الشمس ويصبح الجو باردا على السطح. إذا لم تشرق الشمس غدًا، فلدينا بالفعل إحساس بديهي بمقدار التبريد الذي سيحدث ومدى سرعة التبريد.

### ٤. الانفجارات البركانية

إن الانفجارات البركانية المتفجرة، مثل تلك التي حدثت في تامبورا في عام ١٨١٥، وكراكاتاو في عام ١٨٨٣، وبيناتوبو في عام ١٩٩١، تقدم العديد من الدروس. وقد نُقلت سحابة الهباء الجوي الكبريتية الناتجة في الستراتوسفير حول العالم عن طريق الرياح، مما يدعم النتائج المستمدة من عمليات محاكاة نموذج المناخ.

وتنخفض درجة حرارة السطح بعد كل ثوران كبير، بما يتناسب مع سمك السحابة الستراتوسفيرية. في أعقاب ثوران بركان بيناتوبو، انخفض هطول الأمطار العالمي، وتدفق الأنهار، ورطوبة التربة، حيث أن تبريد الكوكب عن طريق حجب ضوء الشمس له تأثير قوي على تقليل التبخر وإضعاف الدورة الهيدرولوجية.وهذا أيضًا ما تظهره عمليات محاكاة الشتاء النووية.

### ٥. حرائق الغابات

أحيانًا يتم حقن الدخان الناتج عن حرائق الغابات الكبيرة في طبقة الستراتوسفير السفلية. ويتم نقل الدخان الناتج عن حرائق الغابات الكبيرة إلى مسافات كبيرة، مما يؤدي إلى التبريد تحت الدخان.

### ٦. العواصف الترابية على المريخ

في بعض الأحيان، تبدأ العواصف الترابية في منطقة واحدة من المريخ، ولكن يتم تسخين الغبار بواسطة الشمس، ويرتفع إلى الغلاف الجوي العلوي، وينتقل حول الكوكب ليغطيه بالكامل بغطاء من الغبار حيث يخفض درجات الحرارة أثناء النهار بعشرات الدرجات المئوية اعتمادًا على ذلك. على مقدار الغبار الموجود. يستغرق انتشار الغبار حول الكوكب بضعة أسابيع، تمامًا مثل محاكاة الكمبيوتر لدخان الشتاء النووي.

### ٧. انقراض الديناصورات

منذ حوالي ٦٥مليون سنة مضت، اصطدم كويكب بالأرض في شبه جزيرة يوكاتان بالمكسيك. سحابة الغبار الناتجة، الممزوجة بالدخان الناتج عن الحرائق، حجبت الشمس، وقتلت الديناصورات، وبدأت عصر الثدييات. ربما يكون هذا الانقراض في العصر الطباشيري قد تفاقم بسبب البراكين الضخمة في الهند في نفس الوقت. وهذا يعلمنا أن كميات كبيرة من الهباء الجوي في الغلاف الجوي للأرض تسببت في تغير مناخي هائل وانقراض الأنواع.

## و يقصد بالعصر الطباشيري

هو آخر العصور الثلاثة من عصور حقبة الحياة الوسطى (بالإنجليزية: Mesozoic Era)، وبدأ هذا العصر قبل ١٤٥مليون عام، وانتهى قبل نحو ٦٦مليون عام، أي أنّه استمر ما يقارب ٧٩مليون عام، وهذه الفترة هي الأطول في حقبة الحياة الوسطى، إذ شهدت انقراض الديناصورات بشكل تدريجي حتى انقرضت تمامًا في نهايتها.

## العواقب البيولوجية لهذه التغيرات المناخية

إن أهم نتيجة للشتاء النووي بالنسبة للبشر هي انقطاع الإمدادات الغذائية. ويأتي ذلك من الاضطرابات البيئية التي تقلل أو تقضي على الإنتاج الزراعي بالكامل وتعطيل آليات التوزيع. ومع ذلك، لم يكن هناك عمل جديد حول هذا الموضوع منذ الثمانينات.

هذا هو المجال الذي ستوفر فيه الأبحاث الجديدة، باستخدام سيناريوهات تغير المناخ من عمليات المحاكاة الحديثة، معلومات أكثر تحديدًا حول التأثيرات، وبالتالي فإن الاستنتاجات التالية عامة إلى حد ما.

لن يكون فقط من المستحيل عمليا زراعة الغذاء لمدة ٤-٥سنوات بعد محرقة نووية بلغ مقدارها

١٥٠مليون طن فحسب، بل سيكون من المستحيل أيضا الحصول على الغذاء من بلدان أخرى.

بالإضافة إلى انقطاع الغذاء، سيكون هناك العديد من الضغوط الأخرى لأي شخص على قيد الحياة. وتشمل هذه العوامل نقص الإمدادات الطبية والعاملين الطبيين، وارتفاع مستويات التلوث والنشاط الإشعاعي، والضغط النفسي، وتفشي الأمراض والأوبئة، وزيادة الأشعة فوق البنفسجية.

هناك العديد من الطرق التي تجعل الزراعة عرضة للشتاء النووي. البرد والظلام وحدهما كافيان لقتل العديد من المحاصيل. وفرضه على متوسط التبريد سيكون هناك اختلافات كبيرة. خلال صيف عام ١٨١٦في نيو إنجلاند، كان هناك صقيع قاتل في كل شهر صيف. يكفي يوم واحد فقط مع درجات حرارة أقل من درجة التجمد لقتل محاصيل الأرز.

وتعني درجات الحرارة الباردة مواسم نمو أقصر، كما تعني أيضًا نضجًا أبطأ للمحاصيل؛ يؤدي الجمع إلى عوائد أقل بكثير. معظم الحبوب التي تزرع في مناطق خطوط العرض الوسطى، مثل الذرة، هي في الواقع من أصل استوائي، ولن تنمو إلا في ظروف تشبه الصيف. على سبيل المثال، أظهرت دراسة أجريت في كندا أنه مع انخفاض درجات الحرارة في الصيف بمقدار ٣درجات مئوية فقط عن المعدل الطبيعي، فإن إنتاج القمح الربيعي سوف يتوقف. كما أن عدم كفاية هطول الأمطار من شأنه أن يجعل الزراعة صعبة.

إن الإنتاجية الهائلة لحزام الحبوب في الولايات المتحدة وكندا لا تغذي هذه البلدان فحسب، بل إنها تغذي أيضاً العديد من البلدان في بقية أنحاء العالم، حيث تؤدي التقلبات المناخية الطبيعية في كثير من الأحيان إلى انخفاض المحاصيل. هذه الإنتاجية هي نتيجة لتقنيات الزراعة الحديثة التي تسمح لنسبة ضئيلة من السكان بإنتاج أكثر مما يكفي للبقية.

وللقيام بذلك، هناك حاجة إلى دعم هائل للطاقة. يعتمد المزارعون على الوقود لآلاتهم، والأسمدة، والمبيدات الحشرية، والتي لن يكون أي منها متاحًا أو موزعًا في أعقاب الحرب. علاوة على ذلك، تتمتع الحشرات بقدرة أكبر على تحمل الإشعاع والضغوط التي قد تتبعه مقارنة بالحيوانات المفترسة، مثل الطيور. كل ما قد ينمو سوف تأكله الآفات، وهي بالفعل مشكلة كبيرة في الإنتاج اليوم. كما تم تصميم البذور المستخدمة لإنتاج إنتاجية عالية بافتراض المناخ الحالي ومدخلات المواد الكيميائية والطاقة كما نوقش أعلاه.

لن تنمو هذه البذور جيدًا في بيئة نمو متغيرة جذريًا. إن اعتمادنا على التكنولوجيا هو لدرجة أنه إذا خرج كل إنسان في الولايات المتحدة إلى الحقول لمحاولة زراعة المحاصيل بالعمل اليدوي، وإذا كانوا يعرفون ما يفعلونه، وإذا كان لديهم ما يكفي من الطعام لتناوله، وإذا كانوا يتمتعون بصحة جيدة لكنهم ما زالوا غير قادرين على إنتاج ما يتم إنتاجه اليوم. وبالتالي، فإن معظم سكان العالم مهددون بالمجاعة في أعقاب حرب نووية واسعة النطاق. ويعتمد العدد الذي سيبقى على قيد الحياة على كمية الطعام المخزنة وكمية الطعام التي يمكن إنتاجها محليا. خلصت الدراسات السابقة التي أجريت في بلدان مختلفة حول العالم إلى أنه حتى مع الافتراضات المتفائلة للغاية بوجود أنظمة توزيع مثالية داخل البلدان، فإن كل شخص سيبقى على قيد الحياة يصبح نباتيًا ويأكل الحد الأدنى اللازم للبقاء على قيد الحياة، بينما لا يهدر الآخرون أيًا من الطعام، يمكن أن تستمر دول آسيا وإفريقيا وأمريكا الجنوبية لمدة شهر إلى شهرين فقط. في كثير من الدول، يتحول الناس إلى مجرد صيادين/جامعي الثمار دون أن يكون لديهم ما يصطادونه والقليل الثمين الذي يمكنهم جمعه. ومن شأن التأثيرات على الصحة أن تزيد من البؤس. يمكن أن ينتج نقص المناعة عن طريق أي مما يلي: الحروق والصدمات، والنشاط الإشعاعي، وسوء التغذية، والضغط النفسي، والأشعة فوق البنفسجية فئة B. كل هذه الأمور ستكون حاضرة للناجين في الدول المستهدفة. التلوث الناتج عن الديوكسينات وثنائي الفينيل متعدد الكلور والأسبستوس والمواد الكيميائية الأخرى سيجعل الهواء غير صحي للتنفس. الضغط النفسي الشديد سيمنع الناجين من بذل الجهود للاستمرار في الوجود. قد يعتقد المرء أن شاطئ المحيط سيكون مكانًا جيدًا للبقاء على قيد الحياة لأن درجات الحرارة لن تنخفض كثيرًا، وسيكون هناك الكثير من الطعام الذي يمكن صيده. على الرغم من أن المحيط لن يبرد بسرعة كبيرة، إلا أن الظلام سيقضي على العوالق النباتية، التي تشكل قاعدة السلسلة الغذائية للمحيطات. وهذا، إلى جانب التلوث السام والإشعاعي، من شأنه

أن يحد بشدة من مصادر الغذاء في المحيطات. علاوة على ذلك، فإن التناقضات الكبيرة في درجات الحرارة بين المحيطات واليابسة من شأنها أن تنتج عواصف قوية من شأنها أن تجعل الصيد صعبا في أحسن الأحوال. وفي حين أنه من المهم أن نشير إلى عواقب الشتاء النووي، فمن المهم أيضًا أن نشير إلى ما لن يكون له عواقب. على الرغم من أن انقراض جنسنا البشري لم يكن مستبعدًا في الدراسات الأولية التي أجراها علماء الأحياء، إلا أنه يبدو الآن أن هذا لن يحدث. سيكون لدى البشر فرصة أفضل للبقاء على قيد الحياة، خاصة في أستراليا ونيوزيلندا. كما أن الأرض لن تدخل في العصر الجليدي. وتستغرق الصفائح الجليدية، التي غطت أمريكا الشمالية وأوروبا قبل ١٨ألف سنة فقط، وكانت سماكتها أكثر من ثلاثة كيلومترات، عدة آلاف من السنين لتتراكم من طبقات الثلوج السنوية، ولن تدوم الاضطرابات المناخية لفترة كافية لإنتاجها. لن يكون لاستهلاك الأكسجين الناتج عن الحرائق أي أهمية، وكذلك التأثير على الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي من خلال إنتاج ثاني أكسيد الكربون. ومع ذلك، فإن عواقب الشتاء النووي شديدة بما فيه الكفاية دون هذه التأثيرات الإضافية.

السيناريوهات المختلفة التي يمكن أن تغرق الأرض في شتاء نووي إن حقن ٥تيراجرام فقط من الدخان في طبقة التروبوسفير العليا من شأنه أن يؤدي إلى انخفاض درجات الحرارة العالمية إلى قيم أقل من تلك التي كانت سائدة في العصر الجليدي الصغير (١٥٠٠-١٨٥٠). أي أنه خلال العصر الجليدي الصغير، كانت درجات الحرارة العالمية أبرد بمقدار نصف درجة مئوية، ولكن في سيناريو الشتاء النووي ستنخفض بنحو ١,٢٥درجة، وتستمر لعدة سنوات، وبعد ١٠سنوات ستظل أبرد بمقدار ٠,٥درجة من المعتاد. سينخفض هطول الأمطار على مستوى العالم بنسبة ١٠٪.

على الرغم من أن درجات الحرارة هذه لن تكون مثل الشتاء، إلا أن مواسم النمو في مناطق خطوط العروض الوسطى في نصفي الكرة الأرضية ستنخفض بما يصل إلى بضعة أسابيع، مع احتمال حدوث تأثيرات كبيرة على الإنتاج الزراعي.

ويقول الباحثون إن الحرب النووية بين الولايات المتحدة وروسيا يمكن أن تنتج ١٥٠تيراغرام من الدخان والشتاء النووي، مع انخفاض درجات الحرارة إلى ما دون درجة التجمد في الصيف في المناطق الزراعية الرئيسية، مما يهدد الإمدادات الغذائية لمعظم أنحاء الكوكب.

في عام ٢٠٢٢،تم طرح السؤال الاتى : هل يستطيع البشر النجاة من حرب نووية بين الناتو وروسيا؟ الإجابة المختصرة هي نعم، ولكن الغالبية العظمى من السكان سيعانون من وفيات مزعجة للغاية بسبب الحروق والإشعاع والمجاعة، ومن المرجح أن تنهار الحضارة الإنسانية تمامًا. سوف يكسب الناجون لقمة العيش على كوكب مدمر وقاحل.

هناك دراسة تبحث في التأثيرات المحتملة لتبادل نووي لحوالي ١٠٠انفجار بحجم هيروشيما على المناطق الأكثر اكتظاظا بالسكان في الهند وباكستان. وهذا السيناريو، وهو نفس السيناريو الذي من شأنه أن يولد حوالي ٥تيراغرام من الدخان المملوء بالسخام، مما يؤدي إلى انخفاض درجة حرارة سطح الأرض بمقدار ١,٨درجة في السنوات الخمس الأولى.

## الآثار المترتبة على السياسة

إن الطبيعة الانتحارية لاستخدام الأسلحة النووية هي واحدة من أهم الآثار المترتبة على السياسة. إذا استخدمت الدولة "أ"ما يكفي من الأسلحة ضد أهداف عسكرية فقط لمنع الدولة "ب"من الانتقام، فيما يسمى "الضربة الأولى"، فقد تكون العواقب المناخية شديدة لدرجة أن كل شخص في الدولة "أ"يمكن أن يموت. وبالتالي، أصبحت الأسلحة النووية أداة انتحارية وليست أداة دفاع. بعد وقت قصير من تأسيس نظرية الشتاء النووي، قدم كارل ساجان إحاطة حول هذا الموضوع لأعضاء مجلس الشيوخ وأعضاء الكونجرس والموظفين في الكابيتول هيل. ووصف كيف أن الدخان المنبعث من المدن والمناطق الصناعية المحترقة بعد حرب نووية سيكون كثيفًا لدرجة أنه يحجب الكثير من ضوء الشمس بحيث يصبح سطح الأرض باردًا ومظلمًا لفترة طويلة بحيث تصبح الزراعة مستحيلة ويعيش معظم الناس فيها.

العالم سيتضور جوعا حتى الموت. وبعد العرض، استدعاه أحدهم جانبًا وقال: «انظر، إذا كنت تعتقد أن مجرد التهديد بنهاية العالم يكفي لتغيير التفكير في واشنطن وموسكو، فأنت لم تقضي الكثير من الوقت في هاتين المدينتين!».

قال ألبرت أينشتاين، بعد اختراع الأسلحة النووية: "يواجه عالمنا أزمة لم يدركها بعد أولئك الذين يملكون

القدرة على اتخاذ قرارات عظيمة للخير أو الشر". لقد غيرت القوة المطلقة للذرة كل شيء باستثناء أساليب تفكيرنا، وبالتالي ننجرف نحو كارثة لا مثيل لها. ومع ذلك، يبدو أن الشتاء النووي قد وفر سياقًا لإعادة النظر في جميع الافتراضات السياسية القائمة حول الحرب النووية.

يغير الناس تدريجياً طريقة تفكيرهم. ولم يحدث ذلك إلا لأن العلماء حاولوا تحذير العالم من مخاطر السياسات الحالية. يبدو أن العالم أصبح الآن مكانًا أكثر أمانًا مما كان عليه في عامي ١٩٨٢و١٩٨٣عندما نُشرت الأبحاث الأولى حول الشتاء النووي. ما مقدار هذا التغيير الذي نتج عن إدراك مخاطر الشتاء النووي؟ ربما يتمكن بعض مؤرخي المستقبل من إخبارنا، على افتراض أننا تعلمنا ما يكفي لتجنب الشتاء النووي وأن يكون لدينا مستقبل. ساهمت مناقشة هذه النظرية في تخفيف التوتر بين القوى العظمى وعكس اتجاه سباق التسلح النووي خلال الثمانينيات.

وصف ميخائيل جورباتشوف، زعيم الاتحاد السوفييتي آنذاك، في مقابلة أجريت معه في عام ١٩٩٤كيف شعر عندما سيطر على الترسانة النووية السوفييتية، قائلاً: "ربما كان الأمر ينطوي على جانب عاطفي...". ولكن تم تصحيحه من خلال معرفتي بالقوة التي تراكمت. وكان واحد على الألف من هذه القوة كافيا لتدمير كل الكائنات الحية على الأرض. وعرفت التقرير عن «الشتاء النووي». وفي عام ٢٠٠٠قال: «أظهرت النماذج التي صنعها علماء روس وأمريكيون أن الحرب النووية ستؤدي إلى شتاء نووي سيكون مدمرًا للغاية لجميع أشكال الحياة على الأرض». ; وكانت معرفة ذلك حافزًا كبيرًا لنا، ولأهل الشرف والأخلاق، للتصرف في هذا الموقف. لقد انتهت الحرب الباردة، ولكن العديد من الأسلحة النووية التي تم إنتاجها خلال تلك الفترة لا تزال قائمة.

تعمل الولايات المتحدة وروسيا ببطء شديد على خفض عدد الأسلحة النووية، لكن كلاً منهما لا تزال تحتفظ بترسانة أكبر بكثير من اللازم لإنتاج الشتاء النووي. لن يستخدم أي زعيم حالي للولايات المتحدة أو روسيا الأسلحة النووية، لكن وجودها وحده يجعل احتمال الشتاء النووي في المستقبل ممكنًا إذا تسبب شخص مجنون أو خطأ في الكمبيوتر أو سوء فهم في استخدامها. والحل الوحيد يتلخص في خفض عدد الأسلحة إلى المستوى الذي يظل يشكل رادعاً، ولكنه لن يؤدي إلى خلق شتاء نووي في حالة استخدامها على الإطلاق. إن خفض هذه الأعداد إلى المستوى الذي قد يؤدي دونه إلى إنتاج كارثة مناخية عالمية . ويبلغ هذا العدد حوالي بضع مئات، وهو نفس عدد الأسلحة التي كانت تمتلكها بريطانيا وفرنسا والصين في كل من ترساناتها لعقود من الزمن، وهو عدد اعتبرته أكثر من كاف للحفاظ على دفاع موثوق به عن بلدانها. وهذا أيضًا هو الرقم الذي دافع عنه الأدميرال ستانسفيلد تيرنر، المدير السابق لوكالة الاستخبارات المركزية الأمريكية (CIA)، لأسباب أخرى في عام ١٩٩٧. فقد أسقطت الولايات المتحدة قنبلتين ذريتين على أناس أبرياء في هيروشيما وناجازاكي باليابان في عام ١٩٤٥. في الحرب النووية الأولى؛ ومنذ ذلك الحين، وعلى الرغم من التراكم الهائل لهذه الأسلحة، فإنها لم تستخدم قط في الحرب مرة أخرى. تظهر نظرية الشتاء النووي الآن ليس فقط أن القوى العظمى لا تزال تهدد وجود بقية العالم، ولكن أيضًا أن القوى النووية الناشئة حديثًا تهدد الآن القوى العظمى السابقة، ربما ليس بالانقراض، ولكن بعواقب خطيرة بما في ذلك الجفاف والمجاعة. إن التخلص من الأسلحة النووية سيزيل احتمال وقوع هذه الكارثة المناخية.

## المصادر


Focus Article
Volume 1, May/June 2010
Nuclear winter Alan Robock (Correspondence to: robock@envsci.rutgers.edu
Department of Environmental Sciences, Rutgers University, 14 College Farm Road, New Brunswick, NJ, 08901, USA DOI: 10.1002/wcc.45)

2010 John Wiley & Sons, L td