الفصل السادس

المعالجة الحيوية لتلوث الهواء

obeikandl.com

obeikandl.com

الهواء هو كل المحتوى الغازى الذى يملأ الغلاف الجوى للأرض بما فى ذلك بخار الماء، ويعتبر غازى النتروجين (نسبته ٧٨.٨٤ %) والأكسجين (٢٠.٩٤٦٪) إلى جانب غاز ثانى أكسيد الكربون (نسبته ٠.٣٣ %) وبخار الماء وبعض الغازات الخاملة هما المكونان الرئيسيان للهواء. ويمتد هذا الغلاف الجوى إلى عدة مئات من الكيلو مترات فوق سطح الأرض وتقل كثافته بالارتفاع إلى درجة كبيرة. وترجع أهمية غاز الأكسجين إلى دورة الحيوى فى تنفس الكائنات الحية التى لا يستحيل أن تعيش بدونه فهو إكسير الحياة الذى يدخل فى تكوين الخلايا الحية بنسبة تعادل ربع مجموع الذرات الداخلة فى تركيبها.

ولقد احتفظ الهواء المحيط بالكرة الأرضية بتركيبه ثابتا بالرغم من النشاطات الحيوية التى تجرى على سطح الأرض، فالإنسان، وكذلك الحيوان، يستهلك الأكسجين فى عملياته الحيوية، ويعطى ثانى أكسيد الكربون. ولكن النبات يستعمل ثانى أكسيد الكربون فى عمليات التمثيل أو البناء الضوئى فيحتفظ لنفسه بالكربون ويعيد إلى الهواء غاز الأكسجين، فإذا زادت نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الهواء فإن الفائض يذوب فى المسطحات المائية مثل البحار والمحيطات، ويتفاعل مع أملاح الكالسيوم الذائبة فيها، ومن ثم يترسب فى صورة كربونات كالسيوم التى تكون الأحجار الجيرية.

هذه التفاعلات الطبيعية التى تعرف بالدورات الجيوكيمائية أدت إلى وجود حالة من التوازن احتفظ معها الهواء بتركيبه ثابتا على مر الأزمان، ولكن منذ أن عرف الإنسان النار واستخدم مصادر الطاقة المختلفة ومع الثورة الصناعية بدأت كميات هائلة من الغازات والمواد المختلفة تنبعث فى الهواء محدثة معها خللا متزايدا فى هذا التوازن.

لكل ما ذكر فى الحقيقة آثره السيئ على الهواء وعلى توازن البيئة، وإذا لجأنا إلى الإحصائيات لنستدل بها، فسوف نفزع من تضخم التلوث، فثانى أكسيد الكربون كانت النسبة المئوية الحجمية له حوالى ٠.٠٢٩٪ فى بداية القرن الماضى، وقد ارتفعت إلى ٠.٠٣٣٪ فى عام ١٩٧٠ ووصلت إلى أكثر من ٠.٠٣٨٪ فى عام ٢٠٠٠، ولهذه الزيادة أثارها السيئة جدا على التوازن البيئي.

تلوث الهواء :

تلوث الهواء هو الحالة التى يكون فيها الهواء محتويا على مواد بتركيزات تعتبر ضارة بصحة الإنسان أو بمكونات بيئته أو بشكل آخر هو وجود أى مواد صلبة أو سائلة أو غازية بالهواء بكميات تؤدى إلى أضرار فسيولوجية واقتصادية وحيوية بالإنسان والحيوان والنباتات والآلات والمعدات، أو تؤثر فى طبيعة الأشياء.

وتقدر خسارة العالم الناجمة عن تلوث الهواء سنويا بحوالى ٥ بليون دولار. ويقدر أنه يوجد أكثر من بليون شخص فى المناطق الحضرية يتعرضون لمستويات غير صحية من ملوثات الهواء، حوالى ٩٠٪ منهم فى الدول النامية وتعتبر مدينة بكين ومدينة المكسيك وسيول والقاهرة وبانكوك وبومباى وكراتشى وجاكرتا ومانيلا من أكثر المناطق الحضرية تلوثا فى العالم طبقا لمسح حالة الهواء فيها عام ١٩٩٠.

وعلى مدار التاريخ وتعاقب العصور لم يسلم الهواء من التلوث بدخول مواد

غريبة عليه كالغازات والأبخرة التى كانت تتصاعد من فوهات البراكين، أو تنتج من احتراق الغابات، وكالأتربة والكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض، إلا أن ذلك لم يكن بالكم الذى لا تحمد عقباه، بل كان فى وسع الإنسان أن يتفاداه أو حتى يتحمله، لكن المشكلة قد برزت مع التصنيع وانتشار الثورة الصناعية فى العالم، ثم مع هذه الزيادة الرهيبة فى عدد السكان، وازدياد عدد وسائل المواصلات وتطورها، واعتمادها على المركبات الناتجة من تقطير البترول كوقود، ولعل السيارات هى أسوأ أسباب تلوث الهواء بالرغم من كونها ضرورة من ضروريات الحياة الحديثة، فهى تنفث كميات كبيرة من الغازات التى تلوث الجو، كغاز أول أكسيد الكربون السام، وثانى أكسيد الكبريت والأوزون.

مصادر تلوث الهواء:

تنقسم مصادر تلوث الهواء إلى قسمين أساسيين:

١- *المصادر الطبيعية*: مثل الغازات والأتربة الناتجة من ثورات البراكين ومن حرائق الغابات والأتربة الناتجة من العواصف وهذه المصادر عادة ما تكون محدودة فى مناطق معينة تحكمها العوامل الجغرافية والجيولوجية، ويعد التلوث من هذه المصادر متقطعا أو موسميا.

٢- *المصادر المستحدثة*: وهى ناتجة عن أنشطه الإنسان على سطح الأرض فاستخدام الوقود فى الصناعة ووسائل النقل وتوليد الكهرباء وغيرها من الأنشطة يؤدى إلى انبعاث غازات مختلفة وجسيمات دقيقه إلى الهواء. وهذا النوع من التلوث مستمر باستمرار أنشطة الإنسان ومنتشر بانتشارها على سطح الأرض فى التجمعات السكانية. وهو التلوث الذى يثير الاهتمام والقلق حيث إن مكوناته وكمياته أصبحت متنوعة وكبيرة بدرجة أحدثت خللا ملحوظا فى التركيب الطبيعى للهواء.

obeikandl.com

ويمكن تفصيل أهم مصادر تلوث الهواء فيما يلي:

١- ***المواد الصلبة العالقة***: كالدخان، وعوادم السيارات، والأتربة، وحبوب اللقاح، وغبار القطن، وأتربة الاسمنت، وأتربة المبيدات الحشرية.

٢- ***المواد الغازية أو الأبخرة السامة والخانقة***: مثل الكلور، أول أكسيد الكربون، أكسيد النتروجين، ثانى أكسيد الكبريت، الأوزون.

٣- ***المركبات العضوية***: ومن بين المركبات العضوية الطائرة المعروفة الاسيتون، والبنزول، واثير جليكول الايثيلين، والكحول الميثيلى، والسيترين، والطولوين، وثلاثى الكلورو ايثيلين الخ. وبالإضافة إلى الغازات المنبعثة من السيارات التى تنتشر فى الجو نجد أن أهم القطاعات التى تنشر المركبات العضوية الطائرة هو القطاع الصناعى مثل تخزين الهيدروكربون والصناعات الكيماوية، والأنشطة التى تستخدم المذيبات مثل الطباعة والدهانات (وخاصة دهانات السيارات)، والتنظيف الجاف، وإزالة الشحوم من المواد، وإنتاج الأدوية إلخ، ويختلف مصير ملوثات الهواء المنبعثة من مكان إلى آخر طبقا للظروف الجوية السائدة حول مصادر التلوث. ففى بعض الأماكن قد تساعد سرعة الرياح على حمل الملوثات إلى مسافات بعيدة، وبالتالى إلى تخفيف تركيزاتها وفى أماكن أخرى قد لا يحدث هذا؛ لذا فإن التركيزات النهائية للملوثات المختلفة فى الهواء لا تتوقف فقط على الكميات المنبعثة ولكن أيضا على الظروف الجوية المحلية، بالإضافة إلى ذلك غالبا ما تحدث عدة تفاعلات طبيعية وكيميائية بين هذه الملوثات. مما قد يزيد أو يخفف من حدة آثاره، فمثلا تتفاعل أكاسيد النيتروجين مع الهيدروكربونات فى وجود ضوء الشمس تحت ظروف جوية خاصة، غالبا ما تحدث فى فصل الصيف لتنتج عددا من المركبات الكيميائية السامة مثل نترات البيروكسى استيل وغاز الأوزون. وتؤدى هذه المواد مختلطة بالجسيمات العالقة والملوثات الاخرى إلى تكوين ما

يعرف بالضباب الدخانى (غالبا ما يكون لونه مائلا إلى اللون البني) وتحدث فترات الضباب الدخانى بصورة عارضة فى بعض المدن المزدحمة بالسيارات مثل لوس أنجلوس ونيويورك ولندن ومدنيه المكسيك وأثينا وغيرها، ومن أشهر هذه الفترات العارضة تلك التى حدثت فى لندن عامى ١٩٥٢ و ١٩٦٢ وفى نيويورك فى أعوام ١٩٥٣ و١٩٦٣ و١٩٦٦ وفى غرب أوربا عام ١٩٨٥.

٤- ***البكتيريا والجراثيم***: مثل العفن الناتج من تحلل النباتات والحيوانات الميتة والنفايات الآدمية .

٥- ***الإشعاعات الذرية الطبيعية والصناعية***: وقد ظهر هذا التلوث مع بداية استخدام الذرة فى مجالات الحياة المختلفة، وخاصة فى المجالين العسكرى والصناعى، ولعلنا جميعا ما زلنا نذكر الضجة الهائلة التى حدثت بسبب الفقاعة الشهيرة فى أحد المفاعلات الذرية بولاية (بنسلفانيا) بالولايات المتحدة الأمريكية، وما حدث جراء انفجار القنبلتين الذريتين على (ناجازاكى وهيروشيما) إبان الحرب العالمية الثانية ، فما تزال أثار التلوث قائمة إلى اليوم، ومازالت صور المشوهين والمصابين عالقة بالأذهان، وكائنة بالأبدان، وقد ظهرت بعد ذلك أنواع وأنواع من الملوثات فمثلا عنصر الاسترنشيوم ٩٠ الذى ينتج عن الانفجارات النووية يوجد فى كل مكان تقريبا، وتتزايد كميته مع الازدياد فى إجراء التجارب النووية، وهو يتساقط على الأشجار والمراعى، فينتقل إلى الأغنام والماشية ومنها إلى الإنسان وهو يؤثر فى إنتاجية اللبن من الأبقار والمواشى، ويتلف العظام، ويسبب العديد من الأمراض. وخطورة التفجيرات النووية تكمن فى الغبار الذرى الذى ينبعث من مواقع التفجير الذرى حيث يتساقط بفعل الجاذبية الأرضية، أو بواسطة الأمطار فيلوث كل شىء، ويتلف كل شىء.

٦- ***التلوث الإكترونى*** :وهو أحدث صيحة فى مجال التلوث، وهو ينتج عن

المجالات التى تنتج حول الأجهزة الإلكترونية ابتداء من الجرس الكهربى والمذياع والتليفزيون، وانتهاء إلى الأقمار الصناعية، حيث يحفل الفضاء حولنا بالموجات الراديوية والموجات الكهرومغناطيسية وغيرها، وهذه المجالات تؤثر على الخلايا العصبية للمخ البشرى، وربما كانت مصدرا لبعض حالات عدم الاتزان، حالات الصداع المزمن الذى تفشل الوسائل الطبية الإكلينيكية فى تشخيصه، ولعل التغييرات التى تحدث فى المناخ هذه الأيام، حيث نرى أياما شديدة الحرارة فى الشتاء، وأياما شديدة البرودة فى الصيف، لعل ذلك كله مرده إلى التلوث الإلكترونى فى الهواء حولنا، وخاصة بعد انتشار آلاف الأقمار الصناعية حول الأرض.

٧- ***تلوث الهواء داخل المبانى (الهواء الداخلي):*** تلوث الهواء ليس قاصرا على الهواء الخارجى وإنما يحدث أيضا فى الهواء الداخلى، وتلوث الهواء الداخلى معروف منذ عصور ما قبل التاريخ واستمر كجزء من واقع حياة الناس خاصة الذين يعيشون فى مناطق فقيرة والذين يستخدمون الفحم والحطب والخشب والمخلفات الزراعية والحيوانية كوقود. ولكن لم تسلط الأضواء على التلوث الداخلى إلا فى نهاية السبعينيات، عندما بدأت الشكوى تتزايد فى الولايات المتحدة الأمريكية من أعراض مرضيه مختلفة تحدث داخل المبانى، مثل تهيج العين والأنف والحنجرة والإرهاق والصداع والدوار وغير ذلك مما أطلق عليه منذ الثمانينات الأعراض المرضية المتزامنة للمباني. وقد وجد أن هذه الأعراض مرتبطة بالمبانى المحكمة الغلق والتى لا يمكن فتح نوافذها (لترشيد الطاقة) وبينت الدراسات ارتفاع تركيزات ملوثات مختلفة داخل هذه المبانى منها دخان السجائر والغبار والمواد الكيماوية المنبعثة من السجاد الصناعى والدهانات وغيرها (مثل الفورمالدهايد) بجانب الملوثات الناتجة من حرق الوقود للأغراض المنزلية ومشتقات غاز الرادون المنبعثة من بعض مواد البناء وغيرها. ولقد وجدت تركيزات مماثلة فى المبانى الحديثة المغلقة فى عدد من

الدول النامية (لتكييف الهواء بداخلها). بالإضافة إلى هذا أوضحت منظمة الصحة العالمية أن كثير من المواد الميكروبيولوجيه الملوثة للهواء توجد فى البيئة الداخلية.

الآثار الضارة الناجمة عن تلوث الهواء :

وجد أن للتلوث الهوائى آثارا ضارة على النباتات والحيوانات والإنسان والتربة، وسوف نناقش هذا الأثر الناتج عن تلوث الهواء فيما يلي:

من الناحية الصحية :

تؤدى زيادة الغازات السامة إلى الإصابة بأمراض الجهاز التنفسى والعيون، كما أن زيادة تركيز بعض المركبات الكيمائية كأبخرة الأمينات العضوية يسبب بعض أنواع السرطان، والبعض من الغازات مثل أكاسيد غاز النتروجين له آثاره الضارة على الجهاز العصبى، كذلك فإن الإشعاع الذرى يحدث تشوهات خلقية تتوارثها الأجيال إن لم يسبب الموت.

وتكون الآثار الصحية لتلوث الهواء واضحة للغاية عندما يكون تلوث الهواء شديد ففى ضباب لندن الدخانى الذى حدث عام ١٩٥٢ مات حوالى ٤٠٠٠ شخص نتيجة التعرض لتركيزات عاليه من أكاسيد الكبريت والجسيمات العالقة فى الهواء. وفى يناير ١٩٨٥ حدثت نوبة تلوث هواء كثيفة فى أوربا الغربية كان من نتائجها إصابة عدد كبير من الأطفال بانخفاض فى قدرة وظائف الرئتين، استمر حوالى أسبوعين بعد زوال نوبة تلوث الهواء التى استمرت خمسة أيام، ولحماية صحة الإنسان من ملوثات الهواء المختلفة وضعت منظمة الصحة العالمية حدودا "إرشادية" لملوثات الهواء الرئيسية لا يجب تعديها من أهمها:

- *ثانى أكسيد الكبريت* : لا يجب التعرض لأكثر من ١٢٥ ميكروجرام/ متر مكعب لمدة ٢٤ ساعة.

- *أكسيد النيتريك*: لا يجب التعرض لأكثر من ١٥٠ ميكروجرام/ متر مكعب لمدة ٢٤ ساعة.
- *الأوزون*: لا يجب التعرض لأكثر من ١٢٠ ميكروجرام/ متر مكعب لمدة ٨ ساعات.
- *الرصاص*: لا يجب التعرض لأكثر من ١ ميكروجرام/ متر مكعب لمدة عام.
- *أول أكسيد الكربون*: لا يجب التعرض لأكثر من ٣٠ مليجرام/ متر مكعب لمدة ساعة.
- *الجسيمات العالقة*: لا يجب التعرض لأكثر من ١٢٠ ميكروجرام/ متر مكعب لمدة ٢٤ ساعة. لا يجب التعرض لأكثر من ٧٥ ميكروجرام/ متر مكعب لمدة عام. (الميكروجرام = ٠.٠٠٠٠٠١ من الجرام والمليجرام = ٠.٠٠١ من الجرام).

من الناحية الاقتصادية يؤدى تلوث الهواء إلة :

- عدم إمكانية الرؤية بالطرق الأرضية والجوية لوجود التراب والضباب، الأمر الذى يؤدى إلى زيادة نسبة حوادث السيارات على الطرق.
- حدوث صدأ وتأكل للمعدات والمبانى، مما يؤثر على عمرها الافتراضي.
- التلوث بمواد صلبة يحجز جزءا كبيرا من أشعة الشمس، مما يؤدى إلى زيادة الطلب على الإضاءة الصناعية وبالتالى استهلاك كميات كبيرة من الطاقة.
- تسبب الفلوريدات عرجا وكساحا فى هياكل المواشى العظمية فى المناطق التى تسقط فيها الفلوريدات، أو تمتص بواسطة النباتات الخضراء، كما أن أملاح الرصاص التى تخرج مع غازات العادم تسبب تسمما للمواشى والأغنام والخيول، وكذلك فإن ثانى أكسيد الكبريت شريك فى نفوق الماشية. أما الحشرات الطائرة فإنها لا تستطيع العيش فى هواء المدن الملوث، ولعلك

obeikandl.com

تتصور أيضا ما هو المصير المحتوم للطيور التى تعتمد فى غذائها على هذه الحشرات، وعلى سبيل المثال انقرض نوع من الطيور كان يعيش فى سماء مدينة لندن منذ حوالى ٨٠ عاما، لأن تلوث الهواء قد قضى على الحشرات الطائرة التى كان يتغذى عليها.

- اختناق النباتات فى الهواء غير النقى وسرعان ما تموت، كما أن تلوث الهواء بالتراب، والضباب والدخان والهباب يؤدى إلى اختزال كمية أشعة الشمس التى تصل إلى الأرض، ويؤثر ذلك على نمو النباتات وعلى نضج المحاصيل، كما يقلل عملية التمثيل الضوئى من حيث كفاءتها، وتتساقط أزهار بعض أنواع الفاكهة كالبرتقال ومعظم الأشجار دائمة الخضرة، وتساقط الأوراق والشجيرات نتيجة لسوء استخدام المبيدات الحشرية الغازية، وكمثال للنباتات التى تتأثر بالتلوث محاصيل الحدائق وزهور الزينة، والبرسيم الحجازى، والحبوب، والتبغ، والخس، واشجار الزينة، كالسرو، والجازورينا، والزيزفون.
- الإشعاعات الذرية والانفجارات النووية تؤدى إلى تغيرات كبيرة فى الدورة الطبيعية للحياة على سطح الأرض، كما أن بعض الغازات الناتجة من عوادم المصانع يؤدى وجودها إلى تكسير فى طبقة الأوزون التى تحيط بالأرض. وخطورة ذلك تكمن فى أن تكسير طبقة الأوزون يسمح للغازات الكونية والجسيمات الغريبة أن تدخل جو الأرض، وان تحدث فيه تغيرات كبيرة، أيضا، فإن وجود الضباب والدخان والتراب فى الهواء يؤدى إلى اختزال كمية الإشعاع الضوئى التى تصل إلى سطح الأرض، والأشعة الضوئية التى لا تصل إلى سطح بذلك، تمتص ويعاد إشعاعها مرة أخرى إلى الغلاف الجوى كطاقة حرارية فإذا أضفنا إلى ذلك الطاقة الحرارية التى تتسرب إلى الهواء نتيجة لاحتراق الوقود من نفط وفحم وأخشاب وغير ذلك، فسوف نجد أننا نرفع تدريجيا من حرارة الجو، ومن يدرى، إذا استمر الارتفاع المتزايد فى درجة

حرارة الجو فقد يؤدى ذلك إلى انصهار جبال الجليد الموجود ة فى القطبين وإغراق الأرض بالمياه.

المعالجة الحيوية لتلوث الهواء

تتعدد فى الآونة الأخيرة طرق وأساليب معالجة تلوث الهواء، ومن المنتجات الحديثة التى تقدمها إحدى الشركات جهاز تحليل يستخلص الغازات باستخدام الأشعة تحت الحمراء وهو يقوم بالتحليل المستمر لمجموعة من الغازات المقذوفة من كل معدات الإحراق تقريبا ويمكن حمل هذا الجهاز إلى أى مكان.

وتنتج بعض الشركات الأخرى أجهزة لقياس المركبات العضوية الطائرة الموجودة فى الهواء وخاصة المستخدمة فى شبكات مراقبة جودة الهواء وقياس الطيف. وهناك أجهزة أخرى متخصصة فى الكشف عن الغازات وتحليلها وتستطيع الكشف عن وجود الغازات ومن بينها المركبات العضوية الطائرة وتحديد كميتها، وذلك فى ظروف قاسية للغاية مثل الحرارة المرتفعة ووجود كمية كبيرة من الأتربة.

وعلى ذلك فإنه خلال السنوات الخمس عشرة الماضية اكتسبت تقنيات المعالجة الحيوية شعبية كبيرة ومتزايدة فى معالجة تلوث الهواء بسبب تكاليفها المنخفضة وبساطة تشغيلها ولأنها أنظف كثيرا من التقنيات التقليدية. وتعتبر صناعة التكنولوجيا الحيوية لمعالجة تلوث الهواء هامة جدا من الناحية الاقتصادية خصوصا لمتطلباتها المنخفضة من الطاقة والمواد الأولية وإنتاجها لأقل ما يمكن من الفضلات والمخلفات.

وتعتمد أساليب التدمير البيولوجى على تحلل المواد المركبة الطائرة إلى ثانى أكسيد الكربون وماء باستخدام البكتيريا أو الفطريات. ويلاءم هذا النوع من الأساليب معدلات تدفق الهواء العالية (تصل إلى ١٥٩ ألف عقدة لكل متر مكعب فى الساعة) والتى تحتوى على مواد مكثفة أقل من ٠.٨ جرام فى عقدة لكل متر مكعب.

تستطيع هذه التكنولوجيات أن تتعامل مع المركبات العضوية الطائرة التى تحتوى على مكثفات متغيرة كما أنها تتحمل توقف استخدامها لمدة يوم أسبوعيا دون أن تفقد فاعليتها. وتمر الغازات من خلال وسط صلب (فلتر حيوى من نشارة الخشب) أو من خلال محلول سائل (فى حالة استخدام جهاز غسل الغاز الحيوي)، وفى الحالتين يتم أكسدة المركبات العضوية الطائرة بالبكتيريا. وهناك نوعان رئيسيان من تقنيات المعالجة الحيوية للهواء:

الفلاتر الحيوية :

وهى أرخص وأسهل طرق المعالجة الحيوية وتتكون من مرحلة صلبة تتضمن بيئة بها كثير من الثغرات والثقوب وتحتوى على نموات من الكائنات الحية المجهرية (البكتيريا والفطريات). فأثناء مرور موجة من الغاز المحتوى على جزيئات غير مرغوبة داخل هذه البيئة الصلبة، يؤدى العمل الميكروبى الناتج إلى تدمير الملوث حيث يتغذى الميكروب على الملوث ويحوله إلى ثانى أكسيد الكربون والماء. والمرحلة الصلبة للفلاتر الحيوية قد تكون تربة، نشارة خشب، سماد عضوى، كربون منشط، أو زجاج مثقب.

ونظرا لصعوبة التحكم فى تسرب الغازات من هذا النظام المفتوح فقد تم تصميم أبراج أكثر تقدما يسهل فيها عملية التحكم فى دخول وخروج الغاز الملوث والمعالج. وهذه الوحدات تدوم من سنة إلى سبع سنوات، اعتمادا على تحميل الملوث عليها.

بيوسكروبيرس

ويتضمن هذا النوع من طرق معالجة تلوث الهواء بيولوجيا وحدتان، الأولى عبارة عن جهاز تنظيف، والثانية حوض للمعالجة الحيوية، وفى هذا النظام الحيوى نجد أن غازات الأكسجين القابلة للذوبان تمتص بشكل مستمر فى الماء من خلال مرورها فى جهاز التنظيف وتحدث عملية الأكسدة الحيوية فى وحدة حوض المعالجة الذى فى أغلب الأحيان عبارة عن حوض مليء بالحمأة المنشطة.

والبيوسكروبيرس يستعمل عادة لتدمير والتخلص من غازات الأحماض، الغازات الهيدروكربونية المتطايرة، كبريتيد الهيدروجين والأمونيا وغيرها. وللبيوسكروبيرس شكلين أساسيين:

١- ***أجهزة تنظيف الحمأة المنشطة:*** وفى هذا النوع تمر الغازات والمركبات العضوية المتطايرة فى وحدة الحمأة المنشطة لتقوم الميكروبات فيها بأكسدة وتدمير المواد الملوثة تدميرا بيولوجيا ثم تدخل إلى مرحلة التنظيف بالماء.

٢- ***مرشحات التقطير:*** وهذا النظام يختلف عن النوع السابق فى أنه بدلا من حوض الحمأة المنشطة يستخدم مرشحات تقطير تحول الغازات إلى الحالة السائلة ثم تمر بعد ذلك على برج المعالجة الحيوية الذى يشبه تماما عمود مكتظ بالميكروبات تمر خلاله المياه الملوثة حيث تقوم هذه الميكروبات بهدم وتكسير هذه الملوثات، هذه التقنية تعتبر الطريقة الأحدث للمعالجة الحيوية لتلوث الهواء فى الوقت الحاضر وما زالت تختبر فى كلا من ألمانيا وهولندا.

وبينما تقنيات المعالجة الموصوفة أعلاه تستخدم على نطاق واسع، ولكن وبشكل واضح الحل الأكثر اقتصادية لمشاكل تلوث الهواء هو أن نمنع المواد الغازية الملوثة من أن تصدر أصلا، فالوقاية خير من العلاج.