التأثير البيئي للتعدين

ا.د. محمد رجائي جودة الطحلاوي

أستاذ بكلية الهندسة، جامعة أسيوط

البيئة والنظام البيئي

هي مجموعة الظروف والعوامل التي تعيش بها الكائنات الحية وتؤثر في ظروفها الحيوية، والنظام البيئي هو وحدة طبيعية تتكون من عناصر حية ومكونات غير حية تتفاعل مع بعضها البعض بحيث تتبادل المواد والطاقة لتستمر في أداء وظائفها.

مكونات النظام البيئي

1- مكونات غير حية (عوامل طبيعية):

- **عوامل جوية: درجة الحرارة، الضغط، الضوء، الرطوبة، الرياح.**
- **عوامل التربة: الملوحة، الرطوبة، المناخ، التضاريس.**
- **عوامل مائية: ماء مالح، مالح عذب.**

2- مكونات حية (عوامل حيوية): جميع الكائنات الحية في النظام البيئي مثل الإنسان والحيوان والنبات.

التعدين Mining:

- **هو استخلاص المعادن القيمة أو أي مواد جيولوجية أخرى من باطن الأرض، فالتعدين بمعنى أعم يضم استخراج أي ثروة غير متجددة (مثل النفط، الغاز الطبيعي، وحتى المياه الأرضية).**
- **تشمل صناعة التعدين بمصر:**
- **المناجم تحت السطحية مثل مناجم الفوسفات في سفاجة والقصير**
- **الصناعات المرتبطة باستخراج الخامات مثل صناعة الأسمدة والحديد والصلب والأسمنت والفيرومنجنيز والسيراميك والزجاج.**
- **المناجم السطحية مثل الكوارتز والتلك والفلسبار و الحديد فيالواحات البحرية و غيرها.**

- **المحاجر مثل الجبس والرخام والجرانيت والزلط والرمال والكاولين وملح الطعام والطفلات.**
- **تعرضت البيئة إلى متغيرات وضغوط كثيرة مثل التلوث والنفايات نتيجة لتنمية صناعة التعدين في مصر.**

التلوث:

هو وجود مادة غريبة في أي جزء من النظام البيئي يجعل هذا الجزء غير صالح للاستعمال الآدمي أو يحد من استعماله.

النفايات

وهي مواد يلقيها الإنسان في النظام البيئي وقد تكون هذه النفايات مفيدة أو ضارة له أو زائدة عن حاجته.

أنواع التلوث البيئي

1- **تلوث الهواء**: **يؤثر الهواء الملوث بالغبار على المعدات داخل المصانع وعلى صحة الإنسان والحيوان وعلى تلف إلر اعات، ومن مصادر التلوث بالأتربة في صناعة التعدين بمصر هي عمليات الحفر، عمليات التحميل، عمليات النقل، الكسارات والطواحين بالمناجم السطحية والمحاجر والمداخن بالمصانع مثل صناعة الأسمنت والفيرومنجنيز والسيراميك.**

2- **تلوث المياه: يؤدي التخلص غير السليم من مياه الصرف في صناعة التعدين إلى تغير في مواصفات المياه من حيث اللون والطعم والرائحة والتركيب الكيميائي والمواد الحية والبكتيريا مما يجعلها غير صالحة للاستعمال. وتمثل الأتربة الناتجة من عمليات التعدين أثناء شحن خام الفوسفات من موانئ البحر الأحمر والذي ينتج عنها سحابة من الغبار التي تطفو على سطح المياه وتغطى مساحات كبيرة من الشعب المرجانية أدت إلى تدميرها.**

3- **تلوث التربة: يؤثر كل من تلوث الهواء وتلوث المياه إلى تلويث التربة كما أن المياه الملوثة عند استخدامها في الري أدت إلى تغيير في مواصفات التربة وجعلتها مالحة.**

4- **التلوث السمعي: تؤثر الضوضاء في صناعة التعدين على قدرة السمع للإنسان.**

تأثير عمليات التعدين على البيئة

1- إزالة الغطاء النباتي

تتسبب عمليات التعدين في تدمير مساحات شاسعة من الغطاء النباتي لإنشاء الطرق وأماكن الإعاشة.

2- فقدان التنوع البيولوجي

يمثل الغطاء النباتي الذي أزيل لأغراض التعدين البيئة التي يعيش فيها الكثير من الكائنات الحية، مما يؤدي إلى فقدان الكثير من الكائنات الحية.

3- التلوث

بالرغم من تصريف المخلفات الكيميائية بطريقة آمنة إلا أن جانبًا كبيرًا منها ينفذ في التربة، وحيث إن معظم هذه الكيماويات سامة فإنها تجعل التربة غير صالحة لنمو النبات.

4- تأثير الماء

تستخدم الكيماويات مثل الزئبق والسيانور وحمض الكبريتيك والزرنيخ في مراحل مختلفة من عمليات التعدين، ومعظم هذه الكيماويات تتسرب إلى المياه الأرضية مسببة تلوثًا كبيرًا. وبالرغم من المحاولات التي تبذل لمنع تسرب هذه الكيماويات إلا أن جانبا منها حتى ولو كان غير سام يختلط بمياه التربة ويعمل علي تدمير الحياة النباتية في الأماكن المجاورة.

5- فقدان الحياة المائية

إن اندماج الكيماويات السامة يضر بالنباتات والحيوانات التي تعيش في الماء.

6- انتشار الأمراض

بعد استخلاص الفلزات تجمع المخلفات في أكوام بها كثير من الماء الراكد والذي قد يصبح موطنًا للأمراض والناموس.

التأثير الجيوبيئي لعمليات التعدين

I– الآثار الجيوبيئية الأساسية:

يمكن تلخيص الآثار الرئيسية للتعدين فيما يلي:

- أثر التعدين على جودة الهواء.
- أثر التعدين على المياه السطحية والجوفية.

- أثر التعدين على الأرض وتوازنها.
- أثر التعدين على الثقافة المجتمعية والاقتصادية.

أولا ً : أثر التعدين على جودة الهواء:

أ – الإنبعاثات الضارة

1–تصل نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون إلى 50% من جملة الغازات المنبعثة وتنتج كميات كبيرة منه عند احتراق الوقود العضوي مثل الفحم والغاز الطبيعي.

2– يأتي في المرتبة الثانية غاز الميثان فهو مثل غاز CO_2ويتكون طبيعي ًا خلال الدورة البيولوجيـة وله قدرة عالية على الاحتفاظ بالحرارة.

3– أكاسيد النيتروجين تشبه CO_2 وتنتج من حرق الوقود العضوي ومن النباتات خلال التمثيل الضوئي.

وبالتالي تصبح عملية تهوية المنجم لتخفيفه من الغازات والأتربة الضارة والغازات القابلة للاشتعال مثل الميثان من العمليات الضرورية لتصل نسبة الأكسجين في هواء المنجم إلى الحد المسموح به مما يوفر حياة آمنة للعمال والمعدات داخل المنجم.

ولا يمكن تجاهل بعض الصخور التي تحتوى على الميثان وتخزنه داخلها مثل الفحم والذي يطلقه عند تكسيره، كما أن هناك بعض الصخور مثل الحجر الرملي غير الكربوني يمكنها أن تتفاعل مع الميثان المختزن في مسام الصخور فتسمح له بالحركة بسهولة منها تحت ضغط معين.

ب – الضوضـــاء:

هي صفة مميزة وملازمة لعمليات التعدين سواء كانت سطحية أو تحت سطح الأرض وهى تهدد أمان وصحة عمال المناجم وأكبر أثر صحي للضغط الزائد من الضوضاء هو إضعاف حاسة السمع عند العمال بما يسمي بـ .تينيتوس tinnitus.

وتسمي الضوضاء التي يتعرض لها الإنسان خارج المناطق الصناعية ضوضاء المجتمع أو ضوضاء البيئة. ولها أثر أضعف من ضوضاء المناطق الصناعية.

وهناك معايير قياسية للضوضاء يمكن تلخيصها فيما يلي:

50 ديسيبل أثناء النوم في المناطق السكنية.

55 ديسيبل أثناء النهار في المناطق السكنية.

70 ديسيبل أثناء الليل في المناطق الصناعية.

75 ديسيبل أثناء النهار في المناطق الصناعية.

تخلق عمليات التعدين جو ًا مليئ ًا بالضوضاء قد يمتد إلى المناطق المجاورة وهى إما ضوضاء سطحية أو تحت سطحية وكلاهما يؤثر تأثي ًرا سلبي ًا على العمال.

ثانيا: أثر التعدين على المياه السطحية والجوفية:

لتحسين أثر التعدين على المياه الجوفية والسطحية لابد من جمع وتفسير وتحليل البيانات الهيدروجيولوجية الكافية لهذه المياه.

وتفاعل المياه مع بعض المخلفات الناتجة عن عمليات التعدين ينتج موائع ملوثة للتربة والأنهار والمياه الجوفية ويمكن أن تكون هذه الموائع ذات حمضية عالية أو حاملة للمعادن أو ذات قلوية عالية وغالباً ما تحتوى على صور مختلفة من السيانيد حسب مصدر المخلفات.

أ- أثر التعدين على كمية المياه الجوفية:

تؤثر بالسلب عملية تجفيف المنجم على كمية المياه الجوفية تأثير ًا ملحوظًا مما يؤدى إلى انخفاض مستوى المياه فيالمنجم وما يجاوره وقد يُحدث جفافًا في العيون والينابيع المحيطة، ويقل الأثر تدريجي ًا كلما ابتعدنا عن المنجم وقد يؤدى توقيت العمليات المنجمية إلى نقص منسوب المياه في البحيرات ويحتاج إلى سنوات عديدة كي تعود إلى منسوبها الأصلي وذلك يزيد من التكلفة لاستخدام مضخات لرفع المياه من باطن الأرض للسطح.

ب – أثر التعدين على جودة المياه الجوفية:

- الأعمال التعدينية المختلفة.
- الأعمال الإنشائية
- نشاطات النقل
- تجفيف المياه المنجمية
- عمليات تجهيز الخامات والتخلص من النفايات.

ثالثا ً : أثر التعدين على الأرض:

أ – تعرية الأرض:

ينعكس تدهور الأرضي الزراعية فإن ذلك على النظام البيئي ويحدث خللاً في الدورة البيئية فيحتاج بعدها إلى سنوات ليعود إلى الوضع الأصلي ولكن ذلك لا يظهر في المناطق القاحلة.

ب –استخدام المنظفات في استصلاح الأراضي

من بين القضايا البيئية الرئيسية التي تواجه شركات المناجم هي مراقبة النفايات السائلة واستصلاح لتربة وا ٍعادتها إلى الوضع الأصلي، وقد استخدمت في ذلك مواد كيميائية تضم مجموع من المنتجات الصديقة للبيئة.

ج – الحرارة والرطوبة:

قد تصل درجة حرارة الهواء الرطب إلى 35 درجة في المنجم وهيدرجة عالية تؤثر سلبي ًا على كفاءة عمال المناجم ودور مهندسي التهوية بالمنجم هو الوصول إلى درجة حرارة أقل من 30 درجة للهواء الرطب.

و تصل درجة حرارة الطبقة في مناجم القصير وسفاجا إلى 50 درجة على أعمال تصل إلى 100 متر أسفل سطح الأرض وهذا له تأثير واضح على العمال هناك.

أثر تسرب الأحماض للمناجم:

يحدث تسرب الأحماض للمناجم عند تفاعل الماء أو الهواء مع كبريتيد الحديد الموجود في النفايات، وقد يستمر تأثير هذا التسرب لمدة قرون بعد إغلاق المنجم.

وتزيد نسبة تسرب الأحماض بزيادة درجة الحرارة وبوجود كميات هائلة وكبير ة من الأمطار، وعند استخدام المواد السامة الكيميائية في أثناء مرحلة التجهيز لابد من استخدامها بعناية جيدة ومراقبتها أثناء النقل والتشغيل، وبعض تلك المواد السامة عند تعرضها للشمس تتحلل ويمكن استرجاعها، أما البعض الآخر فيبقى في الأرض لمدة عصور بدون تحلل، كذلك يوجد احتمال لتسرب بعض المواد السامة مثل السيانيد ومواد أخرى إذا كانت الأحواض المستخدمة لحفظها غير مطابقة للمواصفات، وتعتبر عملية تسرب الأحماض من أهم وأخطر المشاكل البيئية الناتجة فيصناعة التعدين، وا ٍذا تركت هذه المواد السامة بدون مراقبة لفترات طويلة ستؤدى إلى نقص كبير في كفاءة المياه والذي يترتب عليه ضرراً يستمر لفترات وسنوات

عديدة، فبعض المناجم مثل مناجم الفحم والنحاس والذهب تولد معادن قوية الحمضية تتكون كناتج أثناء التخلص من البيريت.

التأثيرات الميكروبية (Thiobacillus ferroxidans)

هذا الميكروب عبارة عن بكتيريا حمضية تساهم في تذويب الكبريدات، وهو يوجد دائماً في البيئة بشكل كبير خاصة في مركبات الكبريت الموجودة في المناطق التعدينية ومحطات معالجة الصرف الصحي والبيئات البحرية.

المجموعة البكتيرية الحمضية (محبة للأحماض، وقادرة على العيش في بيئة حمضية) ولها أهمية كبيرة في إذابة المعادن بالأكسدة لمعادن الكبريتيدات غير الذائبة.

ويستخدم **Ferroxidans** فى عملية الإذابة لاستخلاص المعادن من خامات ذات جودة قليلة تزيد من العائد التجاري، وقد أثبتت التجارب أن البكتريا الحمضية المؤكسدة للحديد والموجودة في الفحم لها دور مهم في أكسدة البيريت ويمكن قتلها باستخدام مواد كيميائية أنيونية.

المواد المنظفة Surfactants

تستخدم لإزالة الطبقة المغلفة من الشمع والمتكونة بفعل البكتريا مما يسهل امتصاصها بنفس الحمض المنتجة له.

حماية البيئة من أضرار إنشاء المناجم:

استخراج الخامات يؤثر بشكل مباشر وغير مباشر على البيئة من خلال الانبعاث المختلفة والإخلال بتوازن سطح الأرض.

- **المعادن البيئية** Environmental Minerals:

هي معادن معالجة أو غير معالجة يمكن بإنتاجها حماية البيئة وكذلك حدوث نمو اقتصادي، هذه المعادن غير الضارة بالبيئة يمكن استخدامها بصورة مباشرة أو كعامل مساعد في صناعات معينة فتؤدى إلى سلامة البيئة بالرغم من أن هذه المواد تستخدم لحماية البيئة فانها قد يكون لها تأثير سلبي على البيئة، ومن ناحية أخرى فان قياسات ومعالجة وحماية البيئة لا يمكن أن تتم بدونها.

وتستخدم مركبات الماغنسيوم الموجودة في الدولوميت لتعويض النقص في الماغنسيوم في التربة، بالإضافة إلى أن الدولوميت يخلق بنسبة متعادلة لنمو النبات والحيوان، ويستخدم الحجر الجيري والطباشير في تقليل نسبة الأحماض بكل أنوعها الناتجة من الأمطار الحمضية.

مبادلة نفايات الخامات:

تعتبر أحد أكبر التحديات التي تواجه صناعة التعدين عملية مبادلة والتخلص من النفايات، ولابد من أخذ الاحتياطات الآتية عند تفريغ النفايات وتصريف المخلفات:

1- ألا تسبب تشوه دائم للطبيعة.

2- تقليل نسبة المياه عنها إلى أقل حد ممكن.

3- تقليل نسبة المعادن الثقيلة بها.

4- التغليف الصميم للأحماض المحتمل أن تنتج.

5- تجفيفها بعناية.

المخلفات السامة والخطرة:

معظم المواد السامة والخطرة الملوثة للبيئة مرتبطة بعمليات التعدين مثل الزرنيخ والزئبق والكادميوم والرصاص، ويراعي عند تصميم البحيرات المستخدمة في صرف المخلفات السائلة Lagoons استخدام مواد ذات نفاذية صغيرة جداً لمنع حدوث أي تسرب للمخلفات السائلة في البيئة المحيطة، ومن الخطورة بمكان استخدام أي نوع بدون عمل اختبارات هيدروليكية له.

ويعتبر استخدام الطمي Silt أو الرمل الناعم Soft Soil غير مقبول في تلك البحيرات Lagoons حتى ولو كانت متوفرة بكميات كبيرة حول موقع البحيرة، ومن ناحية أخرى يفضل استخدام Clayey Silt sands Clayey Silts في ذلك الغرض وأفضل الأنواع التي يمكن استخدامها المواد ذات اللدونة العالية.

التخلص من المخلفات المشعة في باطن الأرض:

لابد من التأكد أن المستودع المستخدم للتخلص من المخلفات المشعة غير منفذ تماماً لحماية البيئة مستقبلاً، وتعتبر العوائق المتعددة (Multibarriars) أفضل الحلول لهذه العملية.

الخطوات اللازمة لحماية المناطق التعدينية:

تساهم عمليات التعدين بشدة في عمل تنمية مستدامة من خلال:

- التنمية الاقتصادية
- الاستخدام الأمثل للمصادر المتاحة
- التنمية الفنية والتقنية
- زيادة القيمة المجتمعية

ولكي نواكب موجة التقدم للعالمية سوف يواجهنا تحديان مهمان:

أ - وضع قوانين ونظم بيئية مناسبة.

ب- التنفيذ الجاد للقواعد بعمل أطر تنظيمية مناسبة.

لابد أن تكون الإدارة البيئيةلقطاع التعديني جزءً لا يتجزأ من نظام أكبر وأوسع هو نظام إدارة البيئة. ويتكون هذا النظام من:

1- وضع سياسة بيئية.

2- وضع خطة إدارة بيئية.

3- تحديد معايير قياسية للانبعاثات ومراقبة الأداء.

4- دراسة الأثر الاقتصادي والاجتماعي للمشروع.

5- مراجعة بيئية بصفة مستمرة ومنتظمة.

مسئولية رجال التعدين تجاه البيئة

يلتزم رجال التعدين تجاه البيئة بثقافة بيئية ضرورية وواجبة على الفنيينو الإداريين، فإن النموذج التعديني يعنى بدقة التفاصيل حول كيفية تأثير التعدين على البيئة في كل مراحل عملياته، فعلى سبيل المثال:

1- فحص البيئة المحيطة وتكوينها خلال استكشافاتنا لها لنحدد كيف يمكن لعمليتنا أن تحافظ على الحياة البرية والنباتية.

2- دراسة استهلاك المياه بالمنطقة بالإضافة إلى المشاكل المتوقعة في تأمين المياه.

3- وضع خطة إعادة تأهيل بعد انتهاء عمليات التعدين.

4- إعادة التأهيل عادة تتضمن إزالةللمنشآت وا ٍقفال فتحات المنجم وا ٍعادة المنطقة إلى حالة تشبه تقريبا حالتها ما قبل عمليات التعدين، ومن المتوقع من العاملين أن يتفهموا ويعملوا بتوافق مع واجباتهم وتحت شروط القانون البيئي.