الباب الخامس

آثار النانوتكنولوجى

تأثيرات بيئية لتقنيات الصغائر

يعد تلوث تقنيات الصغائر مصطلحاً عاماً وشاملاً لكل النفايات الناجمة عن استخدام أجهزة التقنية المصغرة أو خلال عملية تصنيع مواد تقنيات الصغائر وقد تعتبر تلك النفايات على درجة عالية من الخطورة، ذلك بسبب حجمها حيث تستطيع أن تطير في الهواء وقد تخترق بسهولة الخلايا الحيوانية والنباتية مسببة بذلك تأثيرات مجهولة لكل منهما كما أن معظم جزئيات الصغائر التي صنعها الإنسان غير مرئية في الطبيعة، ومن ثم قد لا تمتلك الكائنات الحية وسائل ملائمة للتعامل مع تلك النفايات المصغرة.

ولتقييم المخاطر الصحية لجزئيات الصغائر المصنعة، لابد من تقويم دورة الحياة الكاملة لتلك الجزئيات، متضمنة عملية تصنيعها، تخزينها وتوزيعها بالإضافة إلى تطبيقها وإساءة استخدامها والتخلص منها كذلك كما أن التأثير على البشر والبيئة قد تتنوع وتتغير خلال مراحل عديدة من دورة حياتها ويثير سكرينيز القلق حول التلوث الناجم عن تقنيات الصغائر، ويوضح أنه ليس بالإمكان في الوقت الحالي أن يتم التنبؤ بشكل دقيق أو حتى التحكم في التأثيرات البيئية لانبعاث مخلفات تلك التكنولوجيا في البيئة .

وقد يمكن الاستفادة من بعض تطبيقات النانو المتاحة في المستقبل لخدمة الأغراض البيئية حيث تستند أحد فنات أساليب الترشيح على استخدام الأغشية ذات أحجام الثقوب الملائمة، مما يسمح بحجز السائل خلف ذلك الغشاء ومن ثم تعد الأغشية نانوية المسام مناسبة لعملية الترشيح الميكانيكية التي تتسم بأنها ذات مسام أصغر من 10 نانومتر وقد يتكون من أنابيب نانوية ويستخدم الترشيح النانوي بشكل رئيسي بهدف إزالة الأيونات أو فصل السوائل المختلفة وتوفر الجسيمات النانوية المغناطيسية طريقة فعالة ومعتمدةً في إزالة ملوثات المعادن الثقيلة من المياه المستعملة عن طريق الاستفادة من أساليب الفصل المغناطيسية ويزيد استخدام الجسيمات النانوية من فعالية القدرة على امتصاص الملوثات بالإضافة إلى أنها عملية ليست مكلفة بالمقارنة مع طرق الترسيب والترشيح التقليدية بالإضافة إلى أنه قد يكون لتقنية النانو تأثيراً عظيماً على عملية إنتاج الطاقة النظيفة .

وما زالت الأبحاث جارية بهدف استخدام المواد النانوية لأغراض تشتمل على خلايا شمسية أكثر كفاءة بالإضافة إلى خلايا وقود عملية وبطاريات صديقة للبيئة

<u>تنظيم تقنية النانو</u>

ظهر جدلٌ حيويٌ حول ما إذا كانت تقنية النانو أو المنتجات القائمة عليها تستحق تنظيماً حكومياً خاصاً ويرتبط الجدل القائم بالظروف المحيطة التي فيها يصبح من الضروري والملائم أن يتم تقييم المواد الجديدة قبيل عرضها في السوق والمجتمع و قد بدأت الهيئات التنظيمية كوكالة حماية البيئة الأمريكية وإدارة الصحة والأغذية، القائمة بالولايات المتحدة الأمريكية، أو مديرية الصحة وحماية المستهلك التابعة للمفوضية الأوروبية بالتعامل مع المخاطر المتوقعة والناجمة عن الجسيمات النانوية وحتى وقتنا هذا، لم يتم إخضاع الجسيمات النانوية المهندسة أو المنتجات والمواد التي تحتوي على تلك الجسيمات لأي تشريع خاص يرتبط بعملية الإنتاج والتداول التصنيف هذا بالإضافة إلى أن صحيفة تعليمات سلامة المنتج التي يجب إصدارها مع إنتاج بعض المواد، لا تميز بين الأحجام الكبيرة والنانوية المتناهية الصغر للمواد موضوع النقاش أو حتى عندما تكون مثل تلك الصحائف استشارية فقط.

وقد تسفر عملية تصنيف وتنظيم تقنية النانو عن تفاقم قضايا السلامة الصحية البشرية والبيئية المصاحبة لتقنية الصغائر كما تم توضيح أن التنظيم الشامل لتنمية تقنية الصغائر يمثل ضرورةً لضمان أن المخاطر المتوقعة والمصاحبة للأبحاث والتطبيقات التجارية لتقنية الصغائر لا يحجب أو يعتم على الفوائد المتوقعة لتقنية الصغائر كذلك تصبح عملية

التنظيم مطلوبة بهدف مواجهة توقعات المجتمع حول التنمية المسئولة لتقنيات الضغائر، وضمان أن الرغبات العامة قد تم دمجها في صياغة وتشكيل عملية تنمية تقنية النانو.

التأثيرات الصحية لتقنية النانو

هي التأثيرات التي تنتج عن استخدام المواد والأجهزة النانوية وتأثيرها على صحة الإنسان لأن حقل تقنية النانو حقل ناشئ وجديد، فهناك نقاش كبير بشأن ما لتقنية النانو من تأثير هل ستفيد أو تشكل مخاطر على صحة الإنسان على الصحة ويمكن تقسيمها إلى قسمين: أولا إمكانية تقنية النانو إلى أن تكون لها تطبيقات طبية لعلاج المرض بواسطة ابتكارات معينة ممكن ان تستخدم لهذا الغرض، وثانيا المخاطر الصحية المحتملة الناجمة عن التعرض للمواد النانوية فالحجم متناهي الصغر للمواد النانوية أكثر قابلية للامتصاص داخل جسم البشر عن الجزيئات كبيرة الحجم وتمثل قضية كيفية التعامل مع تلك الجزيئات النانوية داخل الجسم البشري إحدى القضايا التي تتطلب التوصل لحل لها ويتمثل سلوك الجزيئات النانوية في وظيفة حجمها وشكلها وتفاعلها السطحي مع النسيج المحيط بها حيث قد يكون لها حملاً زائداً على البلاعم أو الخلايا البالعة وهي الخلايا التي لديها القدرة على ابتلاع وتدمير الأجسام الغريبة،ومن ثم تثير ردود فعل مجهدة ويسفر عنها

التهاباً وتضعف من مقاومة الجسم ضد مسببات الأمراض الأخرى بالإضافة إلى أن ملمحاً آخراً مما قد يحدث في حالة تجمع الجزيئات النانوية الغير قابلة للتحلل أو تلك التي تتحلل بطء داخل الأعضاء البشرية يتمثل في إثارة مخاوف أخرى مرتبطة بقدرتها على التفاعل مع العمليات الحيوية داخل الجسم: حيث أنه ، ففي حالة تعرض سطح الأنسجة والسوائل للجزيئات النانوية، سيتم امتصاص تلك الأسطح لبعض من جزيئاتها الدقيقة التي تحتويها الجزيئات النانوية في التو واللحظة وقد يؤثر ذلك وبشكل لحظي على الآليات التنظيمية للإنزيمات والبروتينات الأخرى.

وتتمثل بعض من الخصائص الأخرى للمواد النانوية المؤثرة على علم السموم في التركيب الكيميائي، الشكل، البنية السطحية، التغير السطحي، التجمع والذوبان، وكذلك الحضور والغياب للمجموعات الوظيفية الخاصة بالمواد الكيميائية الأخرى ويقصد من العدد الكبير للمتغيرات المؤثرة على علم السموم أنه من الصعب تعميم المخاطر الصحية المصاحبة للتعرض للمواد النانوية حيث يجب تقييم كل مادة نانوية جديدة بصورة فردية بالإضافة إلى أنه يجب أن يوضع في الاعتبار الخصائص النانوية جميعها.

ولقد أعلن قسم ضبط المواد السامة بوكالة حماية البيئة بكاليفورنيا في أكتوبر 2008 عن نيته طلب معلومات حول طرق الاختبارات التحليلية، وقضيتي المصير ووسائل النقل بالبيئة، ومعلومات أخرى من المصانع حول أنابيب الكربون النانوية ويمارس قسم ضبط المواد السامة سلطته بموجب قانون الصحة والسلامة بولاية كاليفورنيا، الفصل 699، البنود من 57018- إلى 57020، والتي تم إضافتها كنتيجة لدمج جمعية بيل أ ب 289 وقد هدفت تلك البنود إلى توفير المعلومات حول المصير ووسائل النقل بالإضافة إلى الكشف والتحليل وكذلك المعلومات المرتبطة بالمواد الكيميائية المتاحة بصورة كبيرة وقد أسند القانون مسئولية توفير تلك المعلومات للقسم ليفرضها على كل من يصنع أو يستورد تلك المواد الكيميائية المختلفة.

وفي 22 يناير 2009، تم إرسال خطاب طلب معلومات رسمي لأصحاب المصانع التي تستورد أنابيب الكربون النانوية بكاليفورنيا، أو هؤلاء الذين قد يصدرون أنابيب الكربون النانوية إلى داخل الولاية وقد شكل هذا الخطاب أول ممارسة رسمية للسلطات الموجودة بالولاية وفقاً لقانون أيه بي 289 وقد تم توجيهه لأصحاب مصانع أنابيب الكربون النانوية، بالإضافة إلى الهيئات الصناعية والأكاديمية بالولاية، وكذلك تم توجيه الخطاب لأصحاب المصانع من خارج الولاية الذين يستوردون

أنابيب الكربون النانوية إلى كاليفورنيا وأوجب الرد على طلب المعلومات ذلك من قبل أصحاب المصانع في غضون عام من إرسال الخطاب .

وقد استضافت شبكة صناعات النانو بكاليفورنيا ووكالة حماية البيئة بكاليفورنيا ندوةً أقيمت في 16 من نوفمبر 2009 استغرقت يوماً كاملاً بساكرامينتو بكاليفورنيا وقد وفرت الندوة فرصة للاستماع لخبراء الصناعة في مجال تقنية النانو بالإضافة إلى مناقشة الاعتبارات التنظيمية المستقبلية بكاليفورنيا وتقوم وكالة حماية البيئة بكاليفورنيا بمد وتوسيع طلب المعلومات الكيميائية الخاصة للأعضاء العاملين في مجال أكاسيد المعادن النانوية وقد تم تشجيع الأفراد المهتمين بالقضية على زيارة موقعهم من أجل آخر التحديثات على الطب النانوي .

ويتم تمويل أبحاث تقنية النانو بصورة مباشرة، حيث قام معاهد الصحة القومية الأمريكية عام 2005 بتمويل خطة خمسية لإنشاء أربعة مراكز لطب النانو وفي أبريل 2006، قدرت مجلة نيتشر ماتيريالز أو مواد الطبيعة أن نحو 130 صنف دوائي ونظام علاجي معتمدين جميعاً على تقنية النانو تم تطويرها عالمياً .

ويهدف طب النانو إلى التوصل إلى مجموعة قيّمة من أدوات البحث بالإضافة إلى الأجهزة المفيدة في عيادات العلاج في المستقبل القريب

وتتوقع مبادرة التقنية النانوية القومية أن يتم التوصل إلى تطبيقات تجارية جديدة في مجال توصيل الدواء وقد تشتمل على أنظمة متقدمة لتوصيل الدواء، بالإضافة إلى علاجات جديدة وكذلك تصوير إن فيفو كما أن واجهات التفاعل العصبية الإلكترونية والمحسات الأخرى المرتبطة بالإلكترونيات النانوية تمثل هدفاً نشيطاً آخر للبحث في ذلك المجال ويؤمن مجال التنبؤ لتقنية النانو الجزيئية أن آلات إصلاح الخلية قد يكون لها القدرة على إحداث ثورة في مجال الطب والأدوية كذلك ومن ثم يعد طب النانو صناعة واسعة المجال، حيث وصلت مبيعاته نحو 68 مليار دولار أمريكي عام 2004 ومع إنشاء 200 شركة وتوفر 38 منتج عالمي، يتم استثمار نحو 38 مليار دولار أمريكي سنوياً كحد أدنى في مجال تقنية النانو وباستمرار نمو صناعة طب النانو، فمن المتوقع أن يكون لها أثر عظيم على الاقتصاد في المستقبل.

الآثار الصحية والسلامة من جسيمات النانو

لا يمثل التواجد البحت لمواد النانو أي تهديد في حد ذاته إلا أنه هناك سمات معينة تجعل منها محفوفة بالمخاطر، وعلى الأخص حركتها وتفاعلها المتزايد وأنه فقط في حالة أن خصائصاً معينة لبعض الجزئيات النانوية كانت ضارة للكائنات الحية أو البيئة فان ذلك سيسفر عن

مواجهتنا لخطر جلل وفي هذه الحالة يمكن أن نطلق علي الناتج أنها تلوث نانوي.

كما أننا في حاجة إلى التمييز بين نوعين للبنية النانوية عند مواجهة التأثير البيئي والصحي للمواد النانوية ويتمثلان في مركبات النانو والأسطح النانوية ومكونات النانو سواء الإلكترونية أو البصرية أو الحساسة ، حيث يدمج الجزئيات على صعيد النانو ضمن خلاصة المادة أو المادة نفسها أو حتى الأجهزة الجزئيات النانوية الثابتة والجزئيات الناوية الحرة، حيث تتواجد جزئيات النانو الفردية لمادة ما ضمن بعض مراحل عملية الإنتاج والاستخدام وقد تندرج جزئيات النانو تلك ضمن أحد أصناف نطاق النانو للعناصر أو المركبات البسيطة وكذلك المركبات المعقدة حيث يكون الجسيم النانوي مطليّاً بمادة أخرى جسيم نانوي مطليّ أو جسيم نانوي جوهري القشرة .

ومن ثم فهناك إجماع أنه على الرغم من أنه يجب على المرء أن يكون واعياً بالمواد المحتوية على جزئيات نانوية ثابتة، إلا أن القلق الحالي يتمثل في الجزئيات النانوية الحرة بالإضافة إلى أن الجزئيات النانوية مختلفةً بصورة كبيرة عن نظرائها الحاليين، ومن ثم لا يمكن اشتقاق تأثيراتها المتنوعة والمتعددة من السمية المعروفة للمواد دقيقة الحجم

وتسفر تلك النقطة عن إثارة قضايا هامة لمواجهة التأثيرات الصحية والبيئية للجزئيات النانوية الحرة .

ولتعقيد الأمور أبعد من ذلك، فمن الضروري عند التحدث عن الجزئيات النانوية ألا يكون المسحوق أو السائل المحتوي على جزئيات نانوية أحادي التشتت أبداً، لكنه يحتوي بدلاً من ذلك مدى متنوعاً من أحجام الجزيئات ويسفر ذلك عن تعقيد للتحليل التجريبي حيث أن الجزئيات النانوية الأكبر في الحجم قد يكون لها خصائص مختلفة عن تلك الأصغر في الحجم بالإضافة إلى أن الجزئيات النانوية تظهر توجهاً للتجمع، ومثل تلك التجمعات غالباً ما يكون أداؤها مختلفاً عن الجزئيات المنفردة .

وقد تميزت جرعة الإيثيل المشتملة على أنواع مختلفة من الجزئيات النانوية التي كان يتم إعطائها لفئران المعامل على مدى ستة أشهر، بمؤشر سكوفكجائير، تيمناً باسم العالم كاسبر سكوفكجائير ويجري المعهد القومي للسلامة المهنية والصحة العديد من الأبحاث حول كيفية تفاعل الجزئيات النانوية مع أنظمة الجسم وكيفية احتمال تعرض العاملين في المصانع أو أثناء الاستخدام الصناعي للمواد النانوية للجزئيات النانوية الحجم حيث يُصدر المعهد القومي للسلامة المهنية والصحة الإرشادات المتوافقة مع أفضل المعرفة العلمية الهادفة للتعامل

مع المواد النانوية وقد اقترحت مارلا فلتشر من لجنة سلامة المنتجات الاستهلاكية وتقنية النانو أن: لجنة سلامة المنتجات الاستهلاكية، التي تعد مسئولة عن حماية الجمهور من أية مخاطر غير مبررة للإصابة أو الموت المصاحب لمنتجات المستهلك، غير مجهزة بشكل جيد للإشراف على سلامة المنتجات المعقدة عالية التقنية والمنتجة بواسطة تقنية النانو .

كما تركز اهتمامات المدى الأطول على التأثيرات الخاصة بالتقنيات الجديدة على المجتمع بقطاعاته العريضة، وكذلك على ما إذا كان من الممكن لتلك التأثيرات أن تؤدي إلى ظهور اقتصاد ما بعد الندرة، أو قد تؤدي إلى تفاقم فجوة الثروة فيما بين الأمم المتطورة والنامية بالإضافة إلى أن تأثيرات تقنية النانو على المجتمع ككل وعلى صحة البشر والبيئة كذلك، بالاضافة إلى تأثيراتها على التجارة والأمن وأنظمة الغذاء، بل حتى على مصطلح البشري لم يتم تحديد ملامحها بعد أو تسييسها كذلك.

المكاسب والمخاطر المحتملة بالنسبة للبلدان النامية

قد توفر تقنيات الصغائر حلولاً جديدةً للملايين من المقيمين بالدول النامية ويفتقرون إلى الوصول إلى الخدمات الرئيسية، ومنها المياه الآمنة، موارد الطاقة الثابتة، الرعاية الصحية، وفرص التعليم وقد أقرت

الأمم المتحدة الأهداف الإنمائية للألفية لمواجهة تلك المتطلبات وقد لاحظت فرقة الأمم المتحدة المعنية بالعلوم والتكنولوجيا والابتكار أن بعضاً من مزايا تقنية الصغائر تتضمن الإنتاج بالاعتماد على قوة العمل القليلة والأرض والصيانة والإنتاجية العليا والتكلفة المنخفضة والمتطلبات المتواضعة من المواد والطاقة .

تشتمل الفرص المتوقعة لتقنيات الصغائر في المساعدة على مواجهة أولويات التنمية العالمية الحرجة على أنظمة تنقية المياه المحسنة، أنظمة الطاقة، الطب والأدوية، إنتاج الأغذية وكذلك التغذية، بالإضافة إلى تكنولوجيا المعلومات والاتصالات كما نلاحظ أن تقنية الصغائر قد تم دمجها بالفعل في المنتجات والسلع المتوافرة فى السوق إلا أن المزيد من تقنيات الصغائر ما زالت في طور البحث، في حين أن بعضها الآخر ما زالت مجرد أفكار تحتاج إلى سنين وعقود ليتم تطويرها وتنميتها.

وغالباً ما تعاني حماية البيئة وصحة البشر وسلامة العاملين بالدول النامية من مجموعة مركبة من العوامل التي قد تشمل على سبيل المثال لا الحصر، نقص التشريعات القوية لحماية البيئة والصحة البشرية وسلامة العاملين؛ عمليات سوء التنظيم أو التنظيمات الغير مطبقة والمرتبطة بنقص القدرة المادية ومنها التجهيزات المادية والبشرية ومنها طاقم العمل التنظيمي سيىء التدريب وغالباً ما تحتاج تلك الدول

للمعونة وبصورة خاصة المعونة المالية، بهدف تنمية القدرات العلمية والمؤسسية لتقييم ومواجهة المخاطر بصورة كافية، ومنها على سبيل المثال الحاجة لبنية تحتية ضرورية كالمعامل والتقنية المساعدة على الكشف والاستنتاج .

ورغم ذلك، فكثيراً ما تثار المخاوف حول مسألة أن فوائد تقنية الصغائر لا يمكن حتى توزيعها، ومن ثم فأية فوائد سواءً أكانت تقنية أو اقتصادية مصاحبة لتقنية الصغائر لن تستفيد منها سوى الدول الغنية ونلاحظ أن غالبية الأبحاث في مجال تقنية الصغائر وصور التنمية وبراءات الاختراعات الخاصة بالمواد والمنتجات النانوية مقتصرةً فقط على الدول المتقدمة ومنها الولايات المتحدة الأمريكية واليابان وألمانيا وكندا وفرنسا بالإضافة إلى أن براءات الاختراعات المرتبطة بمجال تقنيات الصغائر مركزةً فقط لدى مجموعة قليلة من الشركات متعددة الجنسيات،ومنها شركة آي بي إم وتقنيات ميكرون وأدفانسد ميكرو ديفيسيز وشركة إنتل مما أسفر عن إثارة مخاوف كذلك بأن الدول النامية قد لا تتمكن من الوصول إلى تلك البنية التحتية المطلوبة، وكذلك التمويل المطلوب والموارد البشرية اللازمة كذلك لدعم وتعزيز البحث والتنمية في مجال تقنية الصغائر ومن المرجح أن تتفاقم أزمة عدم المساواة نتيجة لكل ذلك.

كما أن المنتجين فى الدول النامية قد يعانون من خسائر عملية إحلال المنتجات الطبيعية ومنها المطاط والقطن والقهوة والشاي بسبب التنمية النانوية حيث تمثل تلك المنتجات الطبيعية حاصلات مهمة للتصدير فى الدول النامية، كما أن متطلبات معيشة العديد من الفلاحين تعتمد على تلك الحاصلات وقد تم توضيح أن عملية استبدال تلك المنتجات الطبيعية بالمنتجات النانوية الصناعية قد تؤثر سلباً على اقتصاديات الدول النامية التي اعتمدت بصورة تقليدية على تصدير تلك الحاصلات.