البنسلين اسم اطلقه العالم فليمنك Fleming على مادة مضادة للبكتريا انتجت بوساطة العفن المسمى *Penicillium notatum* وفي ١٩٤٠ انتج اول مستحضر نقي من هذا المضاد الحيوي. اذ يحتاج هذا العفن الى الاوكسجين لنموه .

ويمكن الانتاج تحت ظروف صحية نظيفة وذلك بتعقيم جميع الاجهزة بوساطة البخار قبل التلقيح مع ابقاء الضغط داخل الخزان اعلى من الضغط الجوي. ولتجهيز المزرعة البكتيرية بما تحتاجه من الاوكسجين، فان هواءا معقما يضخ الى الخزان ويوزع خلال وسط النمو بوساطة التحريك المستمر .

ساهمت التكنولوجيا الحيوية البيئية الحديثة مرة اخرى في برنامج البنسلين وذلك بتطوير طريقة لاختيار السلالة الاكثر انتاجا للبنسلين. اذ كانت السلالة الاصلية للـ *Penicillium notatum* تنتج ٢ ملغم من البنسلين لكل لتر من سائل المزرعة، الا انه بعد فحص عدد من عزلات الـ *Penicillium* امكن ايجاد سلالة الـ *Penicillium chrysogenum* المنتجة لكميات اكبر من البنسلين وذلك بتوفير الظروف البيئية المثلى للانتاج.

ولغرض زيادة انتاجية الـ *Penicillium chrysogenum* على نحو اكبر تم تعريض هذه السلالة الى عدد من المؤثرات التي تؤدي احداث الطفرات Mutagens مثل الاشعة فوق البنفسجية والاشعة السينية، وبعد كل معاملة تختار الاحياء المجهرية الحية والمنتجة للبنسلين على نحو اكبر وتعرض مرة اخرى الى المؤثرات التي تؤدي الى احداث الطفرات .

2006- 1427

التقنيات الحياتية البيئية Environmental Biotechnology

Environmental Biotechnology: هو مصطلح ذو معنى واسع جدا اذ يشير الى العلم الذي يتعامل مع المشاكل البيئية من خلال استخدام التقنيات الحيوية متمثلة بالكائنات الحية ذاتها أو احدى مشتقاتها لغرض تخليص البيئة بكافة انواعها (تربة ، ماء او هواء) من مختلف أنواع الملوثات أو في مجال تطوير أو تحسين انتاج الادوية والاغذية والمحاصيل الزراعية ومستلزمات الرعاية الصحية وما ينتج من مشاكل خطرة لمطروحاتها ومعالجة الكثير من المشاكل البيئية والزراعية وتلك المتسببة عن المخلفات الصناعية .

أسباب تفوق التقنيات الحياتية عن الطرق او العلوم الاخرى في مجال المعالجات البيئية :

أولًا: تمتاز التقنيات الأحيائية بقدرتها على التكيف مع البيئات المختلفة، حيث يمكن استخدام كائنات حية منتقاة أو معدلة وراثيًا لمعالجة التلوث في البيئات القاسية مثل التربة الملوثة بالمعادن الثقيلة أو المياه الملوثة بالمواد العضوية.

ثانيًا: تعتبر هذه التقنيات أقل تكلفة مقارنة بالمعالجات الفيزيائية والكيميائية، نظرًا لاعتمادها على عمليات طبيعية دون الحاجة إلى مواد كيميائية باهظة الثمن أو معدات متطورة.

ثالثًا: توفر حلولًا بيئية مستدامة، حيث تعتمد على كائنات حية مثل البكتيريا والفطريات التي تعمل على تفكيك الملوثات دون إحداث ضرر بيئي أو تغيير جذري في النظام البيئي.

رابعًا: تتميز بكفاءتها العالية في إزالة الملوثات المختلفة، إذ يمكنها تفكيك وتحويل المركبات السامة إلى مواد غير ضارة أو أقل خطورة بآليات طبيعية دون الحاجة إلى تدخلات صناعية معقدة.

خامسًا: لا تنتج مخلفات ثانوية خطيرة كما تفعل بعض الطرق الكيميائية، بل تعمل على تحييد الملوثات دون خلق نفايات إضافية تتطلب معالجة خاصة، مما يجعلها خيارًا آمنًا وصديقًا للبيئة.

التنبؤ بالاضرار البيئية الناتجة عن الملوثات الكيميائية

مع اتساع مجالات البحث في العلوم المتصلة بالبيئة وزيادة معرفة الانسان بالمواد المسببة للتلوث وخطورتها على صحة الانسان ، ومع التقدم المتزايد في وسائل قياس تركيزات الملوثات أصبح في الامكان التنبؤ بالاثار التي تحدثها الملوثات للبيئة وتوجد العديد من الدراسات البيئية التي تعنى بدراسة نوعيات الملوثات الكيميائية وكمياتها وطريقة توزيعها على البيئة ، وهذه المواد متعددة فهي أما عناصر او مركبات بسيطة او معقدة في تركيبها ، عضوية او غير عضوية وقد تكون طبيعية المصدر او صناعية .

ولكي ندرك مدى اهمية هذه التنبؤات يجب ان نعرف انه يوجد حوالي 63000 نوع من الكيمياويات تستعمل على المستوى العالمي كما يتم تصنيع ما بين 200 الى 1000 نوع جديد كل عام ، وهذه المواد تستخدم في اغراض متعدده وبكميات متفاوتة ومن بين هذا العدد الضخم من المواد لا يتسنى الالمام بالاضرار الناتجة الا عن عدد قليل منها ، وعند انتاج مركب جديد يتوقع استخدامه بكميات كبيرة **تجرى بعض القياسات الهامة** التي تدور حول النقاط التالية :

1) اين وباي قدر يحدث التلوث للبيئة .
2) العلاقه بين تركيز المادة والتركيز الذي يتراكم في انسجة الكائنات الحية .
3) تأثير المادة المتراكمة على الكائن الحي او ما يعرف بال Toxicology .
4) تأثير هذه المادة على بقية عناصر الطبيعة Eco toxicology
5) ويتم الاكتفاء احيانا بعد معرفة خواص المركب الكيميائي بمقارنته بمركبات اخرى مشابهة له في التركيب والخواص وبناءا على ذلك يمكن تقدير مدى توزيعه على المكونات الرئيسية للبيئة الغير حية وهي الهواء والماء والتربة .

التنبؤ باضرار المواد الكيمياوية له اتجاهين :

1- الاتجاه النوعي Qualitative : وهو الذي يعنى بكيفية اصابة مكونات البيئة بالملوث واحتمالات حدوثه معتمدا على الخواص الطبيعية للمركب .

2- الاتجاه الكمي Quantitative : والذي يعنى بمدى الاصابة التي تحدث لعناصر الطبيعة بالاعتماد على تركيز هذه المادة وتوزيعها على عناصر البيئة المختلفة .

أولا / التنبؤات النوعية Qualitative Predictions:

اذا نظرنا الى البيئة اجمالا على انها نظام مغلق يحتوي على اربعة مكونات رئيسية هي : الهواء الماء والتربة والكائنات الحية ، لاصبح في الامكان وضع اسس توزيع المواد الكيميائية بين هذه المكونات الاربعة وهذه الاسس تعتمد على الخواص الطبيعية والكيميائية لهذه المواد والتي يمكن عرضها في النقاط الاتية :

1- Water solubility القابلية على الذوبان في الماء

تختلف المركبات الكيميائية في قابليتها على الذوبان في الماء ، فالمركبات التي لها قابلية كبيرة على الذوبان أكثر من 1000 جزء في المليون تكون لها فرصه اكبر في الانتقال خلال المحتولى البيئي كما تكون معرضة أكثر لاحتمالات التكسير الحيوي Biodegradation والايض Metabolism بواسطة الكائنات الحية الدقيقة ،بعكس المركبات قليلة الذوبان الاقل من 10 اجزاء في المليون ، فقدرتها على الانتقال محدودة ولها مقاومة اعلى لعمليات التكسير الحيوي ،كما تتميز بتجمعها على الاسطح المختلفة

2- Octanol- water partition Coefficient معامل التوزيع بين الاوكتانول والماء

يمكن تعريف معامل التوزيع لمادة ما بين الاوكتانول والماء (Kow) على انه النسبة التي تتوزع بها هذه المادة بين طبقتين من الاوكتانول العادي n-octanol وهو مذيب عضوي والماء عند حالة الاتزان (أي عندما تكون هذه النسبة ثابته لا تتغير مع الوقت). وترجع أهمية قياس هذه النسبة الى التشابة بين الاوكتانول والليبدات Lipids الموجوده داخل الخلايا الحية من حيث القدرة على اذابة المواد الكيميائية المختلفة أو بمعنى اخر كلما زادت قابلية المادة الملوثه للذوبان في الاوكتانول كلما زادت قدرتها على اختراق الخلايا الحية والذوبان داخل مكوناتها وقد اثبتت الدراسات التي اجريت على الخلايا النباتية والحيوانية ان زيادة سمية المركبات العضوية تزداد بزيادة قيمة معامل التوزيع (K_{ow}).

3- Rate of hydrolysis معدل التحلل المائي

تعتبر سرعة تحلل المركب العضوي في الماء من العوامل الهامة التي تؤثر في عملية تكسيره ، وتعتمد هذه السرعة على عوامل مختلفة مثل التركيب الكيميائي للمادة الملوثه ودرجة الحرارة ودرجة الحموضة والذوبانية وقابلية المركب على التطاير .ويعرف معدل التحلل المائي للمادة بأنه الوقت اللازم لتحلل نصف كمية هذه المادة في الظروف البيئية . والمركبات التي لها معدل تحلل اقل من ثلاثين يوما تكون المخاطر البيئية المتوقعه منها

بعيدة الاحتمال نظرا لسرعة تحللها الى مواد اخرى ابسط منها الا اذا كانت موجودة بتراكيز كبيرة او كان احد نواتج تحللها في الماء ساما .

4- Photolysis التحلل الضوئي

بعض المركبات الكيميائية يتأثر تركيبها بالتعرض للضوء ويحدث لها ما يسمى بالتحليل الضوئي منتجة بذلك مركبات اخرى تختلف عن المركبات الاصلية وهذه العملية لها تأثير كبير في خفض تركيز المواد العضوية الذائبة في المياه الطبيعية والمعرضة لضوء الشمس فكلما كانت المادة حساسة للضوء كلما زاد معدل تكسرها واختفائها من البيئة ويعرف معدل التحلل الضوئي بأنه الفترة التي تتحلل فيها نصف كمية المادة المعرضة للضوء وهذا المعدل يعتبر مقياسا يمكن على اساسه المقارنة بين تأثير المواد العضوية المختلفه على البيئة .

5- Volatilization التطاير

تعتمد سرعة المادة في التطاير على الضغط البخاري vapor pressure لهذه المادة ، فالمواد التي لها ضغط بخاري كبير تعتبر من المواد المتطايرة وتتحول بسرعه من الحالة السائلة الى الحالة الغازية ويسبب ذلك انتشارها بمعدلات كبيرة في البيئة وتتأثر هذه المواد تأثرا كبيرا بدرجة الحرارة المحيطة بها فكلما زادت درجة الحرارة زاد معدل التطاير وزاد بالتالي معدل انتشارها في البيئة .

6- قدرة التربة على الاحتفاظ بالمادة الملوثة

عند وصول المياه الملوثه بمادة كيميائية مذابة الى التربة تظهر قدرتها في الاحتفاظ بهذه الماده اما عن طريق امتزازها على سطح الحبيبات المكونه للتربة او عن طريق ارتباط هذه المادة كيميائيا بأنواع مختلفة من الروابط مع مكونات التربة ، ويتوقف ذلك على تركيب الماده الكيميائية ونوعية التربة ودرجة حموضتها او قلويتها ، كما ان للتربة القدرة على العمل كمرشح للمواد قليلة الذوبان في الماء والاحتفاظ بها بين طبقاتها ويعتمد ذلك على مدى مسامية التربة .

ويمكن قياس قابلية التربة للاحتفاظ بالمواد الكيميائية عمليا بتعيين تركيز المادة في كل من التربة والماء المحيط بها بعد الوصول الى حالة الاتزان الكيميائي ويعتبر هذا القياس مؤشرا هاما لمدى قدرة التربة على الاحتفاظ بالمواد الملوثة عند تعريضها لمياه تحتوي على هذه المواد .

ثانياً / التنبؤات الكمية Quantitative Predictions:

التنبؤ الكمي هو ببساطة دراسة نسبة توزيع المادة التي تسبب التلوث على المكونات المختلفة للبيئة ، ويتم هذا التنبؤ بأقامة نماذج مصغرة تحاكي البيئة الطبيعية وهذه النماذج تكون أما مغلقه أو مفتوحة. في النماذج المغلقة تكون كمية المادة الملوثة ثابتة لا تتعرض لاي تغير خارجي، أما في النماذج المفتوحة فتكون معرضة للعوامل الخارجية الطبيعية والكيميائية .

والنماذج المغلقة تبدأ في أبسط صورها من حوض زجاجي يحتوي على مياه من مصدر طبيعي وتربة وبعض الاسماك والاحياء المائية الدقسقة ، أو قد تكون هذه النماذج مصطنعة بمعنى انها تحتوي فقط على كائنات معينة يتم اختيارها ووضعها جميعا في هذا الحوض الزجاجي بحيث تكون ممثلة لسلسلة غذائية متكاملة .
وقد تصل النماذج المغلقة الى احجام كبيرة من الاشجار يصل ارتفاعها الى مترين وبعض أنواع النباتات الصغيرة والحيوانات التي تمثل البيئة الطبيعية ، وتوضع في غرف زجاجية تعزلها عن البيئة الخارجية ، ويتم دوريا تحليل المكونات البيئية لهذه النماذج سواء كانت حيوانية او نباتية بواسطة أجهزة القياس الدقيقه لمعرفة مدى تأثر هذه الكائنات بالمادة أو المواد الملوثة والاماكن التي تتجمع فيها في اجسامها .

تطبيقات التقنيات الحياتية في مجال البيئة

هنالك العديد من تطبيقات التقنيات الاحيائية على الصعيد البيئي سنتطرق الى أهمها :

1) التخلص من الملوثات باستخدام الكائنات الحية عبر التحلل الحيوي والمعالجة الحيوية Bioremediation and Biodegradation
2) الكشف عن الملوثات باستخدام الكواشف الحيوية Bio indicator .
3) أستخدام الاحياء في الاختبارات الحيوية Bioassays لمعرفة مدى تأثير الملوثات على الكائنات الحية.
4) استخدام الاحياء المجهرية في محاولة معالجة التلوث الاشعاعي Radioactive Contamination
5) انتاج الوقود الحيوي Biofuel .
6) الحد من ظاهرة التلوث بالمغذيات Eutrophication (يعني تراكم العناصر الغذائية، مثل النيتروجين والفوسفور، وهذا بدوره يؤدي الى النمو الكثيف للطحالب في المسطحات المائية والذي يعد مشكلة بيئية كونه يسبب نقص مستويات الاوكسجين واختناق الاحياء المائية).

التخلص من الملوثات بالمعالجة الحيوية Bioremediation

يُقصد بالمعالجة الحيوية الـ Bioremediation: استخدام الكائنات الدقيقة (microorganisms) وإفرازاتها الأيضية كتقنية مهندسة من قبل الانسان للقضاء على الملوثات في البيئة الداخلية والخارجية.
وهي توفر إستراتيجية جيدة لتنظيف بعض أنواع التلوث والتعامل مع المشاكل البيئية المستعصية، مثل تسرب النفط الخام والتخلص من مياه الصرف الصحي والمذيبات المكلورة والمبيدات الحشرية، والمواد الكيميائية الزراعية والبنزين وتلوث الهواء، والمياه، والغذاء، والتربة، والمياه الجوفية.

واعتُبرت المعالجة الحيوية (Bioremediation) حلا لمعالجة المواد المدمِّرة، للبيئة حيث أن الكائنات الحيّة الدقيقة تحمل خصائص وراثية وبيوكيميائية وفسيولوجية داخلية تجعلها عوامل مثالية لمعالجة الملوثات في التربة والمياه الجوفية. وقد بذلت محاولات عديدة لتطوير الميكروبات و هندستها وراثيا لمعالجة الملوثات البيئية .

مفهوم التفكيك (التكسير) الحيوي Biodegradation

يوصف بأنه التحليل الكامل للمركبات المعقدة الى مركبات ابسط تركيبا أو تعقيدا مثل CO_2 و H_2O و NO_3ومركبات لاعضوية غير ضارة للبيئة اخرى والذي يحدث بشكل طبيعي في النظام البيني بفعل الاحياء المجهرية المتواجده طبيعيا في ذلك النظام ، ويمكن ان يعرف التكسير الحيوي بأنه التفكيك الكامل و أعادة الجزيئات العضوية الى مكوناتها المعدنية .

وهنالك أربعة عوامل رئيسية تؤثر على عملية التكسير الحيوي متمثلة ب الضوء ، الماء ،الاوكسجين والحرارة ، وان معدل التكسير الحيوي للعديد من المركبات العضوية يتحدد بوجود هذه العوامل.

أنواع التفكيك الحيوي (Biodegradation)

1- Aerobic biodegradation التفكيك الحيوي الهوائي

وهذا النوع من التكسير الحيوي للملوثات لا يتم الا بوجود الاوكسجين وبمعنى اخر أن الملوثات العضوية تتكسر بفعل الاحياء المجهرية في ظروف هوائية ومن قبل الاحياء المجهرية الهوائيةAerobic microorganisms.

2- Anaerobic biodegradation التفكيك الحيوي اللاهوائي

وهنا التكسير الحيوي للملوثات يتم في غياب الاوكسجين بفعل الاحياء المجهرية اللاهوائية Anaerobic microorganisms وفية كل مركب عضوي يتم تكسيرة الى نواتج ايض لاهوائية متمثلة بال CO_2 والميثان CH_4 .

⇐ مما ذكر في أعلاه نستنتج وجود اختلافات بين مفهومي المعالجة الحيوية Bioremediation والتفكيك الحيوي Biodegradation بفعل الاحياء المجهرية ويمكن توضيحه بالتشكل التالي :

تكمن أهمية المعالجة الحيوية في كل مما يأتي:-

1- إنتاج مركبات جديدة يسهل تحليلها بيئياً.
2- إزالة المواد التى تستغرق وقت طويل لتتحلل مثل البلاستيك.
3- تحويل الملوثات إلى مركبات آمنة أو على الأقل غير نشطة ويفترض أن تكون أقل خطورة من المركب الاصلي .
4- المحافظة على حياة الإنسان.
5- المحافظة على المصادر البيئية.
6- معالجة الملوثات التى لا يمكن معالجتها كيماوياً مثل الأسفلت.

7- الحد من استعمال الكيماويات فى معالجة الملوثات.
8- إنقاذ حياة الحيوانات والنباتات المائية.
9- تنظيف التربة من الملوثات وإعادة استخدامها.
10- المحافظة على المصادر المائية وإعادة استخدام المعالج منها.

التقنية الحياتية المستخدمة في معالجة مشكلة التلوث بالهيدروكاربونات (النفط ومشتقاته) :

برزت مشكلة التلوث النفطي بسبب التطور التقني السريع في صناعة النفط الذي نتجت عنه زيادة في إنتاجه وزيادة غير منتظمة في استعماله، لذلك ازداد طرح النفط ومشتقاته إلى البيئة لاسيما البيئة المائية لكثرة حوادث النقل ، وتعد فضلات مصافي النفط وعمليات الشحن والتفريغ والخزن وحوادث السفن النفطية المصدر الرئيس للنفط الداخل إلى البيئة المائية.

يعد البترول مزيج من المركبات الهيدروكربونية وتتضمن مجاميع كبيرة ومتنوعة من المركبات العضوية التي تحتوي على عنصري الهيدروجين والكاربون لذلك فان مصطلح HCs يتضمن المركبات العضوية المختلفة الذرات و تعد الهيدروكربونات النفطية من أهم الملوثات البيئية لكونها سامة لمعظم الكائنات الحية الموجودة في البيئة لاسيما الهيدروكاربونات الاروماتية المتعددة الحلقات ، وبسبب طبيعتها الذائبة في الدهون فان لهذه المركبات دوراً كبيراً في التكبير الاحيائي bio magnification من خلال انتقالها في السلسلة الغذائية food chain بالاضافة لكنوها تمتلك خصائص مطفرة ومسرطنة mutagenic and carcinogenic properties.

أستخدمت طرق وتقنيات عديدة لغرض للسيطرة على هذه الملوثات ومن هذه الطرق هي الطرق الكيميائية والفيزيائية والبايولوجية ، ففي الطرق الكيميائية يتم أستعمال مواد كيميائية تعمل على ترسيب الملوثات النفطية أو مذيبات كيميائية لغرض أستخلاصها من البيئات المختلفة أو مواد قابلة للالتصاق بها ، أما الطرق الفيزيائية فيتم من خلالها التخلص من البقع النفطية بأستعمال مواد لها القابلية على أدمصاص هذه البقع وأحاطتها والسيطرة عليها ، ولكن وجد أن من أنجح الطرق في التخلص من هذه الملوثات هي التقنيات البايولوجية التي يطلق عليها عملية المعالجة الحيوية Bioremediation حيث تعد الطريقة البديلة والناجحة للتخلص من وأزالة هذه الملوثات وتقليل اثارها السلبية على البيئة وهي تعتمد على عوامل عديد منها ما يتعلق بتركيب وتركيز النفط الخام ومشتقاته حيث أن الهيدروكاربونات هي مواد كارهه للماء Hydrophobic ويتحدد تحليلها بمدى التلامس الحاصل بين الاحياء المجهرية والنفط الخام ، **وتحدث عملية المعالجة الحيوية بثلاث خطوات** رئيسية:

1- حدوث تغير صغير وبسيط في هذه المركبات العضوية بفعل العوامل البيئية .
2- تجزئة السلاسل الهيدروكاربونية الى أجزاء مع الاحتفاظ بالتركيب الكيميائي للمركب الاساسي قبل التجزئة.
3- تحليل الاجزاء العضوية وتغيير تركيبها من جزيئات عضوية الى جزيئات لا عضوية.

لقد برزت أهمية المعالجة الاحيائية للملوثات في السنين الأخيرة مع زيادة تسرب المشتقات النفطية كطريقة متطورة تستخدم الاحياء المجهرية الطبيعية لاختزال تركيز وسمية مواد كيميائية مختلفة مثل مشتقات البترول والهيدروكربونات الاروماتية والالفاتية والمذيبات الصناعية بسبب قدرة عدد من الاحياء (فطريات وبكتريا) على التكسير الحيوي للمركبات الهيدروكاربونية وتحويلها الى مواد بسيطة من ماء وثاني اوكسيد الكاربون ومواد

وسطية تستخدمها الاحياء المجهرية كمصدر وحيد للكاربون والطاقة ،ولقد تزايدت الدراسات حول استغلال الاحياء المجهرية التي لها القدرة على استهلاك المركبات الهيدروكاربونية كمصدر وحيد للكاربون والطاقة وتخليص البيئة من هذه الملوثات النفطية ومشتقاتها واستغلال الهيدروكاربونات كوسط زرعي لانتاج العديد من المواد النافعه كانتاج البروتين والدهون والفيتامينات والمستحلبات الحياتية وغيرها.

تمتاز الاحياء المجهرية المستهلكة للهيدروكاربونات بقدرتها على تفكيك معظم مكونات النفط وبكونها مستقرة وراثيا ولها القدرة على التكاثر بسرعه وتمتلك انزيمات التفكك والقدرة على منافسة الاحياء الاخرى الموجودة طبيعيا في موقع التلوث بالاضافة الى قدرتها على عدم أحداث تأثيرات جانبية سلبية وغير مرضية أو منتجة لمواد ايض سامة ، ومن أهم أمثلة هذه الاحياء هي الفطريات متمثلة بالاعفان التي تعود الى جنس والخمائر مثل *Amorphoteca* و *Fusarium*. و *Penicillium* و *Aspergillius* و *Neosartoya* و أظهرت كفاءة عالية في ازالة الملوثات النفطية من مواقع التلوث*Candida* و *Pichia*