الحادة والبسيطة . ونتيجة لهذه التقنيات الحديثة في المجالات المتعددة زاد عدد المستخدمين للتطبيقات الإشعاعية وتطورت تقنياته بشكل واسع.ومع زيادة استخدامات التقنيات الإشعاعية الحديثة المطرد زاد عدد المتعرضين للإشعاعات الطبية في المستشفيات والمراكز الطبية، كما زادت الخلفية الإشعاعية في هذه الموقع حسب نوع المصادر المستخدمة وخواصها الفيزيائية والكيميائية. تم وضع أسس لحماية العاملين وعامة الناس من تلك الأخطار وتطورت أساليب المراقبة للمصادر المشعة وكذلك العاملين في مجالها.

الأشخاص المتعرضون للإشعاع

الناقل وهو الشخص الوسيط بين المنشأة والقسم المستخدم، ولابد أن يصرح له بنقل المواد المشعة حيث يكون على دراية بما يحمل ويعرف جميع الصفات الفيزيائية والكيميائية للمواد التي ينقلها وتحمل العلامات التعريفية والتحذيرية الخاصة بها وكذلك تحمل علامة الإشعاع.

المستخدم وهو القسم الذي يستخدم هذه النظائر المشعة لأغراض التطبيقات الطبية أو غيرها. وهنا يجب على المستخدم تحديد الكميات المطلوبة بدقة حسب الحاجة فقط وتجهيز أماكن التخزين المناسبة ومراعاة تعليمات السلامة في مثل هذه الأماكن.

المستفيد وهو الشخص المحتاج لهذه المواد مثل المريض مثلاً وهنا يجب عدم تعريض المستفيد للمواد المشعة إلا بوجود فائدة وتبرير مثل وجود طلب من الطبيب المعالج ، وبعد الفحوصات هناك بعض الاحتياطات التي يجب مراعاتها بعد خروج المستفيد من المنشأة .وعلى العامل في هذا المجال مراعاة بعض الإرشادات المهمة والتي منها:

أ) الالتزام بقواعد وإجراءات الوقاية من الإشعاع وتقليل تعرضه للإشعاع قدر الإمكان وأن يكون تعرضه ضمن الحدود المسموح بها والاستخدام الأمثل للمواد المشعة وكذلك لأجهزة الرصد الموجودة بالقسم .والتأكد من عدم تلوث اليدين والملابس قبل مغادرة الموقع إلى الأماكن العامة . في حالة الظروف الغير عادية يتم إبلاغ قسم الحماية من الإشعاع في الحال.وفي حالة وجود أعراض زيادة الجرعة الإشعاعية أو الشك في ذلك يبلغ المسؤول الطبي فوراً .وعدم السماح بالأكل أو الشرب داخل معمل التحضير للمواد المشعة .وغسل اليدين جيداً بالماء وذلك بعد كل استخداما للنظائر المشعة.

ب) فصل النفايات المشعة: بعد استخدام المواد المشعة في القسم يبقى منها ما يسمى بالنفايات المشعة كأدوات الحقن وبقايا المواد المشعة التالية:التأكد من أن كمية النفايات المشعة التي تخزن في أماكن العمل هي أقل ما يمكن تحقيقه عملياً.وتوفير وتنظيم أوعية خاصة للنفايات المشعة ووضع علامات التعريف والتحذير عليها.وتنظيم سجلات خاصة بالنفايات المشعة التي توجد بالمعمل.وتعبئة النماذج الخاصة بالمواد الواردة للمعمل والصادرة منه.واستخدام الأساليب العلمية

في حالة حدوث حالة تلوث إشعاعي.والإشعاعات النووية والحدود المسموح للجرعات الإشعاعية نواة مركزية يحيط بها سائل يعرف بالسيتوبلازم الذي يحاط بغلاف يسمى جدار وتتركب الخلية السيتوبلازم على أنه مصنع الخلية الذي يقوم بهضم الطعام حيث يقوم بتحويله إلى طاقة وجزيئات معقدة تستخدم لعمليات إصلاح ما يعطب في الخلية أو لانقسامها ، أما النواة فيمكن اعتبارها على أنها العقل المنظم أو المسيطر على سير العمليات في الخلية، كما تحتوي النواة على 46 كروموسوم الذي هو عبارة عن تركيب خيطي يتكون من الجينات الوراثية، والجـينات الوراثية عبارة عن حامـض نـــووي (DNA (De -Oxyribonucleic acid وجزيئات بروتين ، حيث تحمل هذه الجينات المعلومات التي تحدد خصائص الخلايا الوليدة، وتتمتع الخلايا بمقدرتها على التكاثر لتعويض الخلايا التالف.

يتعرض الإنسان للإشعاع كالضوء والحرارة ، ولكن تعرضه للإشعاع النووي ينتج عنه آثار خطيرة على صحته ، والفرق الوحيد بين الإشعاع النووي والأشعة المعروفة كالضوء والحرارة يكمن في أن الأول ذا طاقة عالية كافية لتأين جزيئات المادة، ففي حالة تأين الماء الذي تتركب منه معظم الخلية تنتج تغيرات جزيئيه ، وتتكون مواد كيميائية جديدة قد تؤدي إلي تخريب المادة الكروموسومية ، وقد يؤدي ذلك إلي تغيير في تركيب ووظيفة الخلية. عند تعرض مادة ما للإشعاع فإن الإشعاع يفقد جزء من طاقته تمتص بواسطة المادة المعرضة له ، مما قد يؤدي إلى تأين المادة، وعلينا أن نفرق بين جرعة الإشعاع Radiation Dose وهي كمية الطاقة الكلية الممتصة ، ومعدل امتصاص هذه الطاقة . ونتيجة لتعرض جسم الإنسان للإشعاع تحدث مجموعة مختلفة من التأثيرات المباشرة وغير المباشرة، ولا تعتمد هذه التأثيرات فقط على التركيب الذري للمادة التي امتصت الإشعاع ، وعلى تركيبها الجزيئي والتكوين البلوري لها وطبيعة المادة المحيطة بها ، وقد يؤدي التأين الناتج للذرات والجزيئات إلي تحطيم الروابط أو تكوين روابط أخرى جديدة ، بينما قد تؤدي الطاقة الممتصة بواسطة جزيء معقد إلى إثارة حالات اهتزازية أو دورا نية عالية ، كما قد يؤدي الارتفاع الناتج في درجة حرارة مجموعة من الجزيئات المعرضة للإشعاع إلى زيادة ثانوية في معدلات تفاعلات كيميائية معينه أو إلى انتشارات جزيئيه سريعة، كما لوحظ أن الكثير من التفاعلات ينتج عنها ذرات ثانوية تنشأ نتيجة للتصادمات مع الذرات المرتدة عند تصادم الإشعاع معها وذلك في أحداث التشتتات ، وفي حالات أخرى مثل تفاعلات أسر النيوترون قد يمكن ان تنتج أيونات ثقيلة ذات طاقات عالية تساهم في أحداث تفاعلات مختلفة .

ولكن يحدث غالبا فقدان لطاقة الإشعاع وامتصاصها بواسطة ذرات الهدف ، وتحويلها إلي حرارة أي إلى طاقة اهتزازية لتلك الذرات مما ينتج عنه إتلاف الكائن الحي وذلك إذا كانت الجرعة

الممتصة كبيرة ، وقد تحدث بعض هذه التأثيرات بعد عدة سنوات من التعرض للإشعاع ، وقد تظهر كل التفاعلات السابقة على شكل أعراض سريريه أو على المدى البعيد قد تظهر بعض الأعراض السرطانية ، كما ويمكن أن يحدث أيضا إتلاف الكروموسومات الوراثية مما ينتج عنه آثار وراثية و يتسبب الإشعاع في تدمير الخلايا وينتج عن ذلك التأثيرات المختلفة للإشعاع على جسم الإنسان، وتنقسم هذه التأثيرات إلى فئتين رئيسيتين:

1. مرضية Somatic . 2.ووراثية Hereditary ، أما التأثيرات المرضية فتنتج عن دمار الخلايا العادية في جسم الإنسان نتيجة لتعرضه للإشعاع، أما التأثيرات الوراثية فتنتج عن دمار خلايا التكاثر في الإنسان (أو الغدد التناسلية)، ويتضح الفرق بين النوعين السالفين في أن التأثيرات الوراثية يمكن أن تنتقل من جيل إلي جيل آخر. ويؤدي تفاعل الإشعاع مع الجسم إلى ارتفاع في درجة حرارة العضو المعرض للإشعاع، وتعتبر خلايا التكاثر والنمو من أكثر الخلايا تعرضا للإصابة بتأثير الإشعاع، ونظرا لأن خلايا السرطان تنمو باضطراد، لذلك فإنها أكثر عرضة من غيرها للإصابة بأمراض الإشعاع ، أيضا مثلها في ذلك مثل الأجنة والأطفال الرضع الذين هم أكثر تعرض للإصابة من الكبار ، ويمكن أن يؤدي التعرض للإشعاع إلى تجمع الماء في العين وتكون الكاتراكتا Cataract ، ويمكن أن يؤدي التعرض للإشعاع إلى إثارة تغيرات وراثية تنتج عنها طفرات وراثية تؤدي إلى مولد الكثير من البشر المصابين بعاهات أو تشوهات خلقية وذلك لأنه يمكن زيادة معدل الطفرة بالحرارة أو بالطرق الكيميائية أو عن طريق الإشعاع ، وتشابه تلك الطفرات Mutations الناتجة عن الإشعاع الطفرات الطبيعية ، ويعتقد أن معدل حدوث هذه الطفرات يتناسب مع مقدار الجرعة الممتصة، وليس لتلك الجرعة حد أدنى، كما ولا يوجد علاج مناسب لذلك أيضا وقد لوحظ أن الجرعة التي قد تضاعف معدل الطفرة تتراوح بين 25، و100 رام، وقد جاءت هذه المعلومات المحدودة عن تأثير جرعات الإشعاع الكبيرة على جسم الإنسان من الدراسات التي أجريت على ضحايا قنبلتي هيروشيما ونجازاكي قبيل انتهاء الحرب العالمية الثانية، كما وقد تم تجميع بعض المعلومات من الحوادث العارضة الناتجة عن استخدامات الطاقة النووية والإشعاع.

ويوجد نوعان من التعرض للإشعاع

1. التعرض الحاد للإشعاع :Acute exposure

والتعرض المفاجئ للإشعاع الناتج عن انفجار نووي كالقنابل النووية، وبذلك تنتج جرعة كبيرة جدا كما ويمكن أن يتعرض الإنسان لإشعاع حاد عند العلاج بالإشعاع، حيث يتلقى المريض جرعات محددة من الإشعاع.

2. التعرض المزمن

وهنا يحدث تعرض دائم للإشعاع، وذلك على مدى فترات زمنية طويلة،مما يؤدي إلى تراكم كمية كبيرة من الجرعات الإشعاعية، وتتعرض الأحياء عموما وباستمرار لمعدلات منخفضة من الإشعاعات الناتجة عن الأشعة الكونية أو عن المواد المشعة طبيعيا أو المواد المحضرة صناعيا، وكذلك للإشعاع الناتج عن الاستعمالات الطبية لأشعة X في التشخيص وفي العلاج وقد لوحظ أن بعض المناطق في العالم معرضة لمعدلات من الإشعاع الطبيعي أكبر من غيرها مثل إيطاليا، والهند، والبرازيل، والنمسا، وقد وضع مقياس عالمي يحدد أقصى قيمة للجرعة الإشعاعية المسموح بها Maximum Permissible Dose والجرعات المسموح بها والتي تمثل الحد الأدنى الذي يمكن أن يتعرض له الإنسان ، ولكن يوصى دائما بالتعرض لجرعات إشعاعية أقل من تلك المسموح بها، وعند استعمال أشعة X في التشخيص الطبي يراعى خفض جرعة الإشعاع إلى أقل درجة ممكنة وذلك باستخدام ماكينات توليد معزولة عزلا جيدا" واستخدام ألواح فوتوغرافية فائقة الحساسية حيث أن تعرضها لجرعة صغيرة من أشعة X تكون كافية للتشخيص دون ما تعريض الجسم لاحتمال الإصابة بأمراض الإشعاع يعرف النشاط الإشعاعي لعنصر ما بأنه عدد الأنوية التي تتفكك إو تتحلل في الثانية الواحدة لينتج من هذا التحلل انبعاث جسيمات موجبة أو سالبة وإشعاعات كهر ومغناطيسية. وطاقة الترابط النووي Nuclear Binding Energy لأنويه العناصر التي تتساوى فيها عدد البروتونات والنيوترونات كبيرة.وقوى التجاذب بينها تكون أكبر من قوى التنافر الكهروستاتيكية الموجودة بين البروتونات داخل النواة.

1-7 الأنوية ذات النشاط الإشعاعي

مثال ذلك نواة الليثيوم - s (8Li113)11إذا زاد عدد البروتونات عن عدد النيوترونات يتحول بروتون إلى نيوترون وينبعث بوزيترون.

- وإذا زاد عدد النيوترونات عن عدد البروتونات يتحول نيوترون إلى بروتون وينبعث إلكترون هذا التحلل يسمى تحلل بيتا Beta decay. أما التحلل الذي يتم فيه انبعاث جسيمات ألفا (أيونات ذرة الهيليوم) He42s فيحدث للأنوية الثقيلة .

أما القوى النووية : - فهي القوى النووية الجاذبية بين البروتونات والنيوترونات وقوى التنافر بين البروتونات وكذلك أنواع النشاط الإشعاعي النووى مثل إشعاعات جاما وجسيمات ألفا وبيتا . ومن المعروف أن القوى التي تربط الإلكترونات بالنواة هي قوى كهرومغناطيسية . أما القوى التي تربط مركبات النواة بعضها ببعض فهى القوى النووية الجاذبة والتي تؤثر على مسافة 10-15 متر.وهى أكبر 10 ألاف مرة من القوة الكهرومغناطيسية وهذه القوى النووية هي مفتاح الطاقة النووية . والفارق الأساسي بين التفاعل النووى و التفاعل الكيميائي هو أن التفاعل الكيميائي

يتعامل مع الإلكترونات في حين أن التفاعل النووي يتعامل مع مركبات النواة . مثال ذلك محاولة دمج نويات إلى بعضها البعض (الاندماج النووي nuclear fusion) أو شطر النواة (الانشطار النووي nuclear fission) . و حرارة الشمس تتولد من الاندماج النووى الذي تصاحبه طاقة هائلة أكبر ألف مرة من تلك الناتجة عن الانشطار النووي ذلك لأنه في الحالتين يصاحب التفاعل نقص في الكتلة يظهر على شكل طاقة.

7-2الإشعاعات الكهرومغناطيسية

نتيجة لامتصاص فوتونات أو جسيمات إضافية، تكتسب الذرة طاقة أعلى من طاقتها في حالتها المستقرة، وتعرف حينئذ بالذرة المثارة الناتجة عن ظاهرة الإثارة excitation، ونتيجة لذلك تُعيد الذرة ترتيب الكتروناتها بالمدارات حول النواة، وخلال جزء من الثانية تعود الإلكترونات إلى مدارها الأصلي مع إطلاق الموجات الكهرومغناطيسية (الفوتونات). وتعتمد طاقة الفوتونات المنبعثة على نوع الذرة وكمية الطاقة الزائدة بها، وبنفس الأسلوب يمكن إثارة نواة الذرة ، ومن ثم تعُيد النواة توزيع شحناتها الكهربية بما يؤدي إلى انبعاث موجات كهر ومغناطيسية يطلق عليها أشعة جاما.

ولقد أطلق مصطلح (الكهرومغناطيسية) على هذه الأشعة بسبب طريقة توليدها داخل الذرة المُثارة، ونتيجة لحركة الشحنات السالبة (الإلكترونات) يتولد تيار كهربي يتسبب في توليد مجال مغناطيسي مُتعامد معه، وتنتشر الموجات الكهرومغناطيسية في اتجاه مُتعامد على كل منها. ومن مصادر الضوء المرئي أشعة الليزر، وهو ضوء مرئي أحادي الطاقة ينتشر بكميات هائلة في مسار دقيق، ومن ثم تكون الطاقة الكلية المصاحبة له كبيرة جدا، الأمر الذي أهله للقيام بعمليات القطع واللحام في المجالات الطبية والصناعية.

وتتميز الموجات الكهرومغناطيسية للميكروويف بقدرتها على الانتشار في الأوساط المسامية وعدم الانتشار في الأوساط المعدنية. وقد شاع استخدام أفران الميكروويف في طهي وإعداد الطعام، كما اتسعت دائرة استخدام الميكروويف في الأغراض الطبية، وتنقسم الموجات الكهربية التي تحمل فوتوناتها طاقة أقل من طاقة الميكروويف إلى موجات قصيرة ومتوسطة وطويلة. ويختلف تأثير الإشعاعات الكهرومغناطيسية في المواد بحسب طاقة الإشعاع، ويجري تصنيف الإشعاعات إلى نوعين، المؤينة وغير المؤينة، ويسبب الإشعاع المؤين تأين الذرات بالوسط الذي يعبره، أما الإشعاع غير المؤين فهو الذي لا يسبب تأين ذرات الوسط الذي يعبره حيث يقف عند حد إثارة ذراته. وفي مجال الإشعاعات الكهرومغناطيسية، ينتمي إلى الإشعاع الجاما والأشعة السينية بينما ينتمي إلى الأشعة غير المؤينة الأشعة فوق البنفسجية والضوء المرئي والأشعة دون الحمراء

والميكروويف والموجات الكهربية.

3-7 التعرض للإشعاعات الكهرومغناطيسية

يتعرض الإنسان في حياته للموجات الكهرومغناطيسية ذات ترددات متفاوتة تنبعث من عديد من المصادر الطبيعية والاصطناعية ، تنشأ المجالات الكهرومغناطيسية عن عدة ظواهر طبيعية منها عمليات التفريغ في الشمس أو الفضاء أو أجواء الأرض ، كما تنشأ عن المصادر الاصطناعية التي تولد الطاقة الكهربائية أو التي تسير بالتيار الكهربائي، وتتسبب المصادر الاصطناعية في إحداث مجالات كهرومغناطيسية تزيد مستوياتها في بعض الحالات عن أضعاف المعدلات الطبيعية لهذه المجالات.

ومن بين أهم المصادر الاصطناعية لانبعاث المجالات الكهرومغناطيسية، أجهزة الاتصالات المزودة بهوائيات البث والاستقبال والأجهزة التي تنطلق منها هذه الموجات أثناء تشغيلها منها شاشات العرض التلفزيوني ووحدات رفع قوة التيار الكهربائي والمحولات الكهربائية وغيرها. والانتشار الواسع لأجهزة التلفاز والفيديو والكمبيوتر والألعاب الإلكترونية والهاتف اللاسلكي والهاتف النقال وأجهزة الليزر والميكروويف، كما تضاعفت أبراج البث الإذاعي والتلفزيوني ومحطات استقبال بث الأقمار الاصطناعية ومحطات الاتصالات اللاسلكية ومحطات الرادار ومحطات تقوية الاتصالات بشبكات الهاتف النقال.

وتتزايد معدلات امتصاص الموجات الكهرومغناطيسية بفعل العديد من الأجهزة الكهربائية المنزلية ومسار خطوط الجهد العالي المتاخمة للمنازل والمصانع ومواقع التجمعات البشرية، كما تتزايد تلك المعدلات مع التوسع في تقنيات العلاج الطبي باستخدام أجهزة توليد الموجات المغناطيسية وفوق الصوتية والتقنيات الصناعية باستخدام ماكينات لحام المعادن والتقنيات المنزلية باستخدام أفران الميكروويف ووسائل الاتصالات الإلكترونية.

4-7 التأثيرات الصحية للإشعاعات الكهرومغناطيسية

1. تتركز شكوى التعرض للإشعاعات الكهرومغناطيسية في الصداع المزمن والتوتر والرعب والانفعالات غير السوية والإحباط وزيادة الحساسية بالجلد والصدر والعين والتهاب المفاصل وهشاشة العظام والعجز الجنسي واضطرابات القلب وأعراض الشيخوخة المبكرة.

2. تتفق العديد من البحوث العلمية الإكلينيكية على أنه لم يستدل على أضرار صحية مؤكدة نتيجة التعرض للإشعاعات الكهرومغناطيسية بمستويات اقل من 5و0 مللي وات/سم2، إلا أن التعرض لمستويات أعلى من هذه الإشعاعات وبجرعات تراكمية قد يتسبب في ظهور العديد من الأعراض المرضية ومنها:

- أعراض عامة وتشمل الشعور بالإرهاق والصداع والتوتر.

- أعراض عضوية وتظهر في الجهاز المخي العصبي وتتسبب في خفض معدلات التركيز الذهني والتغيرات السلوكية والإحباط والرغبة في الانتحار، وأعراض عضوية وتظهر في الجهاز البصري والجهاز القلبي الوعائي والجهاز المناعي.

3. التأثير في أداء الأجهزة الطبية المستخدمة في تنشيط النبضات القلبية ومعدلات التنفس وغيرها.

4. ظهور الأورام السرطانية.

5. الشعور بتأثيرات وقتية منها النسيان وعدم القدرة على التركيز وزيادة الضغط العصبي وذلك بعد التعرض للإشعاعات الكهرومغناطيسية بمستويات من 01و0 إلى 10ملى وات/سم2، وسميت تلك الأعراض بالتغيرات السيكولوجية.

6. التعرض للإشعاعات الكهرومغناطيسية يتسبب في اختلال عمليات التمثيل الغذائي بالأنسجة والخلايا الحية ويرجع ذلك للحمل الحراري الزائد.

7. أوضحت الاختبارات أن التعرض للإشعاعات الكهرومغناطيسية يؤثر في النظام العصبي المركزي، ويترتب على ذلك تأثيرات في العصب السمعي والعصب البصري.

8. التعرض للإشعاعات الكهرومغناطيسية بمستويات تبدأ من 120ملى وات/سم2 يؤثر في وظيفة إفراز الهرمونات من الغدة النخامية، الأمر الذي قد يؤثر في مستوى الخصوبة الجنسية.

9. يتخيل المتعرضون للإشعاعات الكهرومغناطيسية بمستويات تبدأ من 700ملى وات/سم2، سماع أصوات كما لوكانت صادرة من الرأس أو بالقرب منه.

10. التعرض للإشعاعات الكهرومغناطيسية يلحق الضرر بشبكية العين وعدسة العين البلورية، وأن ارتفاع درجة حرارة عدسة العين إلى حوالي 41درجة مئوية، يمكن أن يؤدي إلى ظهور عتامات في عدسة العين(كتاركت)، إلا أن قيمة الذبذبات وكثافة القدرة لهذه الإشعاعات القادرة على إحداث عتامة عدسة العين في الإنسان مازالت متضاربة.

11. أوضحت بعض الدراسات الميدانية في فنلنده حدوث سرطانات في الأنسجة المختلفة نتيجة التعرض للطاقات العالية من الميكروويف.

12. تأثر أداء الأجهزة الاصطناعية لتنظيم ضربات القلب ، وذلك عند تعرض المرضى المستخدمين لهذه الأجهزة للإشعاعات الكهرومغناطيسية بذبذبات من 1و0 إلى 5غيغاهرتز أو لسعة ذبذبة أكثر من 10ميكروثانية أو مجال كهربي شدته أكثر من 200فولت/أمبير.

13. رغم عدم توافر دراسات كافية عن تأثير للإشعاعات الكهرومغناطيسية في المعادن، إلا أنه ينصح بعدم التعرض للمستويات المؤثرة لهذه الإشعاعات، وذلك لمرضى كسور العظام الحاملين للشرائح أو المسامير المعدنية المستخدمة في تثبيت الكسور.

14. يتزايد القلق في شأن تأثير التعرض للإشعاعات الكهرومغناطيسية على ميكانيكية التنبيه

العصبي بمنظومات الجسم الحي، إذا ما أخذ في الاعتبار نتائج البحوث العلمية عن تأثير الإشعاعات المنبعثة من الهاتف النقال على الرقائق الإلكترونية المنظمة لعمل عدادات محطات ضخ البنزين والتشويش الذي تحدثه في التحكم الإلكتروني في إقلاع وهبوط الطائرات.

5-7 مخاطر تعرض الإنسان للإشعاعات الكهرومغناطيسية

تختلف حدة التأثيرات البيولوجية والصحية للمجالات الكهربية والمغناطيسية و الكهرومغناطيسية بحسب معدلات تردد الإشعاعات وشدتها وزمن التعرض لها ومدى الحساسية البيولوجية للتأثير الإشعاعي في الفرد أو العضو أو النسيج أو الخلية الحية، وتزداد حدة التأثير الإشعاعي مع زيادة مستوى الجرعة الإشعاعية الممتصة داخل أعضاء الجسم المختلفة ومع تصاعد الجرعات التراكمية وبفعل التأثير المؤازر لبعض المؤثرات البيئية، ومن ثم وضعت الضوابط التي تكفل منع أي تعرض إشعاعي يترتب عليه أضرارا قطعية بأنسجة الجسم وخلايا الجسم الحي، وقصر التعرض على المستوى الآمن الذي يمثل أدنى مستوى يمكن الوصول إليه لتحقيق الهدف من هذا التعرض مهنيا كان أو تقنيا أو خدميا أو طبيا، إلا أنه يجدر الأخذ في الاعتبار أن المستويات المتفق عليها دوليا للتعرض الآمن للإشعاعات لأتضمن عدم استحداث الأضرار الاحتمالية جسدية كانت أم وراثية، والتي قد تنشأ بعد فترات زمنية طويلة نسبيا سواء في الأفراد الذين تعرضوا لهذه المستويات أو في أجيالهم المتعاقبة.

وتنشأ الأضرار القطعية للجرعات الإشعاعية العالية والمتوسطة في خلال دقائق إلى أسابيع معدودة، وتتسبب في الاختلال الوظيفي والتركيبي لبعض خلايا الجسم الحي والتي قد تنتهي في حالات الجرعات الإشعاعية العالية إلى موت الخلايا الحية. أما التعرض لجرعات إشعاعية منخفضة التي قد لا تتسبب في أمراض جسدية سريعة، إلا أنها تحفز سلسلة من التغيرات على المستوى تحت الخلوي وتؤدى إلى الإضرار بالمادة الوراثية بالخلية الجسدية مما قد يترتب عليه استحداث الأورام السرطانية التي قد يستغرق ظهورها عدة سنوات، أما الإضرار بالمادة الوراثية بالخلية التناسلية فيتسبب في تشوهات خلقية وأمراض وراثية تظهر في الأجيال المتعاقبة للآباء أو الأمهات ضحايا التعرض الإشعاعي، وتُعرف الأضرار الجسدية أو الوراثية متأخرة الظهور بالأضرار الاحتمالية للتعرض الإشعاعي.

وإذا كان من اللازم أن تصل الجرعات الإشعاعية الممتصة إلى مستوى محدد حتى يمكنها أن تحدث الأضرار القطعية الحادة، إلا أن بلوغ هذا المستوى ليس ضروريا لاستحداث أي من الأضرار الاحتمالية، جسدية كانت أم وراثية، حيث إنه يمكن لأقل مستوى من الجرعات الإشعاعية إحداث الأضرار البيولوجية المتأخرة، إلا انه يجدر الأخذ في الاعتبار عدم وجود التجانس بين الأفراد في مستوى الاستجابة البيولوجية للتعرض الإشعاعي، إذ قد يتأثر بها فرد دون الفرد الآخر

أو عضو حي دون العضو الآخر، ويرجع ذلك إلى العديد من الأسباب البيولوجية والبيئية، ومنها اختلاف معدلات ميكانيكية الجسم الحي في إصلاح الأضرار التي تلحق بالأنسجة والخلايا الحية، واختلاف العمر والجنس، ومستوى التعرض لبعض العوامل البيئية التي تلحق الضرر بالمادة الوراثية الخلوية منها الملوثات الكيميائية والعدوى بالميكروبات والطفيليات وسوء التغذية بالبروتينات وارتفاع درجة حرارة الجسم.

ورغم الدراسات المستفيضة التي تجرى على مستوى العالم حول المخاطر الصحية التي يواجهها البشر بفعل التعرض الإشعاعي، إلا أن النتائج التي تم التوصل إليها حتى الآن في مجال التأثيرات الجسدية المتأخرة للتعرض للمستويات المنخفضة من الإشعاع، مازالت تواجه صعوبات بالغة تعترض سبيل دقة التنبؤ بأخطارها، وتزداد تلك الصعوبات كلما انخفض مستوى الجرعة الإشعاعية الممتصة. وإذا كانت هذه هي الحال بالنسبة لدقة قياس احتمالات ظهور الأورام السرطانية، فإن دراسة التأثيرات الوراثية للتعرض لمستويات منخفضة من الإشعاع تواجه صعوبات أكثر تعقيدا ، وذلك بسبب ندرة المعلومات الدقيقة عن الأضرار الوراثية للتعرض الإشعاعي المنخفض ولطول الفترة الزمنية التي تنقضي قبل ظهورها عبر أجيال متعاقبة وصعوبة التمييز بين التأثيرات الوراثية التي يُحدثها التعرض الإشعاعي ، وتلك التي تنشأ عن وسائل أخرى منها الملوثات البيئية والكيميائية.

فقد دلّت الإحصاءات في اليابان على أن نسبة المصابين بسرطان الدم من بين سكان هيروشيما وناكازاكي الذين نجوا من خطر القنابل الذرية، هي أعلى بكثير من نسبة المصابين بسرطان الدم من السكان الذين لم يتعرضوا أبداً للإشعاعات النووية، وقد ظهرت أعراض سرطان الدم بعد مرور عدة سنوات من تاريخ الانفجار. وهذا إنما يدل على إن خطر الإشعاعات لا يبرز فوراً وإنما يظهر بعد فترة من تاريخ التعرض للإشعاع. وكان لهذه الأشعة تأثير مباشر على الزرع والضرع وعلى الحيوانات البحرية، فبعد سنوات والإنسان يستعمل هذه الأغذية بظنّ منه أنها سالمة، لكنه يصاب بما أصيبوا به مع تركيز أكبر.

ومن أخطر تأثيرات الإشعاعات النووية الآثار الوراثية، والتي تتمثل بإنجاب أطفال مشوّهين جسمياً أو عقلياً، والإشعاعات الذرية المنبعثة من انفجار القنابل الذرية والتي يمكن اعتبارها جزئيات متناهية في الصغر تسير بسرعة كبيرة جداً وتتساقط على الأشخاص الذين يعترضون طريقها، وتنفذ من الجسم بسهولة وأعضاء الجسم ليست متساوية الحساسية بالنسبة إلى أعضاء الإشعاعات وأكثر أعضاء الجسم حساسية هي الأعضاء المكونة للدم والجهاز الهضمي والجلد والغُدد التناسلية، فالأعضاء المكونة للدم وهي مخّ العظام والعُقد البلغمية، والتي تشكل الكريات الحمراء والبيضاء والصُفيحات التي تساعد الدم على التخثّر وتخريم الأعضاء المكونة للدم

يؤدي إلى قلّة كريات الدم الحمراء وتُحدث فقراً في الدم، وكذلك تقلّ الكريات البيضاء وتضعف مقاومة الجسم. كما وإن قلّة عدد الصُفيحات تقود إلى اضطراب في تخثّر الدم ويحدث نتيجة لذلك النزيف من الأنف والفم والرئتين والمعدة والأمعاء وغيرها.

وبالنسبة إلى الجهاز الهضمي فتتركز هذه الإشعاعات على طول هذا الجهاز وتُحدث تقرّحات في جدار المعدة والأمعاء وتحدث اضطرابات هضمية على شكل غثيان وقيء وفقدان تام للشهية وإسهالاً، وغالباً ما تكون مختلطة بالدم. وأما النسبة إلى الجلد فأول تأثير على الجلد من الإشعاعات الذرية يتمثل بسقوط الشعر الذي يلاحظ عادة بعد مضي أسبوعين من فترة التعرّض للإشعاعات ويستمر بعد ذلك لمدة أسبوعين أو ثلاثة.وبالنسبة إلى الغُدد التناسلية فإن تعرّض الأعضاء التناسلية للرجل للإشعاعات الذرية تسبب له العُقم الذي غالباً ما يكون موقتاً.هذا ولا يؤثر العقم على القدرة الجنسية لدى الجنسين، وكذلك تصاب المرأة المتعرّضة للإشعاعات الذرية في العُقم الموقت كالرجل تماماً، ويترافق ذلك مع اضطرابات في العادة الشهرية. وقد يتوقف الطمث وترتفع الحرارة ؛ والمرأةِ الحامل ـ كثيراً ما ـ تجهض في حال تعرضها للإشعاعات الذرية.وهناك بعض الدراسات التي تشير إلى أن الرجال والنساء الذين يصابون بالعُقم نتيجة تعرضهم إلى إشعاعات ذرية ينجبون أطفالاً مشوّهين جسمياً أو عقلياً أو مضطربين نفسياً أو من ذوي العاهات والعقد.

6-7 التأثيرات المتعددة للتلوث الإشعاعي.

1.انتشار مصادر التلوث الإشعاعي من جراء العمليات العسكرية، وضعف الرقابة ووسائل الوقاية منها.وتطرقت الجهود المبذولة لحماية البيئة من التلوث، وحماية البشر من أخطار التعرض للإشعاع،التي أصبحت الشغل الشاغل لكل العلماء والباحثين في هذا المجال.

2. ضرورة إجراء الكشوفات الموقعية والمسوحات الإشعاعية والدورية لمؤسسات الدولة والأجهزة الإشعاعية الصحية والبحثية والنفطية، وبحث مستوى تطبيق مستلزمات الوقاية من الإشعاع ووسائل الخزن الأمنية، وضرورة إشراف مراكز الوقاية من الإشعاع على منح التراخيص الخاصة بجميع التصرفات المتعلقة بمصادر الإشعاع كالاستيراد والتصدير والنقل والبيع والخزن والتداول. والتقويم للأثر البيئي يتضمن جمع المعلومات والصور وإجراء التحاليل لكل موقع وتدريب العاملين والبدء بأعداد خطة لإزالة الملوثات وطمرها.

8. الاستخدامات الإشعاعية في التطبيقات السلمية

والاستخدامات السلمية للطاقة الذرية من سمات فترة ما بعد الحرب العالمية الثانية، ورغم العواقب الوخيمة التي تسببها الأشعة المؤينة إذا أسئ استخدامها أو فقد الإنسان التحكم فيها فإن لها

استخدامات عديدة وتطبيقات متعددة في شتى مجالات التنمية الحيوية وخدمة المجتمع كالطب والصناعة والزراعة وغيرها. واستخدام تكنولوجيا الإشعاع والمعالجة الإشعاعية يساهم بدور كبير ومؤثر في الحفاظ على البيئة نظيفة فضلاً عن خدمة البشرية والارتقاء والتقدم.

تعني كلمة إشعاع كل من الأشعة المؤينة (أشعة جاما، الأشعة السينية، أشعة بيتا، أشعة ألفا) ، وكذلك الأشعة غير المؤينة (الأشعة فوق البنفسجية، الضوء المرئي، الأشعة تحت الحمراء، موجات الراديو والميكروويف).

من أهم أنواع الأشعة المستخدمة في التطبيقات المختلفة هي :

1- أشعة جاما (γ) الصادرة من مشعات الكوبالت -60.

2- أشعة بيتا(β) الصادرة من المعجلات الإلكترونية التي لا تزيد طاقتها الكلية عن 0.1 مليون إلكترون فولت.

3- أشعة اكس(X) الصادرة من ماكينات توليد أشعة اكس والتي لا تزيد طاقتها عن 0.5 مليون إلكترون فولت.وأكثر المصادر الإشعاعية استخداماً في مجالات التنمية الطبية والصناعية والزراعية هي أشعة جاما الصادرة من وحدات أو مشعات جاما الصناعية الكوبالت -60.

1.استخدام الإشعاعات في التنمية الطبية

1- استخدام النظائر المشعة في التشخيص والعلاج: ومنها اليود 131. اليود 123، الكربون 11، النيتروجين 13، الأكسجين 15 لها استخدامات عديدة في مجالات التشخيص و علاج ألإمراض التي الإنسان والحيوانات في الطب النووى. الفسفور 32 يستخدم في المعالجة الإشعاعية للأمراض السرطانية وسرطان العظم والجلد.

2- تحضير عبوات التشخيص للتحليل المناعي الإشعاعي، وتستخدم هذه العبوات في تشخيص ومتابعة الأمراض الناشئة عن الاضطرابات في إفراز هرمونات الغدة الدرقية.

3- استخدام الأشعة السينية للتصوير .

4- استخدام أشعة جاما لعلاج الأورام السرطانية.

5- استخدام التقنيات النووية في عمليات التحليل.

6- التقدير المناعي الإشعاعي للهرمونات.

7- الكشف المبكر على الأورام السرطانية باستخدام دلالات الأورام.

8- استخدام التنشيط النيوتروني في عمليات التحليل.

9-التعقيم بواسطة الأشعة للمنتجات والأدوات الطبية والعبوات الدوائية.

وتجدر الإشارة إلى أن تكنولوجيا التشعيع الجامى للمنتجات والأدوات الطبية تنفرد بميزة هامة جداً، وهى قدرة طاقة أشعة جاما الهائلة على قتل الخلايا الميكروبية المسببة للأورام من بكتريا

وفيروسات وطفيليات ضارة تلوث المنتجات والأدوات الطبية، دون أن تسبب هذه المعالجة رفع درجة حرارة المنتج المعرض للأشعة، وبالتالي تصبح هذه التكنولوجيا هي الفريدة والوحيدة المستخدمة لتعقيم المواد والأدوات التي تتأثر بالحرارة، فضلا عن أنها لا تؤثر على البيئة ولا تؤدى إلى تلوثها. ويستخدم المصدر الإشعاعي جامي (كوبلت- 60) في تعقيم العبوات الدوائية والأدوات الجراحية والأربطة والغياران ومرشحات الكلى ومراهم العيون ومساحيق التجميل والأدوات الطبية أحادية الاستخدام مثل القطن الطبي والقفازات والسرنجات البلاستيكية.

2. استخدام الإشعاعات في التنمية الصناعية.

تستخدم المعجلات الالكترونية مثل المعجلات الخطية ومعجلات التيار المستمر في العديد من التطبيقات الصناعية. ويوجد أكثر من 400 معجل الكترونى على مستوى العالم تستخدم في التنمية الصناعية خاصة تحسين الألياف الصناعية عن طريق ميكانيكية:

1- الترابط المتصالب Cross Linking.

2- تطعيم البوليمرات Grafting of polymers .

3- البلمرة Polymerization .

أهم التطبيقات الصناعية للتشعيع:

1- استخدام عملية التحليل التنشيطى بالنيترونات للتحقق من كفاءة التكرير الأولى في صناعة البترول.

2- استخدام الإشعاع في عملية اكتشاف آبار البترول والمناجم والثروات المعدنية الموجودة في باطن الأرض مثل الحديد، النحاس، الفحم، الزنك ،النيكل، الرصاص.

3- الاستخدام الإشعاعي في تحضير واستنباط أغشية صناعية من البوليمرات المختلفة وذلك لإمكانية استخدامها في بعض التطبيقات الصناعية المتقدمة، ونذكر منها المبادلات الأيونية التي تستخدم كفواصل وعوازل للبطاريات، كذلك تصنيع أنصاف الموصلات الكهربائية في مجال صناعة الأجهزة الإلكترونية.

4- إنتاج مواد بوليمرية وألياف صناعية ومطاط لها صفات وظيفية معينة وذلك لإمكانية استخدامها في المجالات الصناعية المختلفة.

5- استنباط مستحلبات بوليمرية محبة للماء بغرض استخدامها كمواد لاصقة تخدم وتحمى البيئة.

6- تطوير مواد مطاطية جديدة باستخدام تكنولوجيا التشعيع تقدم فوائد بارزة للصناعات على مستوى العالم، وهى التكنولوجيا المسماة " تقسية إشعاعية للمطاط الطبيعي ".

7- استخدام الحزم الإلكترونية لبدء عملية التقسية (الفلكنة)، وهى عملية تحدث جزيئات مترابطة كيميائياً، مما يؤدى إلى إنتاج مطاط يتميز بالمرونة والقوة، وتتميز هذه الطريقة بعدم إنتاج مواد

النيتروز أمين amine Nitrose المحدثة للسرطان مع عدم إنتاج أكاسيد للكبريت والزنك الملوثة للبيئة.

8- المعالجة الإشعاعية لأسطح المواد باستخدام معجلات الإلكترونات ذات الطاقة المنخفضة، حيث تستخدم حالياً المعالجة غير الحرارية بالحزم الإلكترونية ذات الطاقة المنخفضة في تكنولوجيا الأسطح دون استخدام مذيبات مما يؤدى إلى حماية البيئة.

9- إنتاج كابلات مقاومة للحرارة بإحداث الترابط المتصالب "Cross Linking" لعزل الكابلات.

10- إحداث الترابط المتصالب على سطح الورق لإنتاج صفائح ذات ضغط عال Continuous pressure laminate في المسطحات الكلية.

11- المعالجة المسبقة لنشارة الخشب بالإلكترونات السريعة عالية الطاقة الأمر الذي يساعد على الاقتصاد الهائل للطاقة اللازمة لتكوين العجينة Pulping ، ومن أهم مزايا هذه العملية إلى جانب كونها اقتصادية في التصنيع، أن الإقلال من استخدام الكيماويات يترجم إلى انبعاث أقل من الملوثات الكيميائية وهو عامل بالغ الأهمية بالنسبة للاتجاه نحو قواعد صارمة للحفاظ على البيئة.

12- تستخدم المصادر المشعة، و مصادر أشعة جاما في قياس سمك الصفائح المعدنية وقياس منسوب الموانى والخزانات وقياس كثافة المواد المنقولة عبر الأنابيب العملاقة والكشف عن تسرب السوائل من الأنابيب، وكذلك تستخدم النظائر المشعة في كشف الأثر مثل مواقع التسرب من أنابيب النفط أو المياه.

13- إنتاج الهيدروجيلات المدعمة على مواد بوليمرية، حيث أمكن استخدام الإشعاع في استنباط وتحضير هيدروجيلات مناسبة ومدعمة، تحتوى على مواد بوليمرية مختلفة ذات خواص ميكانيكية وكيميائية مناسبة، من اجل استخدامها في التكنولوجيا الحيوية وفى المجالات الطبية مثل

- صناعة الدواء وتوصيله تحت التحكم وتأثره بالوسط المحيط وهذا يخدم المرضى المحتاجين لعلاج طويل المدى مثل مرضى السكر.
- الاستخدام في مجال الغسيل الكلوي بالأغشية الصناعية الحيوية.
- تدعيم بعض أنواع الإنزيمات والخلايا الحية التي لها أهمية كبرى في مجال التشخيص والعلاج.
- صناعة الأجهزة التعويضية مثل الأوردة والشرايين وصمامات القلب.

3. استخدام الإشعاعات في مجالات التنمية الزراعية .

1- حفظ الأغذية بالإشعاع.

2- معالجة تلوث أعلاف الحيوانات والدواجن بالميكروبات المرضية والفطريات المنتجة للسموم الفطرية.

3- استخدام الأشعة للحصول على طفرات محصوليه جديدة عالية الإنتاج ومقاومة للآفات المرضية.

4- استخدام الإشعاع في تطوير و تنمية الثروة الحيوانية.

5- تعقيم الحشرات بالإشعاع للقضاء على الأنواع الضارة منها.

6- استحداث طفرات ميكروبية ذات قدرة عالية على إنتاج مركبات ذات أهمية اقتصادية مثل الفيتامينات والإنزيمات والمضادات الحيوية والأحماض العضوية والأحماض الأمينية الأساسية والكحوليات والسكريات العديدة.

7- استخدام التقنيات النووية في تطوير و تنمية الثروة المائية.وكذلك في زراعة الصحراء وذلك عن طريق استخدام الإشعاع في استنباط وتطوير سلالات من النباتات الملائمة للظروف الصحراوية من حيث مقاومتها للجفاف والملوحة ونوعية التربة.

9- تحديد عناصر تغذية النبات حيث تستخدم النظائر المشعة في الدراسات التي تتعلق بتسميد النبات وتحديد كميات الأسمدة الضرورية له وهذا أفاد كثيرا في ترشيد استخدام الأسمدة الكيماوية.

4_استخدام الإشعاعات في معالجة الأغذية.

لا يخفى على أحد أن الغذاء هو عماد الحياة، وهو المقوم الأساسي لاستمرار حياة الإنسان على كوكب الأرض، من أجل ذلك يجب أن يكون هذا الغذاء متوافر، وبصورة سليمة ومأمونة، وخالي من جميع الملوثات التي تضر بصحة الإنسان.

لتحقيق ثلاثة أهداف رئيسية هي:

1- تقليل الفاقد إلى أقصى حد عن طريق قتل الحشرات والآفات الضارة التي تصيب الحبوب ومحاصيل الزراعية.

2- القضاء على الميكروبات الممرضة وميكروبات التسمم الغذائي والفطريات المفرزة للسموم الفطرية لجعل الغذاء مأمون.

3- إطالة فترة الحفظ والتسويق عن طريق القضاء على الميكروبات المفسدة مع ضمان الجودة العالية دون استخدام المبيدات أو المواد الحافظة الكيماوية الضارة مما يشجع على التصدير، فضلا عن ان ذلك له دور إيجابي على البيئة.

وقد أقرت هذه التقنية الحديثة المتطورة وأجازتها العديد من المنظمات العالمية المسئولة عن الغذاء وسلامته مثل منظمة الأغذية والزراعة (FAO) ، ومنظمة الصحة العالمية (WHO) ، ومنظمة التجارة الدولية (GAT) وغيرها. وقد طبقت أكثر من 49 دولة على مستوى العالم هذه التقنية على النطاق التجاري لاقتناعها بفوائدها ومزاياها ولثبوت جدواها الاقتصادية وأمانها وتأثيرها الإيجابي على البيئة كالولايات المتحدة الأمريكية وجميع دول السوق الأوربية المشتركة.

5. استخدام الإشعاعات في معالجة تلوث أعلاف الحيوانات .

تحتوى أعلاف الحيوانات والدواجن على العديد من الميكروبات الممرضة على رأسها ميكروبات السالمونيللا، وعلى العديد من الفطريات المفرزة للسموم الفطرية وهذه الأعلاف الملوثة تمثل تهديداً حقيقياً للثروة الحيوانية والثروة الداجنة، وتسبب خسائر اقتصادية فادحة. وتستخدم حالياً تكنولوجيا التشعيع الجامى بفاعلية وكفاءة عالية في القضاء على هذه الميكروبات الضارة وتأمين أعلاف الحيوانات والدواجن من مخاطر استخدامها.

6.استحداث طفرات محصولية عالية الإنتاج ومقاومة للآفات :

يستخدم التشعيع الجامى في استحداث طفرات محصولية ذات صفات مرغوبة وعالية الإنتاجية مما يساهم في دعم الاقتصاد ودعم الأمن الغذائي.

7. دور الإشعاع في مجال البيئة.

تلعب المعالجات والتطبيقات الإشعاعية دوراً بالغ الأهمية في جميع المجالات المرتبطة بالبيئة، وتساهم بدور فعال ومؤثر في الحفاظ على البيئة نظيفة، فجميع التطبيقات التي ذكرت آنفا تندرج تحت ما يعرف بالتكنولوجيا النظيفة التي لا ينتج عنها مخاطر للإنسان وبيئته خلاف ما يحدث في الوسائل التقليدية التي تلوث البيئة. ويتضح دور الإشعاع الإيجابي في مجال البيئة من خلال ما يلي :

1- المعالجة الإشعاعية لتنقية الغازات المنبعثة من المحطات الحرارية لتوليد الكهرباء. حيث تستخدم هذه التقنية النظيفة في إزالة ثاني أكسيد الكبريت SO_2 ، وأكاسيد النيتروجينNO الضارة من الغازات المنبعثة .

2- معالجة النفايات الدولية في المطارات والموانى لمنع انتقال كوارث العدوى بالفيروسات والميكروبات الوبائية.

3- الاستخدام الإشعاعي لإزالة الكبريت من الغاز الطبيعي قبل نقله عبر خطوط الأنابيب لأن سلفات الكبريت الموجودة في الغاز الطبيعي تسبب تآكل خطوط الأنابيب وتسرب الغاز.

4- تنقية الغازات الناتجة من حرق النفايات حيث يحتوى الغاز المتولد من حرق النفايات على غازات حمضية مثل ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين وغاز كلوريد الهيدروجين الضارة، ويمكن معالجة هذه المركبات بواسطة الحزم الإلكترونية ومعادلتها بإضافة الجير.

5- التخلص من المركبات العضوية المتطايرة الملوثة للهواء حيث تستخدم هذه التكنولوجيا في تنظيف هواء أنفاق السيارات من الغازات والمركبات العضوية المتطايرة الضارة، والتي تؤثر في المناطق السكنية القريبة.

6- تطهير وتعقيم نفايات المستشفيات، وهى عبارة عن نفايات طبية حيوية شديدة التلوث تمثل تهديداً خطيراً للبيئة، وتسبب مخاطر جسيمة.

7- في معالجة مياه الصرف الصحي: يمثل التخلص من مياه الصرف الصحي مشكلة بيئية بالغة الخطورة بسبب كمياته الهائلة، وتلوثه بما تحتويه من ميكروبات ممرضة وطفيليات ضارة بصحة الإنسان فضلاً عن بعض المواد الضارة الأخرى مثل المعادن الثقيلة، وقد جرت العادة على التخلص من هذه المياه (سوائل ومواد صلبة) عن طريق غمر بعض الأراضي بها في مواقع معينة أو عن طريق إلقائها في المحيطات أو البحار أو الأنهار أو الترع، وبينما كانت هذه الوسائل مقبولة في الماضي، إلا أنها تعتبر حالياً ممارسات ذات مضار بالغة وبالأخص بالنسبة لانعكاساتها السلبية على البيئة. وتستخدم تكنولوجيا التشعيع في الوقت الحالي لحل هذه المشكلة بالغة الخطورة. حيث يتم فصل السوائل عن المواد الصلبة ثم تشعيع كل من المياه والفضلات الصلبة كل على حدة للقضاء على الميكروبات المرضية والطفيليات الضارة. وبالتالي يمكن إعادة استخدام السوائل المعالجة بالإشعاع في عمليات الري الزراعية، وفى الاستزراع السمكي، كما يمكن إعادة استخدام الحمأة (المواد الصلبة المترسبة) كأسمدة ومنشطات للتربة.

8- استحداث طفرات ميكروبية ذات قدرة تخمريه عالية لاستخدامها في التخلص من الفضلات الزراعية التي تلوث البيئة وتحويلها إلى مركبات ذات أهمية اقتصادية. ومن خلال هذه الطفرات نستطيع أيضاً التخلص من المواد البترولية التي تلوث مياه البحار والمحيطات نتيجة لحوادث ناقلات البترول التي لها اثر بالغ الخطورة على البيئة المائية.

9. طرق التعامل مع المواد المشعة

ـ مراقبة التلوث الإشعاعي وضع التحذيرات في الأماكن التي تتجاوز فيها الإشعاعات الكمية المسموح بها. ـ ارتداء الألبسة الواقية و تخزين المواد الإشعاعية في أماكن آمنة.- وتنظيم نقل المواد الإشعاعية و التخلص السليم من النفايات النووية. واستخدام المستلزمات اللازمة لإزالة التلوث أجهزة المسح الإشعاعي المناسبة لطبيعة العمل قفازات - غطاء الأحذية - كمامات - ملابس خاصة - نظارات مقفلة – غطاء الرأس - مواد التنظيف - ورق ماص للسوائل - إسفنج - فرشاة مناسبة -أكياس بلاستيكية - حاوية خاصة بمجموعة إزالة التلوث الإشعاعي - علامات إشعاعية تحذيرية.

- الوقاية من الإشعاعات ومخاطرها

1– تحديد وتعين منطقة التلوث بالعلامات التحذيرية للإشعاع كخطوه أولي.

2– يمنع دخول أي شخص إلى المنطقة التلوث.