

الجيولوجيا الطبية



عبد الله بن محمد العمري

قسم الجيولوجيا والجيوفيزياء - كلية العلوم - جامعة الملك سعود

١٤٤٤ هـ - ٢٠٢٣ م



www.alamrigeo.com





ح عبد الله بن محمد العمري، ١٤٤٤هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

العمري ، عبدالله بن محمد سعيد

الجيولوجيا الطبية. / عبدالله بن محمد سعيد العمري - ط ١.

الرياض، ١٤٤٤هـ

٢٠٤ ص ، ٢١،٥ X ٢٨

ردمك: ٨-٢٥٦٤-٠٤-٦٠٣-٩٧٨

١ - الجيولوجيا الطبية أ.العنوان ب. الموسوعة

١٤٤٤ / ٢٣١٢

ديوي ٣٦٢، ١٩٦٩٨٨٣

رقم الإيداع ٢٣١٢ / ١٤٤٤

ردمك: ٨-٢٥٦٤-٠٤-٦٠٣-٩٧٨

حقوق طبع الموسوعة محفوظة للمؤلف

مع عدم السماح ببيعها .. ويمكن إعادة طباعتها وتوزيعها مجاناً بدون أي تعديل في الاسم أو المحتوى

تطلب النسخة الورقية المجانية من المؤلف على العنوان التالي:

قسم الجيولوجيا والجيوفيزياء - جامعة الملك سعود ص.ب. 2455 الرياض 11451

الإصدار الإلكتروني من خلال الموقع

www.alamrigeo.com

للاستفسارات والملاحظات الاتصال على:

جوال +966505481215 هاتف +966 11 4676198

البريد الإلكتروني E.mail : alamri.geo@gmail.com



الطبعة الأولى

١٤٤٤هـ / ٢٠٢٣م



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿ وَفِي الْأَرْضِ آيَاتٌ لِلْمُوقِنِينَ ﴾

[سورة الذاريات : آية 20]

﴿ And on the Earth are Signs for
Those Whose Faith is Certain ﴾



موسوعة العمري في العلوم الطبية





مَهَيِّدُكَ

الحمد والشكر لله الذي ساعدني في إنجاز هذا الجهد المتواضع المرتبط بتأليف الموسوعة العلمية العربية. تهدف الموسوعة العلمية الشاملة في علوم الأرض والبيئة والطاقة إلى تزويد وخدمة الباحثين وطلاب المدارس والجامعات وفئات المجتمع نظراً لمعاناة المهتمين من مشاكل ندرة المراجع العربية في هذا المجال. تشتمل الموسوعة المجانية والتي تعتبر الأضخم عالمياً على 30 كتاب علمي ثقافي موثق ومدعم بالصور والأشكال التوضيحية المبسطة في 6000 صفحة تقريباً تغطي خمسة أجزاء رئيسية:

الجزء الأول مكون من ستة كتب يناقش عمر الأرض وشكلها وحركاتها وتركيبها الداخلي وثرواتها المعدنية والتعدينية والجاذبية الأرضية وعلاقتها بالمد والجزر:

- | | |
|-----------------------------|-----------------------|
| تقدير عمر الأرض | التركيب الداخلي للأرض |
| شكل الأرض وحركاتها | المعادن والتعدين |
| الجاذبية الأرضية وتطبيقاتها | المد والجزر |

الجزء الثاني من الموسوعة يشتمل على ستة كتب تربط علاقة الأرض بالنظام الشمسي وبالأخص القمر والأغلفة الجوية والمائية والحيوية المحيطة بالأرض. وكذلك دور الزلازل والتفجيرات والبراكين والتسونامي في التأثير على بنية الأرض وكيفية تقليل مخاطرها:

- | | |
|---------------------|------------------------|
| موجات التسونامي | البراكين وسبل مجابقتها |
| الزلازل والتفجيرات | جيولوجية القمر |
| تقييم مخاطر الزلازل | الأغلفة المحيطة بالأرض |





الجزء الثالث يتألف من ستة كتب يربط كل ما يتعلق بالمشاكل والكوارث البيئية والطبيعية وحلولها والتغيرات المناخية وأهمية التشجير ومعالجة الاحتباس الحراري:

- المشاكل البيئية وحلولها
- الانزلاقات والإنهيارات والفيضانات
- التغيرات المناخية والاحتباس الحراري
- الأمطار والسيول والسدود
- التشجير: التحديات والحلول
- التصحّر والجفاف

الجزء الرابع يتكون من ستة كتب يناقش ارتباط علوم الأرض بالعلوم الأخرى نووياً وطبياً، وكذلك دور الطاقة المستدامة النظيفة اقتصادياً وبيئياً:

- مستقبل الطاقة في عالمنا
- الجيوفيزياء النووية
- الطاقة الحرارية الأرضية
- الجيولوجيا الطبية
- هل إنتهى عصر النفط؟
- دليل كتابة الرسائل والنشر العلمي

أما **الجزء الخامس** يتألف من ستة كتب متخصصة في العلوم الجيولوجية مكونة من 2020 سؤال وجواب لمساعدة طلاب الجامعات والباحثين وتهيئتهم للاختبارات الشاملة والتأهيلية للدراسات العليا ومزاولة المهنة:

321 سؤال وجواب في تطور الأرض	
358 سؤال وجواب في علم الصخور والجيوكيمياء والاستشعار عن بُعد والـ GIS	
358 سؤال وجواب في الثروات الطبيعية	
380 سؤال وجواب في المخاطر الجيولوجية	
303 سؤال وجواب في علم الزلازل والزلازلية الهندسية	
300 سؤال وجواب في الجيوفيزياء التطبيقية	

المؤلف





مقدمة

تُعرف الجيولوجيا الطبية **Medical Geology** بأنها العلم الذي يتعامل مع العلاقة بين العوامل الجيولوجية والمشكلات الصحية لدى الإنسان والحيوان والنبات. وهي تختلف عن الجغرافيا الطبية **Medical Geography** كون الأخيرة تبحث في التوزيع الجغرافي للأمراض مع عدم التركيز على الجيولوجيا الأساسية؛ كما أنها تفحص الارتباطات السببية بين أمراض معينة والبيئات المادية والاجتماعية.

مجال دراسة الجيولوجيا الطبية معقد ويتطلب نهجاً متعدد التخصصات يستخدم مجموعة واسعة من المتخصصين من الجيولوجيين والكيميائيين الجيوكيميائيين والأطباء إلى الأطباء البيطريين وعلماء الأحياء.

الجيولوجيا الطبية هي تخصص علمي ناشئ يبحث في تأثيرات المواد والعمليات الجيولوجية على صحة الإنسان والنظام البيئي. ومن ثم فإنها:

- ❖ تحدد وتميز المصادر الطبيعية والبشرية للمواد الضارة في البيئة.
- ❖ تتنبأ بحركة وتغيير العوامل الكيميائية والمعدنية والعوامل الأخرى المسببة للأمراض عبر الزمان والمكان.





❖ تقدم فهماً لكيفية تعرض الناس للمواد الضارة وتصف ما يمكن فعله لتقليل أو منع هذا التعرض.

في كل يوم نأكل ونشرب ونتنفس المعادن والعناصر النزرة **Trace Element**، وقد لا ن فكر أبداً في ما ينتقل من البيئة إلى أجسادنا. بالنسبة لمعظمنا، يعتبر هذا التفاعل مع المواد الطبيعية غير ضار، وربما مفيد، حيث يزودنا بالعناصر الغذائية الأساسية. ومع ذلك، بالنسبة للبعض، يمكن أن يكون للتفاعل مع المعادن والعناصر النزرة آثار مدمرة، بل قاتلة.

هذه التفاعلات هي مجال الجيولوجيا الطبية، وهو مجال سريع النمو لا يشمل علماء الجيولوجيا فحسب، بل يشمل أيضاً علماء الطب والصحة العامة والبيطرية والزراعية والبيئية والبيولوجية.

في أوسع معانيها، تدرس الجيولوجيا الطبية التعرض أو نقص التعرض للعناصر النزرة والمعادن؛ واستنشاق الغبار المعدني والمحيط والانبعاثات البركانية؛ ونقل وتعديل وتركيز المركبات العضوية؛ والتعرض للنويدات المشعة والميكروبات ومسببات الأمراض.

قد يكون اسم التخصص جديداً، ولكن جرى التعرف على تأثيرات المواد الجيولوجية على صحة الإنسان منذ آلاف السنين. وقد قيست مستويات الزئبق والكاديوم والسيلينيوم في شعر بشري محفوظ عمره 7000 عام في موقع كارلوك **Karluk** الأثري في كودياك، في ألاسكا؛ مع صعوبة تحديد الآثار الصحية لهذه البيانات بسبب إمكانية الإضافة أو التدهور بمرور الوقت.





تبحث الجيولوجيا الطبية في دور البيئة الجيولوجية في صحة الإنسان. إذ يؤدي علم السموم دوراً رئيسياً في الجيولوجيا الطبية من خلال توفير الصلة بين حدوث مادة سامة في البيئة وتأثيرها على الكائن البشري. قد يكون منجم الفحم مصدراً لكل من الملوثات البشرية والجيوجينية، ويتمثل دور الجيولوجيا الطبية في تحديد ما إذا كان أي منها يمكن أن يسبب أمراضاً (يمكن أن يكون لها آثار ضارة على صحة الإنسان).

ترتبط صحة ورفاهية الجنس البشري ارتباطاً وثيقاً بنوعية الهواء والماء والتربة، وكلها تتأثر بالجيولوجيا الإقليمية والمحلية حيث يقيم السكان. المصدر النهائي لجميع العناصر الكيميائية هو صخور الأرض: الطبقة الخارجية من الأرض، والتي تسمى القشرة، توفر جميع العناصر الغذائية.

تؤدي عملية التجوية إلى تحلل تدريجي للصخور إلى معادن مكونة لها، وفي النهاية إلى عناصر مختلفة تُطلق في البيئة لتوفير العناصر الغذائية الحيوية ولكن في بعض الأحيان المواد الضارة أيضاً.

تعتمد هذه العملية الجيولوجية المعقدة والبطيئة على مناخ المنطقة وطبيعة الصخور نفسها ووجود أو عدم وجود الكائنات الحية. كقاعدة عامة، يكون معدل التجوية أسرع في المناطق المناخية الدافئة والرطبة ذات الكائنات الحية المزدهرة، وأبطأ في المناطق الباردة التي لا تحوي على نباتات أو القليل منها.

بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تطلق العمليات الجيولوجية الطبيعية، مثل العواصف الترابية والانفجارات البركانية والزلازل، كميات هائلة من الغبار المحمل بالمعادن وعناصر ومركبات كيميائية سامة مختلفة وجزيئات خشنة في الغلاف الجوي مما يؤدي إلى رداءة نوعية الهواء وغالباً ما تكون خطيرة.





إن انتشار المغذيات المعدنية في المياه والتربة في منطقة ما، أو فائضها أو نقصها، يتحكم فيه بشكل مباشر بوساطة الجيولوجيا المحلية. لا تؤثر المواد والعمليات الجيولوجية على صحة الإنسان فحسب، بل تؤثر أيضاً على صحة النباتات والحيوانات؛ وفي سياق أوسع، جميع المكونات غير الحية للبيئة أيضاً. في الآونة الأخيرة، صار مصطلح الجيولوجيا الطبية رديفاً لصحة الكواكب يكتسب رواجاً، مما يؤكد أن الكوكب الصحي أمر ضروري لصحة الإنسان ورفاهته. كان التدهور المقلق لأنظمة دعم الحياة الطبيعية، في الماء والهواء والتربة خلال المائتي عام الماضية، والذي لم يحدث مثله مطلقاً في تاريخ الأرض البالغ 4.6 بليون سنة، هو القوة الدافعة وراء حركة صحة الكواكب.

نظراً للقلق إزاء الجودة المهنية للأنظمة الطبيعية للأرض وعواقبها بعيدة المدى على صحة الإنسان والنظام البيئي، يؤكد المفهوم الناشئ للصحة الكوكبية على: أن «صحة الإنسان والحضارة البشرية تعتمد على ازدهار النظم الطبيعية والإدارة الحكيمة لتلك النظم الطبيعية».

سنتعرف في هذا العمل على تاريخ تطور الجيولوجيا الطبية، الذي يركز على الجذور الأولى لعلاقة الإنسان بالمواد الأرضية وكيف استخدمها في العلاج والبرء من الأمراض.

ثم سنعالج آثار البيئة الطبيعية على صحة الإنسان وكيف تؤدي العوامل الجيولوجية الطبيعية أدواراً رئيسية في مجموعة من قضايا الصحة البيئية التي تؤثر على صحة ورفاهية الناس.





ونظراً لكون الجيولوجيا الطبية فرعاً حديثاً من العلوم فكان لابد من التطرق إلى المبادئ النظرية التي يرتكز عليها، وأهميتها وأهدافها.

وكان لابد من التعرف على أثر العوامل المناخية والهيدرولوجية والبيولوجية على صحة الإنسان.

بعدها سنتعرف على الجانب التطبيقي والعملي للجيولوجيا الطبية، وأبرز نتائج الأبحاث الجيولوجية الطبية التي أجريت في منطقة الشرق الأوسط.

وفي الختام سنتطرق إلى آفاق مستقبل الجيولوجيا الطبية وسبل الاستفادة منها.

نأمل أن يسد هذا العمل ثغرة مهمة في مكتبة العلوم الجيولوجية العربية.





نبذة تاريخية

منذ وجودهم على الأرض، استخدم البشر مواد الأرض من أجل بقائهم، وإيجاد الطعام والمأوى بنشاط. منذ أكثر من 10000 عام، أدى تدجين بعض النباتات (مثل القمح في بلاد الشام والعراق) إلى ممارسة الزراعة، والتي كان لها أهمية كبيرة في التنمية البشرية.

وقد مكنت الثورة الصناعية، نحو ستينات القرن الثامن عشر، البشر من الانتقال من قوة العضلات إلى قوة الآلة، وتسهيل نقل المواد الغذائية الأساسية والناس، والمساعدة في انتشار البشر في كل القارات. وقد أدى ذلك أيضاً إلى استخدام أوسع للصخور والمعادن لإنتاج مجتمعات وثقافات متنوعة بشكل ملحوظ.

في الوقت نفسه، أعطى إنتاج الديناميت واستخدامه على نطاق واسع للإنسان قدرة غير مسبوقة على تخفيض التلال والتضاريس الصخرية في غضون ساعات، وهي مهمة كانت تستغرق سابقاً من شهور إلى سنوات.

ومنذ الحرب العالمية الثانية، شهد عالمنا زيادة كمية في تصنيع واستخدام المواد الكيميائية الاصطناعية التي تغلغت في كل جزء من بيئة الأرض والغلاف الجوي والمياه، بما في ذلك جميع الكائنات الحية.

يسرد تقرير حديث صادر عن مراكز السيطرة على الأمراض والوقاية منها (CDC) وجود 212 مادة كيميائية مسبقة في السكان البالغين في الولايات المتحدة والتي تشمل المعادن الثقيلة والمبيدات الحشرية والمركبات العضوية المتطايرة، إلخ.



• الاستخدام المبكر لمواد الأرض

عرف الناس إما عن طريق الغريزة أو الخبرة الجوانب المفيدة والضارة (الخطرة) لبيئتهم المعيشية. لقد تطور هذا التصور الناشئ عن مواد الأرض وعملياتها عبر آلاف السنين في جميع القارات، واليوم غالباً ما يشار إلى دراساتنا العلمية على أنها جيولوجيا ميدانية.

لقد أدى الكثير من الدراسات المتنوعة إلى تعميق فهم تأثير البيئة الطبيعية واستخدام مواد الأرض من قبل السكان القدامى والحديثين. والأهم من ذلك، هناك إدراك متزايد للسّمات الجيولوجية والجيوكيميائية والجيوفيزيائية لمحيطنا، مما يؤثر على تفضيلاتنا لاختيار مناطق جغرافية معينة للسكنى واستخدام المواد الأرضية.

علم الأعراق - وهو دراسة تأثير السمات الطبيعية واستخدام مواد الأرض من قبل الثقافات القديمة والحديثة - لا يقدم لمحة عن كيفية إدراك الناس لبيئتهم الجيولوجية فحسب، بل يكشف أيضاً عن تفضيلهم لاستخدام بعض المواد الأرضية للأغراض الطبية.

يعد حالياً مشروع حديث، بدعم من الجمعية الجيولوجية الطبية الدولية (IMGA)، لدراسة الخصائص المضادة لبكتيريا الطين التي جرى استخدامها للأغراض الطبية لقرون من قبل السكان الأصليين في حوض الأمازون، وهو مثال جيد للتطبيق الذي لديه القدرة على الاستفادة من مستقبل صحة الإنسان.

وقد نتساءل متى جرى التعرف أولاً على الارتباط بين المواد الجيولوجية، مثل الصخور والمعادن والتربة، والصحة البشرية؟ من الواضح أن الزواحف





والطيور والثدييات كانت على دراية بالفوائد الصحية لتناول الطين قبل فترة طويلة من مشي البشر على الأرض.

قدم الباحث أبراهامز عام 2005 مناقشة ممتازة للابتلاع المتعمد للتربة والمعادن من قبل الحيوانات وقائمة تضم 34 عائلة حيوانية معروفة بانخراطها في هذه الممارسة. يرى بعض الباحثين أن تناول هذه المواد الطبيعية، كما نعلم حالياً، يمكن أن يوفر العناصر الغذائية المفيدة مثل عناصر الكالسيوم والمغنيزيوم والبتواسيوم والفوسفور والحديد والكبريت.

وقد يمتص الطين الذي تتناوله الحيوانات أو الإنسان السموم، ويمكن استخدامه لتصحيح الاضطرابات المعوية مثل عسر الهضم والإسهال، وكذلك يستخدم لأغراض التجميل. قد تبتلع الحيوانات التربة أيضاً كغذاء للمجاعة لتخفيف آلام الجوع أو للتلقيح الميكروبي.

ربما امتد التعرف المبكر على الفوائد الصحية من مواد الأرض جيداً حتى العصر الجليدي. يوجد مسحوق طين أبيض غني بالكالسيوم في موقع هوموهابيليس **Homo Habilis** في زامبيا قد يكون عمره أكثر من مليوني عام.

نظراً لأن الموقع قد سبق استخدام الصلصال في صناعة الفخار ولم يعثر عليه في أي مكان بالقرب منه، فقد افترض أن الطين قد جرى تناوله من قبل بشر الهوموسابينس **Homo Sapiens** (أو الإنسان العاقل) كمزيل للسموم لمواجهة آثار اضطرابات الجهاز الهضمي.

إن كون الحضارات القديمة كانت مدركة للقيمة البنّاءة للمواد الطبيعية واضح في سجلاتهم العشرة الأولى. ومع ذلك، فإن التقارير عن استخدام التراب





خلال الخمسة آلاف سنة الماضية قليلة وليس من السهل دائماً تفسيرها من اللغات القديمة.

صدرت مراجعة ممتازة حول استخدام المعادن والمواد غير العضوية للأغراض العلاجية التي تركز على منطقة الشرق الأوسط. وهي تستشهد بالسجلات المكتوبة المبكرة التي تشير إلى استخدام التربة والأسفلت والنحاس والأملاح والحديد وأكسيد الرصاص ونيترات البوتاسيوم وكربونات الصوديوم للأغراض الطبية في مصر القديمة (نحو 1600 قبل الميلاد).

في بلاد ما بين النهرين (2400-3000 قبل الميلاد)، تصف المحفوظات الآشورية والبابلية الشب والبتيومين من بين عشرات المواد الطبيعية المستخدمة للعلاجات الصحية.

وقد اكتشفت جزيئات السخام المستنشقة في أنسجة الرئة المحفوظة في مومياء أوتزي (Ötzi) أو رجل الثلج أو رجل الجليد Tyrolean Iceman وذلك في أعالي جبال الألب، والتي لا يقل عمرها عن 5000 عام. قد يكون هذا الشخص قد عانى من أمراض الجهاز التنفسي بعد استنشاقه بلورات معدنية صغيرة، بما في ذلك حبيبات الكوارتز.

(المادة الطبية للفلاح الإلهي) (Shen-nung Pen ts'ao ching) هو دواء صيني مبكر (2000 عام قبل الميلاد) يسرد 365 دواء مشتقاً من المعادن والنباتات والحيوانات. وتشمل المعادن: الزئبق، والزرنيولايث، واللؤلؤ، والزنجنفار، في حين تشتمل مواد التبت الطبية على 2294 مادة، 1006 منها من أصل نباتي، و448 من أصل حيواني، و840 معدناً.





غالباً ما يصف ممارسو الأيورفيدا، وهو شكل قديم من أشكال العلاج في الهند منذ 5000 عام على الأقل، الإسفلت والأملاح لمعالجة مجموعة متنوعة من المشكلات الصحية. كان الجزء الأول، المجلد 7 من دستور الأدوية الهندية القديمة، الذي أصدرته وزارة الصحة ورعاية الأسرة الهندية، مكرساً للمعادن والفلزات.

يكشف فحص هذا النظام القديم للطب أن العناصر الكيميائية الشائعة مثل الذهب والفضة والنحاس والزنك والحديد، جنباً إلى جنب مع المعادن مثل الزنجفر (HgS) والغالينا (PbS) أكسيد الزرنيخ (As_2O_3) مازالت تستخدم على نطاق واسع حتى يومنا هذا في المنتجات الطبية الايورفيدية الحديثة.

يُزعم أن الصياغة المناسبة باستخدام المعادن والأعشاب تنتج التأثير المطلوب، مع أنه يوجد غالباً تركيز مرتفع للمعادن السامة في مثل هذه المنتجات.

أدرك أبقرراط (نحو 400 قبل الميلاد) وغيره من الكتاب الهيلينيين أن العوامل البيئية أثرت على التوزيع الجغرافي للأمراض البشرية منذ 2400 عام. وفي عام 300 قبل الميلاد، لاحظ أرسطو تسمماً بالرصاص في عمال المناجم. كما استخدمت الصخور والمعادن منذ آلاف السنين لعلاج أمراض مختلفة مثل الطاعون والجذري والحمى.

وذكر ديسقوريدس (40 -90 للميلاد) في الجزء الخامس من كتابه (حول المواد الطبية De Materia Medica) وجود 99 مادة غير عضوية بما في ذلك: الأنثيمون، والإسفلت، والكالسيوم، والكربون، والتربة، والنحاس، والحديد، والرصاص، والملح والصوديوم والكبريت والزنك والزرنيخ والذئبق. في أمريكا الوسطى، أدرجت مخطوطة المايا (نحو 800 للميلاد) العديد من الوصفات الطبية القائمة على المعادن.





كان أبو بكر محمد زكريا الرازي كيميائياً وطبيباً وفيلسوفاً من الري بالقرب من طهران في إيران الحديثة. أشهر أعماله، كتاب (الحاوي في الطب)، الذي يتألف من 23 مجلداً، وقد تُرجم إلى اللاتينية في القرن الثالث عشر. الترجمة اللاتينية بعنوان **Liber Continens**، وطبعتها الأولى نُشرت في بريشيا بإيطاليا عام 1486، وهي أكبر وأثقل كتاب طُبِع قبل عام 1501. وصف فيه الرازي العديد من التركيبات الطبية باستخدام مواد جيولوجية، مثل الشب والملح الصخري والذهب والزنك لعلاج مختلف الحالات الطبية.

أما أبو القاسم الزهراوي، وهو طبيب عربي بارز، عاش بالقرب من قرطبة في إسبانيا. يغطي عمله الشهير المكون من 30 مجلداً، اسمه (كتاب التصريف لمن عجز عن التأليف)، مجموعة واسعة من الموضوعات الطبية، وفي المجلد الثامن والعشرين الذي يتناول الصيدلة والتقنيات الصيدلانية. يقدم وصفات ويشرح كيفية تحضير المفردة (نباتات فردية أو معادن أو منتجات حيوانية) لتركيب الأدوية المعقدة في شكل مراهم أو شراب أو مسحوق أو أقراص.

كما كتب الطبيب العربي الشهير في القرن الحادي عشر للميلاد، أبو علي بن سينا، كتاباً مكوناً من خمسة مجلدات من الاقتراحات اليونانية والإسلامية حول الشفاء، أطلق عليه اسم (القانون في الطب)، الذي اعتبر مرجعاً أساسياً لمئات السنين. فقد استخدم ككتاب طبي رئيسي في الجامعات الأوروبية حتى أواخر القرن السابع عشر.

صنف ابن سينا دور الظروف البيئية، أي درجة الحرارة والرطوبة على الأمراض الجسدية، وأوصى بالعلاج المناسب للأمراض المرتبطة. يحوي المجلد الثاني من كتابه (القانون في الطب) على قائمة من 760 دواءً، والتي تشمل





النباتات والعناصر الكيميائية والمعادن. وفي المجلد الرابع، أوضح ابن سينا نظرية العدوى الخاصة به وذكر أنه يمكن للناس نقل المرض للآخرين عن طريق التنفس وناقش انتشار المرض عن طريق الماء والتربة.

يعتمد طب أوناني **Unani** - وهو شكل قديم آخر من الطب الذي يُمارس على نطاق واسع في جنوب آسيا - على تعاليم أبقرراط وجالينوس التي جرى إتقانها في نظام طبي متطور من قبل الأطباء العرب والمسلمين ولا سيما أبو بكر الرازي وابن سينا.

درس الباحثون دواء أوناني الشائع المسمى (**Kushta-e-Gaodanti**)، باستخدام طرائق ومعدات تحليلية حديثة، ووجدوا أنه مصنوع من الجبس والطين ويحوي على كميات ضئيلة من المعادن الثقيلة مثل الزرنيخ والكادميوم والكروم والرصاص والزنبق، والقصدير، في حدود مقبولة ضمن الجرعة الموصوفة.

تواصل الشعوب الأصلية استخدام المواد الطبيعية للأغراض العلاجية. على سبيل المثال: استخدم الهنود الأمريكيون مثلاً الشب لعلاج الجروح؛ والكاولين لاضطراب المعدة، والبتروال المتسرب للروماتيزم، وكبريتات الحديد للاستسقاء. وقد قام الباحث لندنو (في عام 2008) بتقسيم أنواع الطين المستخدم لأغراض علاجية من قبل السكان الأصليين في منطقة الأمازون.

إن الاعتراف القديم بقوة الشفاء للعديد من مواد المناطق الجغرافية ينعكس في الإيمان الشبيه بالعبادة في قوة الشفاء والحماية للبلورات. على سبيل المثال، خصص الباحث جينغر عام 1998 عدة مئات من الصفحات لوصف الخصائص الروحية والعاطفية والعقلية والجسدية لـ 98 من المعادن والصخور.





أما الباحث كنيشينسكي فقد كرس كتاباً كاملاً للحديث عن خصائص الشفاء للطين. وقد يكون الاعتقاد الحديث بأن وضع بلورات مثل الماس والياقوت والياقوت الأزرق والزمرد من شأنه أن يشفي، جزئياً، مشتق من الاعتقاد القديم في قوة الشفاء من البلورات.

الصخور والمعادن والتربة ليست المواد الطبيعية الوحيدة التي استخدمت لأغراض علاجية. العلاج بالمياه المعدنية، وعلاج الأمراض والإصابات والأمراض الجسدية الأخرى بالحمامات والاستحمام، وخاصة في المياه المعدنية الطبيعية مثل الينابيع الحارة، كان ولا يزال يمارسه الناس في جميع أنحاء العالم تاريخياً.

يشير ألتمان إلى أن استخدام مياه الينابيع للوقاية من الأمراض وعلاجها يمكن إرجاعه إلى نحو 5000 عام حتى العصر البرونزي، مع وجود أدلة على أن البشر استخدموا الينابيع الساخنة لأكثر من 600000 سنة.

بطبيعة الحال، فإن التعرض للصخور والمعادن والعناصر النزرة التي تحويها ليس مفيداً دائماً. إن الوعي بمخاطر العمليات الجيولوجية، مثل الانبعاثات من البراكين والمياه الحمضية الطبيعية، هو بلا شك قديم بالقدر نفسه.

منذ آلاف السنين، أدرك الفلاسفة والعلماء الصينيون الصلة بين البيئة الطبيعية وصحة الإنسان، وناقشوا هذه الروابط في أربعة كتب مهمة جداً عن الطب الصيني التقليدي. وقد كرس **هوانغ دي ني جينغ** (475 عام قبل الميلاد - 220م) الأمراض والوقاية منها وخصم العلاقة بين الأمراض ونوعية المياه والتربة والمناخ. أما **لوشى تشون كيو** (239 قبل الميلاد) فهو صاحب الكتاب الأول الذي يحوي على وصف واضح للعلاقة بين مياه الشرب والصحة في الصين. يمكن رؤية مثال على العلاقة هذه في هذه الملاحظة: «يعيش المزيد من





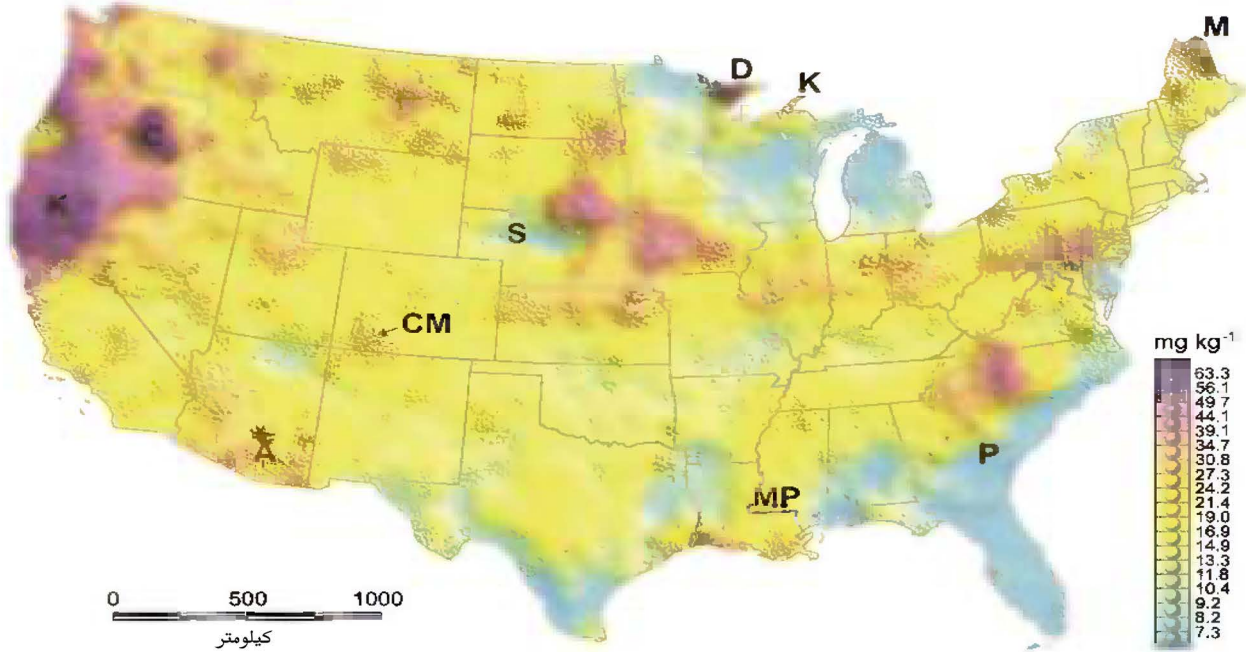
الأشخاص الذين يعانون من الصلع ونقص اليود في المكان حيث المياه الخفيفة (التي تحوي على نقص معدني)؛ ويعيش المزيد من الأشخاص الذين يعانون من تورم القدمين والساقين المشلولة في المكان في الماء الثقيل (الفائض المعدني)؛ أما الناس الأكثر صحة وجمالاً فهم يعيشون في المكان الوفير بالمياه العذبة؛ ويعيش المزيد من الأشخاص المصابين بأمراض الجلد في مكان فيه ماء حار؛ ويعيش المزيد من الأشخاص المصابين بالكساح والحدباء في المكان الذي فيه مياه مُرة».

من اللافت للنظر أنه منذ 1800 عام، أخذ الصينيون القدماء في الاعتبار العلاقة بين أمراض نقص اليود والتربة. فقط في الآونة الأخيرة جرى التأكيد على أن السبب المباشر لاضطرابات نقص اليود هو نقص اليود في التربة التي يأكل السكان منها طعامهم.

أدرك أبقراط (نحو 400 قبل الميلاد) أن العوامل البيئية تؤثر على توزيع المرض. وكتب أن المياه القادمة من التربة التي تحوي على الحديد أو النحاس أو الفضة أو الذهب أو الكبريت أو الشب أو البتيومين أو نترات البوتاسيوم (KNO_3) ضار بالصحة.

في شمال تشيلي، يحوي نهر كامارونيس، في المتوسط، على مستوى عالٍ بشكل استثنائي (1000 ميكروغرام / لتر) من الزرنيخ. تظهر على المومياوات من المنطقة، والتي يصل عمر بعضها إلى 7000 عام، علامات التسمم بالزرنيخ.





محتوى النحاس (ملغ / كغ) في التربة في الولايات المتحدة.

منذ آلاف السنين، أعلن شعب جاوين - وهم السكان الأصليون في أستراليا - أجزاءً من الإقليم الشمالي «بلد المرض» وأصدروا مرسوماً يقضي بضرورة تجنبها بسبب الآثار الصحية الضارة المحتملة. حدد التتقيب الحديث عن المعادن أن المنطقة تحوي على رواسب كبيرة من المعادن المشعة.

تعود ممارسة أكل التربة القديمة - وهي أكل التربة عمداً - إلى عصور ما قبل التاريخ في إفريقيا وآسيا وأوروبا والأميركتين، وقد يكون لها بعض الفوائد العلاجية والغذائية.





ومع ذلك، فإن ابتلاع التربة أو الطين يجلب معه خطر مسببات الأمراض، والطفيليات، وعدم توازن الكهارل، والتعرض للعناصر النزرة السامة، إذا كانوا يعيشون بالقرب من مواقع التعدين؛ فرط بوتاسيوم الدم (نسبة عالية من البوتاسيوم)، انسداد معوي، وتآكل الأسنان، وعواقب أخرى غير مرغوب فيها. منذ ظهور الحياة على هذا الكوكب، اعتمدت جميع الكائنات الحية على المواد الجيولوجية للحصول على العناصر الغذائية الأساسية للحياة والصحة. في النهاية، تعرفت الكائنات الحية على القيمة العلاجية لبعض المواد الجيولوجية بالإضافة إلى التهديدات الصحية التي تشكلها بعض الصخور والمعادن والمياه الأخرى. مع مرور الوقت بدأ البشر في التعرف على هذه العلاقة المعقدة بين البيئة الطبيعية والصحة وفهمها، وبذلك ظهر علم الجيولوجيا الطبية.

• الجيولوجيا الطبية في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر

مع أن الجيولوجيا الطبية لم تكن موجودة قبل القرن العشرين باعتبارها مجالاً راسخاً للدراسة، إلا أن الأطباء في كل من أوروبا والولايات المتحدة اعتمدوا على مفاهيم ومبادئ علوم الأرض للتحقيق في أسباب الأمراض. بالتعاون مع الجغرافيين، كان الأطباء يستخدمون الخرائط لفحص الوجود المكاني وتوزيع الأمراض.

لقد ابتكروا طرائق للسيطرة على انتشار وهجوم الأمراض المعدية، منذ خمسينات القرن الثامن عشر، وهو اتجاه لا يزال مستمراً حتى يومنا هذا. تميز القرنان الثامن عشر وأوائل القرن التاسع عشر بقبول واسع لنظرية ميازما **Miasma Theory** للمرض، أي أن المرض يُعزى إلى نوعية الهواء والماء والأرض.





مع ظهور نظرية الجراثيم وقبولها على نطاق واسع في منتصف خمسينات القرن التاسع عشر، انخفض الارتباط بين الطب والجغرافيا تدريجياً حيث حوّل الأطباء تركيزهم من البيئة المادية إلى الجراثيم باعتبارها السبب الرئيسي للأمراض.

ومع ذلك، فإن التطورات الحديثة في تكنولوجيا الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية (GIS) قد أعادت تنشيط تخصص الجغرافيا الطبية وتعزيز تفسير الأوبئة على المستوى الوطني وأنواع قواعد البيانات الأخرى.

لقد ظهرت واحدة من أقدم المراجع الموثقة لمصطلح الجيولوجيا الطبية في عام 1834 في المجلة الأمريكية للعلوم والفنون، حيث كتب طبيب متبصر مجهول: «الجيولوجيا الطبية - في يوم ما في المستقبل، ليس لدي شك في أننا سنكتشف أن هناك علماء مثل الجيولوجيا الطبية، أي أن طبقات معينة، بوصفها أرضية أساسية للموائل البشرية، أكثر عرضة للتأثر بأسباب معينة للأمراض أكثر من غيرها، وربما لن نعرف الحقيقة فحسب، بل نتأكد من السبب والعلاج. لطالما اشتهرت مقاطعة نورفولك [المملكة المتحدة] بالعدد المذهل من المرضى المصابين بالحصى، ولم يفعل أي شيء حتى الوقت الحالي للتحقيق في السبب. لقد اقتنعت منذ فترة طويلة بأن الأرض تحوي في حد ذاتها على عوامل مُقدّر لها التأثير على التغيرات المستقبلية في سطح الأرض، وكذلك في الغلاف الجوي. إن الوباء والزلازل اللذين سادا معاً لمدة سبعين عاماً في عهد جستتيان وأفراد الجزء الأكثر عدلاً من العالم المتحضر - بلا شك نتيجة لبعض القوانين الداخلية التي تنظم اقتصادها الداخلي - وهي قوانين معروفة فقط لوضعها».

ولد دانيال دريك **Daniel Drake** عام 1785 في كنتاكي، وتلقى تدريبه كطبيب وممارس الطب في سينسيناتي بولاية أوهايو حتى وفاته في عام 1850. وقد كتب





كتاباً من مجلدين بعنوان الأمراض الرئيسية للوادي الداخلي لأمريكا الشمالية التي تمثل الدراسة الأكثر شمولاً حول حدوث الأمراض المختلفة وأسبابها المحتملة وأعراضها وعلاجها.

نظمت الدراسة الشاملة، التي تمتد إلى 1763 صفحة، في مجلدين: المجلد الأول عن دراسة مفصلة للتاريخ الطبيعي للغرب الأوسط للولايات المتحدة الذي يشمل المنطقة من خليج المكسيك إلى أعالي نهر المسيسيبي ومن شرق جبال روكي إلى كيبيك.

وتعامل المجلد الثاني مع سبب الأمراض وعلاجها. قام دانيال دريك بعمل ميداني مكثف لمراقبة وجمع البيانات عن السمات المادية للأرض والتحكم في العوامل الطبيعية عند حدوث الأمراض. بدأت دراساته الميدانية في مايو 1836، وامتدت لأكثر من خمسة فصول صيفية، وغطت أكثر من 30000 ميل.

بدأ في كتابة الكتاب عام 1844، ونشر المجلد الأول في أبريل 1850. وقبل وفاته في العام نفسه كان قد أكمل العمل على المجلد الثاني الذي نُشر بعد وفاته في سبتمبر 1854.

يعتقد **دريك** أن العديد من الأمراض مقيدة بالمناخ أو المكان أو المجتمع. تضمنت الأخيرة علم الفيزياء، والكثافة السكانية، والنظام الغذائي، والملابس، والمهن، والسلوك. مع كونه طبيباً ممارساً، يمكن أيضاً أن يُنسب عمله **دريك** إلى علم الجيولوجيا بسبب ملاحظاته الثاقبة للسمات الطبيعية، والوصف التفصيلي للجوانب الجيولوجية، والاستخدام المكثف للخرائط.

يحتوي المجلد الأول على 19 خريطة، بما في ذلك المقطع العرضي الجيومورفي للوادي من جبال الأبلش إلى جبال روكي، وربما أول عمل من نوعه. في الأمراض





الرئيسية للوادي الداخلي لأمريكا الشمالية، ناقش دريك أهمية التربة والصخور - باستخدام مصطلحات مثل الجيرية - في حدوث الأمراض. يمكن اعتبار هذه الجهود المحاولة الأولى للارتباط المباشر بين أنواع الصخور والأمراض.

بعد نحو 25 عاماً، في عام 1879، نُشرت ورقة بعنوان (الجيولوجيا والطب) في مجلة **The Southern Practitioner** (وهي مجلة شهرية مستقلة مخصصة للطب والجراحة)، حيث حاول الباحث شابارد **Shapard** ربط حدوث أمراض مختلفة بالتقسيمات الجيولوجية. اقترحه عالم الجيولوجيا البروفيسور **جيمس سافورد** لولاية تينيسي في عام 1869.

كجزء من خطابه الرئاسي في الاجتماع السنوي للجمعية الجيولوجية الأمريكية لعام 1918، أشار الجيولوجي الشهير **تشارلز ويتمان كروس** (1854-1949) إلى علاقة الجيولوجيا ببعض المشكلات الصحية التي أصابت الجيوش في أوروبا خلال الحرب العالمية الأولى.

ووصف كيف أن نحو 3000 - 4000 جندي، شاركوا بانتظام في عمليات حفر الأنفاق والخنادق، أصيبوا بالعجز بسبب تقرحات الجلد التي جعلتهم عرضة للإصابة بالعدوى. ووُجد أن سبب المشكلة الطبية هو وجود معدن طيني على جدران الأنفاق، والذي عند ملامسته للجلد، يزيل الزيت الطبيعي، مما يتسبب في تشقق الجلد عند التجفيف، مما يسمح بالعدوى الجاهزة في ظل ظروف حياة الخندق.

مع أن أولى كليات الطب في الولايات المتحدة تأسست في ستينات القرن الثامن عشر، إلا أن معظم الأطباء كانوا يمارسون الطب بعد فترة تدريب لمدة 3-4 سنوات مع طبيب مرموق. صار التعليم الجامعي السابق للقبول في كلية الطب شرطاً في أوروبا خلال العقد الأخير من القرن التاسع عشر.





في الولايات المتحدة أيضاً، حتى منتصف القرن التاسع عشر، لم يكن التعليم الرسمي في الكلية مطلوباً وكان التدريب المهني الموسع هو كل التعليم الطبي الذي يحتاجه المرء لممارسة الطب. في عام 1895، جعلت كلية الطب في شيكاغو (التي صارت حالياً جزءاً من جامعة نورث وسترن) التعليم الجامعي شرطاً للقبول في كلية الطب.

في وقت لاحق، في عام 1898، طلبت جامعة جونز هوبكنز من جميع المتقدمين في كلية الطب الحصول على درجة البكالوريوس. طلبت جامعة هارفارد في عام 1901 أيضاً الحصول على درجة جامعية للقبول في كلية الطب.

تمثل الجيولوجيا الطبية عودة ظهور مهنة أشركت الممارسين الطبيين من القرن السابع عشر حتى منتصف القرن التاسع عشر. كما كان شائعاً في هذه الفترة، تطلب التعليم الطبي دراسات نظرية تشمل لاتينية وثلاثة تخصصات رئيسية: الدين والقانون والعلوم الطبيعية، وشملت لاحقاً الفلسفة والجيولوجيا وعلم المعادن وعلم النبات.

وجد العديد من الأطباء أن الجيولوجيا من الناحية الفكرية أكثر تحفيزاً وحوّلوا اهتمامهم وحياتهم المهنية إلى مجال الجيولوجيا ليصبحوا جيولوجيين مشهورين.





• الجيولوجيا الطبية في العصور الحديثة

على من أن الفهم العام - الهواء والأرض والمياه يمكن أن تؤثر على صحة الإنسان - كان معروفاً جيداً، إلا أن العلاقة بين العناصر والمركبات الكيميائية المحددة والصحة لم تثبت حتى منتصف القرن العشرين.

لقد مكننا ظهور معدات تحليلية متطورة وحساسة جداً ودقيقة، مثل حيود الأشعة السينية والفحص المجهرى للإلكترون والنيوترون ومطياف رامان، من تحديد كميات ضئيلة من المركبات في مجموعة واسعة من العينات والمواد الصلبة والسوائل.

سمحت لنا هذه التقنيات بطرح العديد من الأسئلة المختلفة واكتساب فهم أفضل لكيفية تأثير البيئة الجيوكيميائية للمكان على صحة ورفاهية السكان. مثل هذه التحليلات والأسئلة التي تولدها تشكل أحد مجالات تركيز أبحاث الجيولوجيا الطبية.

تمثل الجيولوجيا الطبية في العصر الحديث حقاً مجالاً دراسياً متعدد التخصصات يشمل علوم الأرض والصحة والحياة. يشمل اليوم مجموعة واسعة من البيئات الكيميائية والفيزيائية الطبيعية على مستويات تتراوح من الميكروسكوب (على سبيل المثال، دراسات الميكروبات الفردية أو الحبيبات المعدنية في عينات الأنسجة) إلى العالمية (على سبيل المثال، الدراسات التي تفحص مصدر مسببات الأمراض المنقولة عبر الغلاف الجوي والتي تنتقل عن طريق العواصف الترابية العابرة للقارات).

تتكشف مجالات جديدة من التحقيقات كل يوم، وتقدم إمكانيات لا حصر لها في البحث عن تطبيقات مفيدة في الحفاظ على صحة الإنسان والبيئة.





ومن الأمثلة على ذلك: التأثير المحتمل للعوامل الجيولوجية على انتشار مرض ألزهايمر في الولايات المتحدة، وارتباط معادن الطين بالمضادات الحيوية، وتركيز الليثيوم في مياه الشرب، والانتحار؛ والأمراض حيوانية المنشأ وغيرها من الأمراض المرتبطة بتغير المناخ، على سبيل المثال لا الحصر.

قبل عدة عقود، لم تكن الجيولوجيا الطبية محبذة إلى حد ما في الولايات المتحدة بسبب تصورات بعض الأشخاص المؤثرين بأن الجيولوجيين كانوا يتخطون حدودهم ويشغلون بشكل خطير في علم الأوبئة.

حالياً، ومن خلال شراكات مثل تلك التي حدثت بين هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية والمعهد الوطني لعلوم الصحة البيئية - ولأن وكالات التمويل بدأت في إظهار الاعتراف بقيمة البحث متعدد التخصصات - فإن هذا المجال يزدهر.

كما يوجد حالياً العديد من التحقيقات التعاونية بين علماء الجيولوجيا والباحثين في مجال الطب الحيوي والصحة العامة في جميع أنحاء العالم، والتي تتبنى مجموعة واسعة من قضايا الجيولوجيا الطبية.

أما بخصوص مصطلح الطب الجيولوجي **Geomedicine**، الذي استخدم على نطاق واسع من قبل العديد من الباحثين، ولا سيما الباحث ج. لاغ **J. Lag**. من هيئة المسح الجيولوجي للنرويج (**NGU**) الذي قام بتحرير كتاب رئيسي حول هذا الموضوع، كان أحد الاسمين اللذين تم بحثهما للتخصص الفرعي الناشئ.

لكنها لم تجد استحساناً لأن الطب الجيولوجي يشير إلى تخصص فرعي من الطب، مثل طب الأسرة والطب النووي وما إلى ذلك. لذا، فإن مصطلح الجيولوجيا الطبية، الذي ذكر لأول مرة في عام **1834** من قبل طبيب بريطاني





مجهول، اعتمد رسمياً بعد 163 عاماً في عام 1997 في اجتماع لمجموعة عمل الجيولوجيا الطبية في الندوة الدولية الرابعة حول الكيمياء الجيولوجية البيئية التي عقدت في فيل Vail، كولورادو، الولايات المتحدة.

اقترح سيلينوس Selinus، بوصفه عضواً في لجنة العلوم الجيولوجية للتخطيط البيئي (COGEOENVIRONMENT) التابعة للاتحاد الدولي لعلوم الأرض (IUGS)، في عام 1996 فكرة تشكيل فريق عمل معني بالجيولوجيا الطبية. قبل IUGS الاقتراح وعين سيلينوس رئيساً لمجموعة العمل. تبنت مجموعة العمل في فيل رسمياً عنوان الجيولوجيا الطبية في اجتماع مع العديد من علماء الجيولوجيا والمتخصصين في الصحة العامة وعلماء الطب. وجرى الاتفاق تماماً على أن مصطلح الطب الجيولوجي لم يكن هو الاسم المناسب لوصف هذا التخصص حيث لم تعتبر المجتمعات الطبية والصحية العامة أن الاسم قابل للتطبيق وذو صلة بمهنتهم.

• الوضع الحالي للجيولوجيا الطبية

قطعت الجيولوجيا الطبية خطوات كبيرة في الأربعين عاماً الماضية. ابتداءً من الجهود المتواضعة التي بذلتها حفنة من الجيوكيميائيين في أوائل الستينات في محاولة لفك رموز الروابط المحتملة بين البيئة الجيوكيميائية الطبيعية وصحة الناس في منطقة معينة إلى إنشاء الرابطة الدولية للجيولوجيا الطبية (IMGA) في عام 2006، حيث نضجت الجيولوجيا الطبية لدرجة أنه صار معترفاً بها حالياً على النحو الواجب كمجال دراسة قابل للتطبيق.





تقدم الدورات في جامعات عديدة من دول العالم، كما جرى إدخال برامج الدرجات العلمية ومجالات التركيز في الجيولوجيا الطبية في مؤسسات أخرى. تتوفر برامج الدراسات العليا في بعض الجامعات وقد أكملت العديد من مشروعات أبحاث الماجستير والدكتوراه بنجاح في العديد من الجامعات في جميع أنحاء العالم.

من منظور أوسع، ظهور مفهوم صحة الكوكب، ومبادرات من قبل الجمعية البيئية الأمريكية، ووكالة المسح الجيولوجي الأمريكية، والاتحاد الجيوفيزيائي الأمريكي (AGU) لفهم وتخفيف آثار التغير البيئي على النطاق المحلي إلى العالمي على صحة الإنسان والبيئة، فتح طرقاً إضافية للتعاون بين الجيولوجيين الطبيين والمهنيين الصحيين والمشرعين ومنفذي السياسات.

يتوفر حالياً أساس متين للجيولوجيا الطبية، مما يمكنها من المضي قدماً بوتيرة سريعة. يعد نشر الكتب المدرسية الممتازة، والأعمال المرجعية، ووقائع المؤتمرات، والنشرات الإخبارية المهنية، والمجلة المتخصصة **GeoHealth**، إلى جانب العديد من الاجتماعات المهنية السنوية، من الموارد الرئيسية التي توفر دعماً قيماً للبرامج التعليمية في الجيولوجيا الطبية على جميع المستويات.

إن الجيولوجيا الطبية مهياة بشكل جيد لتقديم مساهمات مفيدة في تدريب الأجيال القادمة من المهنيين لكشف الصلة بين البيئة الطبيعية وصحة الإنسان من أجل تحسين المجتمع العالمي.



المبادئ النظرية للجيولوجيا الطبية

قال الطبيب اليوناني جالينوس: «إنّ الصحة حالة لا نعاني فيها من الألم ولا تقتصر على أنشطتنا الحيوية». العديد من التعريفات اللاحقة للصحة تكمل هذه الأطروحة من خلال ربط حالة الإنسان بالبيئة الخارجية. كما توجد محاولات مختلفة لتصنيف مستوى الصحة والمرض.

عند فحص المستوى الصحي لسكان أقصى الشمال، قسّم الباحث ن. س. جاغيا **N. S. Jagya**، على سبيل المثال، جميع السكان الذين جرى فحصهم إلى المجموعات الخمس الآتية:

1. شخص صحي.
2. شخص صحي، مع تغييرات وظيفية ومورفولوجية معينة.
3. شخص مريض، مع أمراض طويلة الأمد (مزمنة)، لكن الوظائف الأساسية للكائن الحي سليمة.
4. شخص مريض بأمراض طويلة الأمد (مزمنة).
5. شخص مريض سريرياً، يعاني من مرض خطير، ومعاق من المجموعتين الأولى والثانية.

هذه التصنيفات مثيرة للاهتمام لتقييم الصحة في مناطق مختلفة من الإقليم نفسه وفي فصول مختلفة من السنة، وتحليلات نسبة المجموعات ذات المستويات الصحية المختلفة بشكل موثوق تجعل من الممكن تصنيف المناطق فيما يتعلق بتلك الخاصة، والتي هي ذات أهمية عملية ونظرية كبيرة.





يمكن الحكم على المنطقة التي تسود فيها المجموعتان الأولى والثانية وفقاً للتصنيف المشار إليه على أنها منطقة ذات مستوى عالٍ من الصحة العامة. من ناحية أخرى، يجب اعتبار المنطقة التي تنتمي إليها نسبة كبيرة من السكان إلى المجموعتين الثالثة والرابعة على أنها تتميز بمستوى منخفض من الصحة العامة.

وغني عن البيان أنه في حالة توفر الخرائط الجغرافية الطبية، يكون من الأسهل على الخدمات الطبية وغيرها اتخاذ القرارات وتنفيذ الإجراءات التي تهدف إلى تحسين صحة السكان ومجموعاتهم المنفصلة.

إن إضافة العناصر الجيولوجية إلى هذه الخرائط تجعل من الممكن تمييز الارتباطات مع التركيب الجيولوجي للتضاريس وعزل التأثير السلبي أو الإيجابي للعوامل غير العضوية على صحة الإنسان. يمكن أن توفر الجيولوجيا الطبية إجابات على الأسئلة في هذا المجال.

من منظور أوسع، يتشكل مستوى الصحة العامة لإقليم معين تحت تأثير العوامل الطبيعية والبشرية. تشمل العوامل الطبيعية طبقة الغلاف الجوي القريبة من الأرض، والإشعاع الشمسي، والصخور، والتربة، والمياه السطحية والجوفية، وخصائص التضاريس، والعمليات الجيولوجية الداخلية، والنشاط الإشعاعي، والمجالات الجيوفيزيائية، والعناصر الدقيقة في التربة والمياه، والنبات، والحيوانات.

تشمل العوامل البشرية ملوثات التربة، ومياه الصرف الصحي وملوثات المياه الأخرى، وملوثات الهواء، والتلوث الإشعاعي على شكل نفايات نووية، والملوثات





الناشئة عن استغلال ومعالجة الخام، والتأثيرات الضارة المعقدة للتوسع الحضري والطرق، إلخ.

إن تأثير الإنسان على البيئة يزداد قوة كل يوم، وهذا يؤدي إلى تغير سريع (وأحياناً تدهور كامل) لمكوناتها الطبيعي، مما يؤثر بدوره على المكونات البشرية نفسها، بما في ذلك مستوى صحة الإنسان.

في ضوء الظروف الاجتماعية-الاقتصادية وتأثيرها، يمكن استنتاج أن التحقيق في أسباب حدوث المرض هو بالضرورة عملية متعددة المراحل، عملية مليئة بالاكشافات، ولكنها أيضاً مليئة بخيبات الأمل.

يجب أن يأخذ النهج نفسه في الاعتبار عدداً من العوامل، سواء ذات الاهتمام الضيق أو الاعتبارات المكانية الأوسع، أي أنه يجب أن يكون معقداً ومتعدد التخصصات.

بمصطلح الإعدادات الطبيعية للأمراض والحالات المرضية للإنسان، فإننا نعني بذلك أن بعض خصائص النظام الجيولوجي التي تعمل جنباً إلى جنب مع الكائن البشري يمكن أن تتجلى في شكل حالات مرضية أو أمراض.

يمكن استخدام بيئة معينة لاكتشاف مسببات (أو أجواء) الأمراض التي لا تزال غير مدروسة بشكل كاف. من الضروري هنا أن تكون في حالة تأهب للعديد من العلاقات غير المكتشفة التي لا تزال غير مكتشفة بين الأمراض وبعض عوامل البيئة الطبيعية.

يمثل مجال الجيولوجيا تحدياً خاصاً في هذا السياق، حيث إنه لم يجز التحقيق فيه بشكل كاف، في حين أن التركيب الجيولوجي للأرض متغير في الفضاء وتكشف حياة الإنسان في البيئة الجيولوجية.





• تصنيف الأمراض

يتيح تنوع العوامل الطبيعية والاجتماعية إمكانية بناء تصنيفات مختلفة للأمراض. بناءً على الاختلافات في العوامل الطبيعية الرئيسية التي تحدد توزيع وخصائص العمليات المرضية، أُعطي أحد هذه التصنيفات بواسطة الباحث أ. ب. أفتسين **A. P. Avtsin** عام 1959، وقد عدل بشكل ضئيل بواسطة أ. غ. أفورونوف **A.G Voronov** عام 1965. هذا التصنيف يتعرف على المجموعات الخمس الآتية من الأمراض:

1. الأمراض التي تسببها الخصائص الجيولوجيا الطبيعية (المناخية في المقام الأول) للبيئة (مثل ضربة الشمس، أو العمى الثلجي، أو داء المرتفعات، إلخ).
2. الأمراض الناجمة عن الخصائص البيوكيميائية للبيئة (مثل تضخم الغدة الدرقية المتوطن، أو التسمم بالفلور، أو تسوس الأسنان، إلخ).
3. الأمراض المرتبطة بالخصائص الكيميائية الحيوية للغذاء (مثل نقص الفيتامينات).
4. الأمراض التي تسببها النباتات والحيوانات السامة، وحالات الحساسية المرتبطة بمواد وراثحة من أصل نباتي وحيواني (مثل الربو القصبي، إلخ).
5. الأمراض التي تسببها العوامل الحية (مثل الالتهابات).

وفقاً لأفتسين، فإن السؤال المتعلق بالصلة بين الأمراض والعوامل الجغرافية قد واجه حتماً كل باحث تعمق أكثر في مشكلات علم الأمراض الجغرافي والجغرافيا الطبية: «هل نحن لسنا على دراية بأمراض المناطق الاستوائية





والأمراض المختلفة تماماً التي تتميز بها المناطق ذات المناخ البارد؟ من المعروف أن أمراض الجبال العالية لها خصائصها الخاصة، ألم توصف أمراض مستوطنة للإنسان والحيوان والنبات حيث يعمل بعض الإخلال بتوازن العناصر الكيميائية في البيئة الجغرافية على أنها السبب الرئيسي لشكل معين من الضرر؟ هل من الممكن تجاهل حقيقة أن الحركات الكارثية في الغلاف الصخري والغلاف المائي (الزلازل والفيضانات وأمواج تسونامي والانهيارات الأرضية والصخور والانزلاقات الطينية) تسبب أضراراً جسيمة ذات طبيعة مؤلمة؟».

يتضح من التصنيف السابق نفسه أن العوامل الجيولوجية يمكن أن تكون ذات أهمية بالنسبة لجميع المجموعات الخمس المعزولة من الأمراض، فهي مهمة جداً لأمراض المجموعتين الأولى والثانية، أي الأمراض التي تسببها الخصائص الجيوفيزيائية والجيوكيميائية للبيئة.

دعونا نعود إلى الهيكل المقدم سابقاً للجغرافيا الطبية من أجل الحصول على صورة أكثر اكتمالاً للمناطق التي يمكن للجيولوجيا أن تقدم مساهمة مهمة فيها. المجموعات الثلاث الآتية من التخصصات هي موضع تساؤل:

- **مسببات الأمراض وعواملها:** حيث يمكن للجيولوجيا أن توفر بيانات مهمة عن العناصر اللاحيائية و (في بعض الحالات) العناصر الحيوية في البيئة بصفتها عوامل ممرضة أو عوامل مسببة للأمراض.
- **المكونات البيئية:** حيث يمكن للجيولوجيا توفير معلومات مهمة حول الركيزة الصخرية، والتربة، والمياه الجوفية (المعدنة قليلاً، والغنية بالمعادن، والحارة)، والعمليات والظواهر الخارجية والداخلية، والأشكال الهيكلية، ورواسب الموارد المعدنية ونطاق توزيعها، والنشاط الإشعاعي في الصخور والمياه الجوفية،





والعناصر النزرة (في الصخور والتربة والماء) والمجالات الجيوفيزيائية وما إلى ذلك أيضاً حول المخاطر الجيولوجية المختلفة مثل المخاطر الزلزالية والنشاط البركاني والانزلاقات وسقوط الصخور والانزلاقات الطينية وتآكل التربة والاختناقات ومختلف المخاطر الجيوكيميائية.

• **التكنولوجيا والبيئة:** قد تكون المعلومات المتعلقة بسلوك الصخور والتربة والمياه الجوفية أثناء العمل البشري على البيئة (أشكال مختلفة من التلوث والدمار) ذات أهمية حاسمة في تقدير درجة التلوث البيئي ووضع التدابير للحد منه، أي طرق حماية صحة الإنسان.

ستؤدي الجيولوجيا مهمتها العلمية والاجتماعية إذا أُجريت دراسة معقدة للمكوّن الجيولوجي للغلاف الحيوي - الغلاف الصخري - ومن ثم تساهم بشكل كامل في فهم أفضل للغلاف المائي والغلاف الجوي **التروبوسفير**.

إن مجال البحث الجيولوجي واسع ومعقد ومهم لدرجة أنه لا يمكن أن يكون هناك شك في مبررات تشكيل نظام علمي يربط بين الطب والجيولوجيا. إن سد الفجوة الواضحة في البحث العلمي متعدد التخصصات على هذا المنوال سيساهم كثيراً قبل كل شيء في العلوم الطبية، لا سيما في مسألة الوقاية من الأمراض.

من الأهداف الأساسية للعلم تحقيق حالة من التحسين والتقييم لبيئة الصحة العامة لتحقيق أعلى مستوى ممكن من الصحة العامة.

ستؤدي الجيولوجيا الطبية دورها فقط من خلال مشاركة كبرى للمتخصصين، وتنظيم التعاون الدولي، وتطوير نظرية البحث وإجراءاته.



يمكن اتخاذ خطوتين أوليتين مهمتين في وقت قصير نسبياً:

- يمكن استخدام نتائج الجغرافيا الطبية بشكل أفضل.
 - يمكن إعادة تفسير البيانات القيمة للبحوث الجيولوجية السابقة بشكل مدروس لإنشاء أساس حديث للبحث في المستقبل.
- من الأهمية بمكان تنسيق الجهود البحثية في الجغرافيا والجيولوجيا، أي إنشاء اتفاق بين الجغرافيا الطبية والجيولوجيا الطبية.
- من المحتمل أن يتحقق هذا الأمر عندما تتوضح في الممارسة العملية أي الانضباط يمكن أن يظهر بشكل أفضل كلا من التأثير الإيجابي والسلبى للعوامل البيئية على الصحة العامة، والإصابة بالأمراض البشرية، وتوزيعها.
- سيظهر الوقت أنه لا يوجد تناقض بين الجغرافيا الطبية والجيولوجيا الطبية. على العكس من ذلك، توجد مهمة مشتركة وهي - إنشاء صيغة لأقصى ظروف صحية لحياة الإنسان - يشارك كل علم في إنجازها بطريقته الخاصة.

• تعريفات الجيولوجيا الطبية

تعرف الرابطة الدولية للجيولوجيا الطبية (IMGA) الجيولوجيا الطبية بأنها «العلم الذي يتعامل مع العلاقة بين العوامل الجيولوجية والمشكلات الصحية في الإنسان والحيوان والنبات».

هذا تعريف واسع مقيد إلى حد ما بمعنى أنه لا يذكر المكونات غير الحية للبيئة، مثل الهواء والماء والتربة، وكلها مهمة جداً في الصحة والمرض.





تم اقتراح تعريف أكثر شمولاً من قبل الباحث بونيل، الذي عرّف الجيولوجيا الطبية على أنها «نظام علمي يفحص تأثيرات المواد والعمليات الجيولوجية على صحة الإنسان والنظام البيئي» وأضاف أن «يشمل كلاً من الطبيعة والبشرية المنشأ، ومصادر المشكلات الصحية المحتملة». وإدراكاً للحاجة إلى التأكيد على تغير المناخ العالمي وعواقبه بعيدة المدى على صحة الإنسان والنظام البيئي، والدور المهم للجيولوجيا الطبية في التقليل إلى أدنى حد من آثارها الضارة على الصحة العامة وحماية النظام البيئي، جرى اقتراح تعديل طفيف لاحقاً لتحديد الجيولوجيا الطبية بأنها «العلم الذي يتعامل مع تأثير العوامل البشرية والجيولوجية على صحة الإنسان والبيئة».

• أهمية الجيولوجيا الطبية

عادة ما يكون من الصعب الإجابة على السؤال المهم حول مدى ملاءمة منطقة معينة للحياة. يمثل التحقيق في أسباب المرض مهمة معقدة بشكل خاص مليئة بعدم اليقين.

لا يمكن حل المشكلة المحددة بنجاح إلا من خلال نهج متعدد التخصصات. لكن هذا لا يعني أنه ليس من الضروري استخراج الحد الأقصى من كل تخصص علمي طارئ، خاصة في المجالات التي يمكن أن يقدم فيها هذا التخصص مساهمة كبيرة.

من المؤكد أن العثور على السبب الحقيقي (الأساسي) لمرض ما أو إنشاء عمل إيجابي لتضاريس معينة على صحة الإنسان سيجعل من السهل تشخيص المرض نفسه ويشير إلى طرائق أكثر فعالية لعلاج، أي تسهيل العمل الوقائي.





الظرف المناسب هو أن الجيولوجيا، باعتبارها العلم الذي يتعامل مع العالم غير العضوي، تقدم إمكانيات متنوعة في هذا المجال. على وجه التحديد، غالباً ما يعبر بشكل جيد عن انتظام حدوث بيئات جيولوجية معينة والعوامل التي يمكن أن تسبب المرض أو تقوي القدرات الدفاعية للكائن الحي.

لذلك من الممكن في إطار وحدة جيوتكتونية أو هيكلية (أو تكوين جيولوجي) ذات أهمية إنشاء علاقات متبادلة بين العوامل الجيولوجية وبيانات الدراسات الطبية الميدانية والمخبرية.

بعبارة أخرى، فإن إضفاء الطابع الإقليمي على أحد المجالات التي تهتمنا فيما يتعلق بدرجة تأثير العوامل الجيولوجية على الصحة العامة (الجهوية - الإقليمية الطبية) يمكن - بالاقتران مع الخرائط والأطالس ومخططات الأقلمة التي أنشأها الجغرافيون الطبيون - أن تكون ذات فائدة كبيرة لإجراء المزيد من البحوث والممارسات الطبية، وفي مجالات التجارة والتوسع الحضري وحماية الصحة.

إن أهمية الجيولوجيا الطبية متعددة الجوانب. وهنا سنؤكد فقط على الأهمية التي توليها البحوث الطبية والجيولوجية فيما يتعلق بالاهتمام المتزايد الذي يظهره الطب في الأمراض الجسدية (غير المعدية)، وخاصة الأورام الخبيثة وأمراض الأعضاء الداخلية.

جرى بالفعل تقديم مساهمة ملحوظة في هذا المجال من خلال الكيمياء الجيولوجية من خلال تسمية بعض العناصر الجيولوجية (العناصر النزرة في الصخور والتربة والماء، على سبيل المثال) من بين العوامل المسببة ذات الأهمية الأولية.





تمثل حقيقة أن حدوث الأورام الخبيثة غير متكافئة في مناطق جغرافية مختلفة من العالم مجالاً صعباً للبحث الطبي والجيولوجي الذي يهدف إلى اكتشاف الارتباطات وإضفاء الطابع الإقليمي على المنطقة على أساس المعايير الجيولوجية والطبية الراسخة.

من المثير للاهتمام بشكل خاص هنا المناطق الصغيرة التي يعبر فيها عن الحالة المسببة للسرطان بشكل ملحوظ أكثر من المناطق المحيطة. هل ستكون الجيولوجيا الطبية قادرة على حل جزء من هذا اللغز العالمي؟

• نطاق الجيولوجيا الطبية

تمثل الجيولوجيا الطبية الحديثة علماً متعدد التخصصات، يتقاطع مع علوم الأرض والصحة والحياة. يغطي مجموعة واسعة من البيئات الكيميائية والبيولوجية والفيزيائية على مستويات تمتد من المجهرية (على سبيل المثال، تشمل دراسات الميكروبات الفردية أو المواد الكيميائية في عينات الأنسجة) إلى العالمية (على سبيل المثال، فحص مصدر المواد الجسيمية المنقولة في الغلاف الجوي ومسببات الأمراض المنقولة بوساطة العواصف الترابية العابرة للقارات). تتكشف مجالات جديدة مليئة بالتحديات والمثيرة كل يوم، مما يوفر فرصاً لا حصر لها لعلماء الجيولوجيا الطبيين لتقديم مساهمات قيمة لحماية صحة الإنسان والبيئة.

على سبيل المثال، السيطرة على العوامل الجيولوجية بشأن:

1. انتشار أمراض القلب والأوعية الدموية ومرض ألزهايمر، والاضطرابات العصبية الناجمة عن عدم توازن العناصر النزرة.





2. خصائص المضادات الحيوية للمعادن الطينية.
 3. مستويات الليثيوم في مياه الشرب والميل إلى الانتحار.
 4. مراقبة الأمراض حيوانية المنشأ وغيرها من الأمراض الناجمة عن تغير المناخ والتخفيف من حدتها.
 5. السيطرة على الوفيات والأمراض المرتبطة بالتلوث.
- من المتصور أيضاً دور موسع للجيولوجيين في الإدارة الفعالة للصحة العالمية في فرق ولجان متعددة التخصصات مكلفة بنشر المعلومات، وإعلام المواطن، والتعليم العام، وصنع السياسات.

• هدف الجيولوجيا الطبية

إن الهدف الرئيسي للجيولوجيا الطبية هو دراسة القوانين الأساسية لتأثير البيئة الجيولوجية على صحة الإنسان، للتمييز على وجه التحديد بين العوامل الجيولوجية تلك التي يمكن أن تكون الأسباب الرئيسية للأمراض معينة أو لها تأثير إيجابي على صحة الإنسان.

تساهم الجيولوجيا الطبية بهذه الطريقة في تحسين البيئة وتحقيق أعلى مستوى ممكن من الصحة العامة على الكوكب. إن وجود هذا النظام الجديد والأشخاص المتخصصين فيه سيعزز الاستخدام الأفضل للمعلومات المكتسبة في الأبحاث الجيولوجية الأساسية والتطبيقية الضخمة، والتي تمثل خطوة أخرى إلى الأمام في جهود علوم العالم بشكل عام.





وغني عن البيان أن التقدم والخبرة في الجغرافيا الطبية والطب والبيولوجيا وغيرها من العلوم الحليفة قد استخدمت في إرساء أسس الجيولوجيا الطبية.

تسمح هذه القاعدة بالتطوير الأسرع لفروع الجيولوجيا الطبية التي تعالج عوامل البيئة الجيولوجية والجيوكيميائية والعمليات الأخرى وإجراءات البحث التي تجري لأغراض خاصة.

ترتقي مهمة الجيولوجيا الطبية لدراسة تأثير البيئة الجيولوجية على صحة الإنسان بصفته كائن اجتماعي. لإنجاز هذه المهمة، من الضروري تطوير طرائق ومعايير للتقييم الطبي الجيولوجي لمجال يهمننا، وتمييز البيئة الجيولوجية من وجهة نظر تأثيرها على الصحة العامة، والحصول على صورة للمنطقة الطبية والجيولوجيا الإقليمية.

هذا مهم للاستغلال الأمثل (المنسق) القائم على أساس علمي للموارد الجيولوجية وتحويل البيئة الجيولوجية لصالح الحياة الصحية. يمكن أن تكون تجرية ونتائج الجغرافيا الطبية ذات فائدة كبيرة هنا، كما أن تحليل البيانات المكثفة للبحوث الجيولوجية السابقة من الزاوية الطبية الجيولوجية مفيد أيضاً.

بالإضافة إلى ذلك، يمكن كسب الكثير من خلال التقدم الأسرع في علم البيئة، والكيمياء الجيولوجية الطبية، والجيولوجيا المائية الطبية، وغيرها من التخصصات.

عند تطويرها إلى المستوى المطلوب، ستكون الجيولوجيا الطبية قادرة على إنتاج نتائج ذات فائدة كبيرة لسلطات حماية الاقتصاد والصحة.





آثار البيئة الطبيعية على صحة الإنسان

في العقود القليلة الماضية، كان هناك وعي متزايد بأن بعض التغيرات البيئية الطبيعية تحدث على نطاق يؤثر على النظام البيئي العالمي: لقد تحولت أنظمة إنتاج الغذاء والغلاف الجوي والهيدروجيولوجي في جميع أنحاء العالم بطرائق تؤدي في بعض الأحيان إلى ظهور (و / أو إعادة ظهور) المشكلات الصحية في الإنسان والحيوان.

مع أن الاعتراف بأن العوامل الجيولوجية الطبيعية تؤدي أدواراً رئيسية في مجموعة من قضايا الصحة البيئية التي تؤثر على صحة ورفاهية بلايين الأشخاص في جميع أنحاء العالم، إلا أن هناك نقصاً عاماً في فهم أهمية هذه العوامل على الإنسان والحيوان. الصحة بين عامة الناس ومجتمع الطب الحيوي / الصحة العامة ومجتمع علوم الأرض / البيئة.

تحاول الجيولوجيا الطبية، وهي العلم الذي يتعامل مع تأثيرات المواد والعمليات الجيولوجية الطبيعية على صحة الحيوان والبشر، سد هذه الفجوة من خلال زيادة الوعي حول هذه القضايا في علوم الأرض والمجتمعات الطبية الحيوية، ومن خلال تحفيز التعاون البحثي المتزايد بين هذه التخصصات.

ومن ثم، يمكن اعتبار الجيولوجيا الطبية على أنها تخصص مكمل لمجال الصحة البيئية الراسخ مع التركيز على كيفية تأثير البيئة الطبيعية على الصحة. هذه التأثيرات، الضارة والمفيدة، معروفة منذ آلاف السنين، لكن في العقد الماضي فقط بدأ العلماء المهتمون بهذه الظواهر في تنظيم تعاون محلي وإقليمي وعالمي في هذا التخصص الناشئ للجيولوجيا الطبية.





علماء الجيولوجيا الطبية هم علماء (الجيولوجيا والطب الحيوي والصحة العامة و السموم والأوبئة والهيدرولوجيا والجغرافيين، وما إلى ذلك) الذين يتعاونون بشكل عام في مجموعة واسعة من مشكلات الصحة البيئية بحثاً عن الأسباب والحلول.

ومن بين هذه المشكلات الآثار الصحية للغبار الطبيعي؛ والعناصر التي تحدث بشكل طبيعي في المياه السطحية والمياه الجوفية والتربة؛ والعمليات الجيولوجية مثل البراكين والتحات والزلازل وأمواج تسونامي وغيرها؛ والتعرض المهني للمواد الطبيعية، والإشعاع الطبيعي، وما إلى ذلك. لقد ركزت العديد من دراسات الجيولوجيا الطبية على الآثار الصحية للغبار من مختلف الأصول.

تعد جزيئات الغبار مكوناً منتشراً على نطاق واسع في الغلاف الجوي للأرض، وغالباً ما تشكل أعمدة كثيفة مشتقة من البراكين والعواصف الترابية وعمليات النقل بعيد المدى لغبار الصحراء (ما يسمى بالغبار العابر للقارات)، وحالات النزوح من خلال العمليات الطبيعية مثل الانهيارات الأرضية والزلازل. تحدث هذه الظواهر في جميع القارات الرئيسية بما في ذلك، على سبيل المثال، حشد الغبار الصحراوي إلى جنوب أوروبا والأمريكيتين.

يدرس الجيولوجيون الطبيون المصدر، وحدوث، وتوزيع، وتركيز، وكيمياء، وتبلور المعادن وتشكلها (مثل الأسبستوس، والإريونيت، والسيليكات، والبيريت، وما إلى ذلك) التي قد تسبب مشكلات صحية. يحاول علماء الجيولوجيا الطبية تحديد مصادر العناصر النزرة التي يحتمل أن تكون ضارة مثل الزرنيخ والفلور والسيلينيوم والنحاس وما إلى ذلك.





يحاولون تحديد مسارات التعرض وإنتاج خرائط توضح العوامل الجيولوجية والجيوكيميائية المحلية والإقليمية و / أو العالمية وعلاقتها بالمشكلات الصحية الحالية أو المحتملة. من الأمثلة الجيدة للبحث التعاوني في الجيولوجيا الطبية قضية الزرنيخ في بنغلاديش وغرب البنغال في الهند. في هذه المنطقة، يعمل علماء الجيولوجيا الطبية على تحديد مصدر مستويات الزرنيخ المرتفعة في مياه الآبار التي تعرض صحة ما يصل إلى 100 مليون شخص للخطر.

تمثل مجلة **Interciencia** خطوة مهمة في نمو ونضج الجيولوجيا الطبية في أمريكا اللاتينية والعالم. إذ يوجد فيها مقالة بقلم توماسو توسياني يصف فيها مجموعة واسعة من قضايا الجيولوجيا الطبية التي تؤثر على فنزويلا، مع التركيز بشكل خاص على المصادر والتوزيع والتأثيرات الصحية للعناصر النزرة. يعد نشر هذه المخطوطة دليلاً إضافياً على أن الجيولوجيا الطبية تترسخ بقوة في القارة وأن المتخصصين في الطب الحيوي / الصحي وعلماء الجيولوجيا سيثبتون قريباً قيمتها لفنزويلا وبقية العالم.

• الاسبستوس والزلازل والفطريات

نقدم هنا ثلاثة أمثلة حديثة لدراسات الجيولوجيا الطبية التي توضح تأثيرات المعادن والعناصر النزرة على صحة الإنسان، والتي تؤكد أيضاً على الفرص المتاحة لعلماء الجيولوجيا لتقديم مساهمات إضافية لمجتمعنا في هذا المجال.

لطالما ارتبط الغبار بمشكلات صحة الإنسان. أحد الأمثلة على ذلك هو الرابط بين المرض وبعض أنواع الغبار المحتوية على الأسبستوس. أمر آخر هو





الاعتراف بأن نقل الغبار، إما داخل منطقة صغيرة أو عبر المحيط، قد يساهم في مشكلات بيئية وصحية للإنسان. على سبيل المثال، وجد جين شين من هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية وآخرون أن الغبار يمكن أن ينقل مسببات الأمراض، مثل جراثيم فطريات التربة، وينقل السموم التي ينتجها الإنسان أو الطبيعية مثل مبيدات الآفات والزرنيخ والمعادن الثقيلة والذئبق.



عاصفة غبارية تجتاح شارعاً في مدينة خرمشهر، إيران، 30 أبريل 2008. ويلاحظ كيف أن الناس يشعرون بضيق في التنفس وضبابية في الرؤية.





تقدم التطورات في التقنيات التحليلية، فضلاً عن الأبحاث متعددة التخصصات التي تربط بين علوم الأرض والعلوم البيئية والعلوم الطبية، رؤى جديدة حول الأدوار التي يؤديها الغبار في الأمراض البشرية على المستوى المحلي والعالمي.

قصة الأسبستوس توضح ليس فقط التقدم المحرز، ولكن أيضاً الأسئلة المتبقية التي لم يجر حلها. يمكن أن يسبب استنشاق الأسبستوس تليف الرئتين وكذلك سرطان الرئة وورم الظهارة المتوسطة الخبيث. جرى التعرف على هذه الآثار وغيرها من الآثار الصحية الضارة للأسبستوس ودراستها على مدى عقود.

كان الكثير من التركيز التنظيمي والمعالج الناتج في السبعينات والثمانينات من القرن الماضي على التشكل وحجم المواد الأسبستية الشائعة في التطبيقات الصناعية أو التجارية.

وهي تشمل: الكريسوتيل المعدني السرينتين، وهو الأكثر استخداماً، والأصناف الأسبستية للعديد من معادن الأمفيبول، بما في ذلك الغرونيريت، (المعروف تجارياً باسم الأموسيت)؛ والريبكيت المعروف باسم الكروسيدوليت، أو الأسبستوس الأزرق؛ والأنثوفيليت، والتريموليت، والأكتينوليت.

في الثمانينات، ساعد علماء الأرض علماء الطب على إدراك أن هناك أكثر من نوع واحد من المواد تسمى الأسبستوس، وأن مواد الأسبستوس المختلفة ليست مسببة للسرطان بشكل متساو. يعتبر أسبستوس الكريسوتيل، على سبيل المثال، عادة مسبباً بنسبة أقل للسرطان من أسبستوس الأمفيبول.

شهدت السنوات العديدة الماضية اهتماماً عاماً متجدداً بالآثار الصحية المحتملة للمعادن الأسبستية التي تحدث بشكل طبيعي كمكونات ضئيلة في





الصخور أو الرواسب المعدنية. على سبيل المثال، في عام 1999، وجهت صحيفة سياتل بوست إنتلجنسر وسائل الإعلام الوطنية والاهتمام العلمي للمشكلات الصحية المتعلقة بالأسبستوس في سكان ليبي مونت.

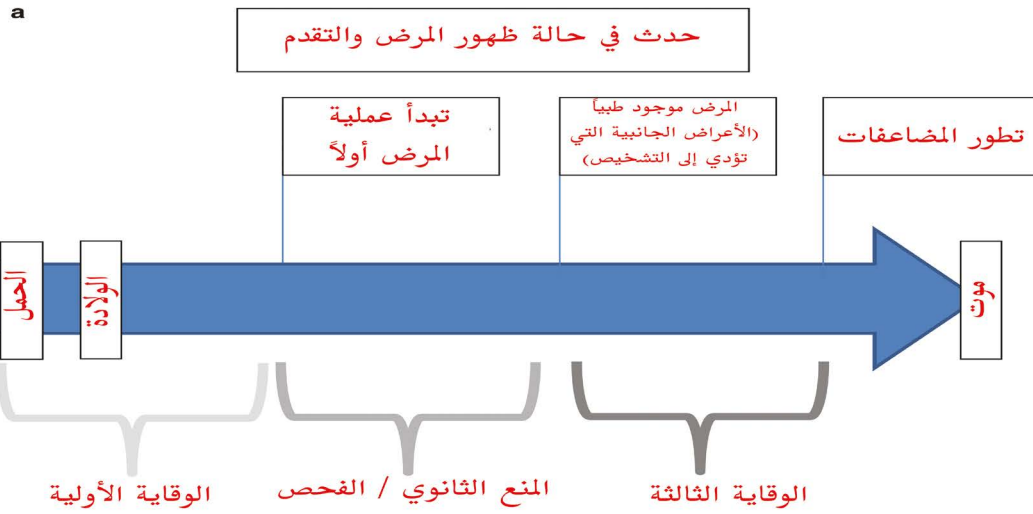
يعاني العديد من السكان من أمراض نُسبت منذ ذلك الحين إلى تعرضهم لمعادن أسبستوس الأمفيبول. نمت المعادن بشكل طبيعي مع الفيرميكوليت المستخرج ومعالجته في ليبي، وقد أُغلق المنجم منذ ذلك الحين.

تؤكد نتائج الدراسات العلمية الحديثة في ليبي على بعض الشكوك التي لا تزال قائمة بشأن الآثار الصحية للأسبستوس. على سبيل المثال، لم تفهرس الأحداث الجيولوجية لمختلف مواد الأسبستوس في جميع أنحاء العالم، ولم تقارن بالبيانات الوبائية حول حدوث المرض.

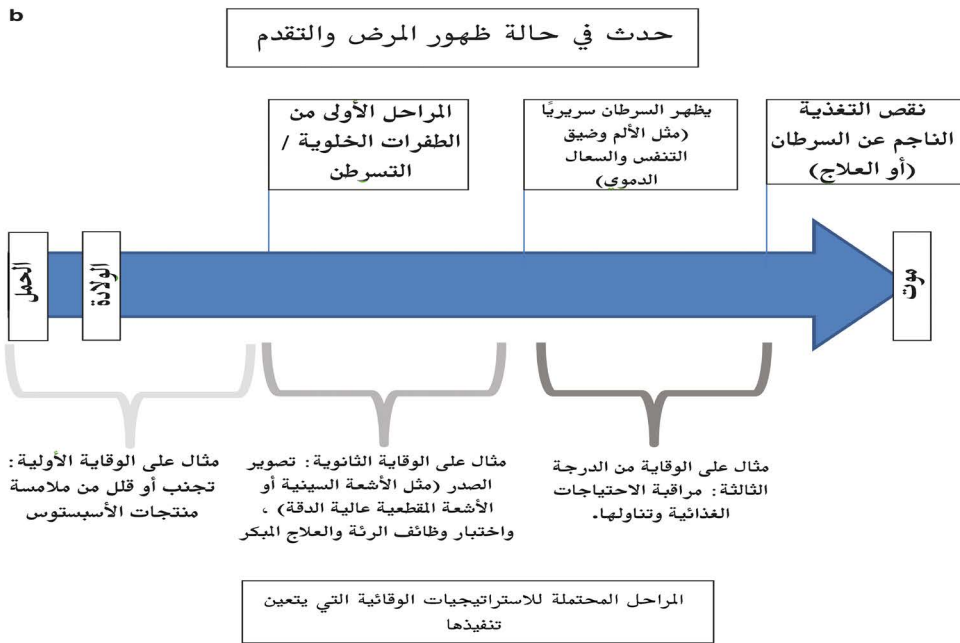




الجيولوجيا الطبية



المراحل المحتملة للاستراتيجيات الوقائية التي يتعين تنفيذها



(a) نظرة عامة على الاستراتيجيات الوقائية فيما يتعلق بتطور المرض. **(b)** توضيح للاستراتيجيات الوقائية المطبقة على السرطان الناجم عن الأسبستوس.





ومن ثم فإن احتمالية تعرض الإنسان للغبار الناتج عن هذه الأحداث عن طريق بناء الطرقات والمحاجر والتجوية الطبيعية غير مفهومة تماماً. كما أن الدور الذي تؤديه الخصائص المعدنية - التركيب المعدني، وقابلية الذوبان في سوائل الجسم، والشحنة السطحية، والشكل، والانقسام - في سمية معادن الأسبستوس الفردية غير مفهوم جيداً أيضاً.

تُظهر أمفيبولات ليبي نطاقاً واسعاً من التركيبات المعدنية - بما في ذلك الريتيريت والوينشيت - ومجموعة واسعة من القوام - بما في ذلك ألياف الأسبستوس الحقيقية والبلورات الحلقية أو شظايا الانقسام - التي لا تخضع لتنظيم الأسبستوس.

مثال آخر على الروابط بين الغبار وصحة الإنسان والبيئة هو العلاقة بين فطريات التربة والأمراض المختلفة مثل حمى الوادي والربو. على سبيل المثال، تسببت الانهيارات الأرضية وسحب الغبار الناتجة عن زلزال نورثريدج عام 1994 في تفشي داء الكروانديا، أو حمى الوادي، بين سكان وادي سيمي القريب في جنوب كاليفورنيا.

أطلق الانهيار الأرضي فطر التربة المسمى بالكروانية اللدودة *Coccidioides Immitis (C. Immitis)*، الذي يسبب حمى الوادي، إلى سحب الغبار، مما يعرض الناس للفطر. في الآونة الأخيرة عثر على الكروانية اللدودة في تجمعات ثعالب البحر قبالة الساحل الجنوبي الغربي لولاية كاليفورنيا، مما يشير إلى أن فطريات التربة لها تأثيرات بيئية ضارة واسعة النطاق.

لقد التعرف على العديد من جوانب البيئة الكروانية اللدودة، مثل حدوثها في الصحاري القاحلة في جنوب غرب أمريكا الشمالية. تساعد الأبحاث الجارية





في علوم الأرض على فهم حتى الشكوك الجيولوجية الرئيسية مثل: التفاعل بين عمليات تكوين التربة، والمناخ، والخصائص الجيوكيميائية والمواد الصخرية الأيوبية للتربة التي ينمو فيها فطر الكروانية اللدودة.

• أنت ماذا تأكل

الهيكل العظمي البشري، هيكل فريد من نوعه يحدد نوعنا، له وظيفتان. إنه الدعم الهيكلي للعضلات الذي يسمح لنا بالوقوف والحركة. يوجد أكثر من 200 عظمة ذات شكل مميز عبارة عن مخزن يعكس وجباتنا الغذائية. يعالج الجسم العناصر الموجودة في طعامنا وشرابنا ويطرسب جزء منه في أنسجة عظامنا. يسجل الهيكل العظمي البيئة التي يتكون فيها.

هيدروكسيلاپاتيت **Hydroxylapatite** ذي الصيغة $Ca_5(PO_4)_3(OH)$ هو المركب الموجود في العظام. إنه عامل التقوية الرئيسي لهذه الأنسجة البيولوجية الفريدة، وبسبب تركيبته البلورية المميزة، يعمل كمخزن لمجموعة من العناصر التي تحدث بشكل طبيعي.

يتطلب تكوين معدن الأباتيت ذي الحبيبات الدقيقة إمدادات كافية من الكالسيوم والفوسفور، والتي يمكن الحصول عليها بسهولة من نظام غذائي عادي ويجري استقلابه بوساطة خلايا متخصصة تعمل باستمرار على تجديد أنسجة العظام للحفاظ على هياكلنا العظمية ممدنة بالكامل. أظهرت الأبحاث أن كلاً من النظام الغذائي الكافي والتمارين الرياضية مطلوبان لهيكل عظمي قادر على البقاء.





إن التركيز الحالي على هشاشة العظام، وهو انحطاط العظام المرتبط عادةً بالأشخاص الأكبر سناً والأقل نشاطاً، أدى بالناس إلى تناول الطعام والشراب الذي يحوي على الكالسيوم وفيتامين D، وهو الفيتامين الذي يحتاجه الجسم لامتصاص الكالسيوم بالشكل المناسب. في الواقع، يمكن للعديد من الكاتيونات الأخرى أن تحل محل الكالسيوم داخل التركيب البلوري لهيدروكسيلاباتيت. هذه الحقيقة لها آثار صحية مثيرة للاهتمام.

المغنيزيوم هو أحد البدائل الممكنة للكالسيوم. عادة ما تكون نسبة المغنيزيوم في المعادن الحيوية الأباتيتية أقل من واحد في المائة، وهي كمية مماثلة لتلك الموجودة في الأباتيت في تفاعلات الصخور الأخرى. لكن متطلباتنا الغذائية من المغنيزيوم كبيرة لأنه عنصر أساسي وعامل مساعد في العديد من العمليات الأيضية إلى جانب بناء العظام وصيانتها.

يتواجد المغنيزيوم في مركب العظام بكميات صغيرة. ولكن نظراً لأنه يمتص ويعاد ترسيبه باستمرار في أنسجة العظام، يمكن توفير المغنيزيوم لعمليات التمثيل الغذائي الأخرى. قد تصبح العظام مصدر للمغنيسيوم مهمة عندما تكون مستويات ابتلاع العنصر غير كافية.

السترونشيوم هو بديل آخر للكالسيوم. عندما تكون تركيزات السترونشيوم في الطبيعة عالية، تتشكل معادن الأباتيت المنفصلة - مثل السترونشيوم - الأباتيت. مع أنه ليس عنصراً أساسياً لصحة الإنسان، إلا أن السترونشيوم موجود دائماً بكميات ضئيلة، أجزاء قليلة في المليون، في معادن العظام.

لقد أثارت إمكانية أن يحل السترونشيوم محل جزء من الكالسيوم في بيو أباتيت جديلاً وطنياً أثناء اختبار القنبلة النووية في نيو مكسيكو في الخمسينات.





فقد كان الآباء قلقين من أن السترونشيوم -90 الناتج عن السقط الذري، يتبع مسار الكالسيوم نفسه، وسيكون في الحليب الذي يبتلعه أطفالهم، ويطرسب في عظامهم، ويسبب سرطان العظام. حددت كمية العنصر المشع في ذلك الوقت لتكون صغيرة جداً، كانت أقل من 11 بيكوكوري لكل غرام من الكالسيوم في عينات الحليب المأخوذة من جميع أنحاء البلاد.

تؤدي عوامل التمييز البيولوجي دوراً مهماً في نقل السترونشيوم. إن امتصاص الكالسيوم أكبر بسبع مرات من امتصاص السترونشيوم في الانتقال من النباتات إلى الأبقار، وثلاثة أضعاف أخرى بين السوائل وترسيب الأنسجة المعدنية. إن الكميات الصغيرة من السترونشيوم -90 الموجودة في الحليب والتي يمكن أن تترسب في عظام الأطفال سوف يغمرها التقسيم التفضيلي للكالسيوم في بيو أباتيت.

الفلور هو أحد العناصر التي بحثت بدقة والتي يمكن أن تدخل في تركيب الأباتيت. تحوي المعادن الحيوية المتكونة في وجود الفلور دائماً على أثر للعنصر. تحوي بعض المناطق على تركيزات تصل إلى 14 جزءاً في المليون من الفلور في مياهها، وقد تبين أن هذه التركيزات العالية للمياه في العقود الأولى من القرن العشرين مسؤولة عن الأسنان المرقطة.

ومع ذلك، في واحدة من أكثر الروابط المباشرة بين الجيولوجيا والصحة، تم التحكم في الدراسات التي تظهر أن إضافة جزء واحد في المليون من الفلور إلى المياه المنزلية يمكن في الواقع تحسين صحة الأسنان للأطفال عن طريق الحد من تسوس الأسنان.





القول المأثور «أنت ما تأكله» هو الأنسب. تشمل المتطلبات الغذائية للإنسان الكالسيوم والفوسفور والمغنيزيوم والفلور إذا كنا نرغب في الحفاظ على نظام أسنان صحي. تأتي جميع العناصر الغذائية من صخور الأرض ومعادنها، وهي مخزون الجيولوجيين. إن إنشاء مشروعات متعددة التخصصات بين الجيولوجيين والباحثين الطبيين يمكن أن يفيد الجيولوجيين شخصياً ومهنياً، ويمكن أن يؤدي إلى تحسينات في الصحة العالمية.

• من الفحم إلى الفلفل الحار

يعد التعرض لمستويات سامة من العناصر النزرة أحد الأشكال الشائعة لمشكلات الصحة البيئية. يعاني ملايين الأشخاص في جميع أنحاء العالم من مشكلات صحية بسبب تعرضهم للزرنينخ والرصاص والفلور والزنثيق واليورانيوم، إلخ.

تصدرت أخبار الدمار الناجم عن زيادة الزرنينخ في مياه الشرب في بنغلاديش وغرب البنغال الهند وأماكن أخرى. ما يقدر بنحو 25 إلى 75 مليون شخص معرضون لخطر الإصابة بالزرنينخ في تلك المنطقة.

في مقاطعة قويتشو بالصين، يجبر طقس الخريف البارد الرطب القرويين على تجفيف محاصيلهم من الفلفل الحار والذرة في الداخل. كانوا يعلقون الفلفل فوق مواقد غير مزودة بفتحات تهوية، حتى منتصف القرن الماضي، كانت تغذيها الأخشاب.

بسبب تدمير الغابات، صار الخشب حالياً نادراً لذا لجأ القرويون إلى النتوءات الوفيرة للفحم للتدفئة والطهي وتجفيف محاصيلهم. لكن محاليل





التمعدن في هذه المنطقة تسببت في ترسيب تركيزات هائلة من الزرنيخ - تصل إلى 35000 جزء في المليون - والعناصر النزرة الأخرى في هذا الفحم.

يُعد الفلفل الحار المجفف فوق هذه الأنواع من الفحم الغني بالزرنيخ عنصراً رئيسياً في النظام الغذائي للقرويين، وللأسف، مصدرهم الرئيسي للزرنيخ. يعاني الآلاف من القرويين حالياً من التسمم بالزرنيخ ويظهرون أعراضاً نموذجية، بما في ذلك فرط التصبغ (مظهر متوهج، نمش)، وفرط التقرن (آفات متقشرة على الجلد، تتركز بشكل عام على اليدين والقدمين)، ومرض بوين (غامق، قرني، سرطاني سابق، آفات الجلد)، وسرطان الخلايا الحرشفية.

في المنطقة نفسها، المشكلات الصحية التي يسببها الفلور المتطاير أثناء استخدام الفحم المحلي هي أكثر شمولاً بكثير من تلك التي يسببها الزرنيخ. يعاني أكثر من 10 ملايين شخص في قويتشو والمناطق المحيطة بها من أشكال مختلفة من التسمم بالفلور.

تشمل الأعراض النموذجية للتسمم بالفلور تسمم الأسنان بالفلور، أو تبقع مينا الأسنان، وأشكال مختلفة من تسمم الهيكل العظمي بالفلور، بما في ذلك، تصلب العظام، وحركة المفاصل المحدودة، والمظاهر الخارجية مثل تقوس الركبتين، وتقوس الساقين وانحناء العمود الفقري. يمكن أن يؤدي التسمم بالفلور المقترن بنقص التغذية لدى الأطفال إلى تشوه شديد في العظام.

في قويتشو، يتعاقد كل من التسمم بالفلور والزرنيخ من تناول الأطعمة المجففة على مواقع حرق الفحم. في عام 1989، أوضح الباحثون أن امتزاز الفلور بوساطة الذرة المجففة فوق أفران غير محترقة تحرق الفحم الغني بالفلور (أكثر من 200 جزء في المليون) هو السبب المحتمل لتسمم الأسنان والهيكل العظمي الواسع في جنوب غرب الصين.





تتفاقم المشكلة من خلال استخدام الطين كمادة رابطة لصنع قوالب. الطين المستخدم عبارة عن بقايا تكونت عن طريق الترشيح المكثف لركيزة من الحجر الجيري التي أوجدت التضاريس الكارستية للمنطقة. تحوي البقايا على متوسط تركيز فلور يصل إلى 903 أجزاء في المليون.

يساعد علماء الجيولوجيا الأمريكيون والصينيون في تقليل تعرض القرويين للزرنିخ والفلور من خلال رسم خرائط التوزيع الرأسي والجانبى للعناصر في الفحم المعدني؛ تطوير نماذج للتنبؤ بحدوث الفحم المعدن؛ دراسة سلوك الاحتراق لمختلف أشكال الزرنیخ والفلور في الفحم؛ والمساعدة في تطوير مجموعات اختبار ميدانية بسيطة وغير مكلفة لتحديد التركيزات في الفحم بسرعة. يوضح الوضع في قويتشو الفرص العديدة لمجتمع علوم الأرض للعمل كفريق مع علماء الطب والمساعدة في تخفيف المعاناة البشرية.

تقدم الجيولوجيا الطبية، وهي تخصص معترف به منذ فترة طويلة ولكن ربما لم يجر استغلالها بشكل كاف، لمجتمع علوم الأرض فرصاً هائلة للعمل التعاوني مع مجتمعات الأبحاث الطبية الحيوية والبيئية. مثل هذا التعاون لديه إمكانات كبيرة للمساعدة في فهم وتخفيف وربما القضاء على مشكلات الصحة البيئية التي ابتلي بها البشر لآلاف السنين.





• سرطان المثانة البولية ومناجم الفحم

سرطان المثانة البولية لدى عمال مناجم الفحم هو حالياً مرض قيد المناقشة. وقد قدم الباحثون تقرير عن دراسة أجريت مؤخراً على 196 حالة من حالات سرطان المثانة (80% من الذكور) من دورتموند، وهي مركز سابق لصناعة تعدين الفحم الصلب تحت الأرض في ألمانيا.

فقد قيم ما مجموعه 235 عنصر تحكم (77% من الذكور)، يعانون من أمراض المسالك البولية الحميدة ولكن بدون تاريخ من الأورام الخبيثة، من خلال استبيان من يوليو 2009 إلى ديسمبر 2010.

من العينة، كان هناك عشرون حالة من حالات سرطان المثانة (10%) و 8 حالات تحكم (3%) لديهم تاريخ مهني في تعدين الفحم الصلب (3.22، 95% CI 1.39 - 7.49؛ تعدين الفحم البني: حالتان، لا تحكم).

خلال أواخر الأربعينات والخمسينات من القرن الماضي، كان متوسط عمر العمل لعمال مناجم الفحم الصلب أقل من 20 عاماً.

تتوافق هذه النتائج مع دراسة سابقة أجريت في هذا المجال على 412 مريضاً بسرطان المثانة من الذكور و414 شخصاً مصاباً بتضخم البروستاتا الحميد الذي فحص من عامي 1984 إلى عام 1988. قدمت الدراسة نسبة رجحان معدلة للتدخين لسرطان المثانة تبلغ 2.54 (95% CI 1.64 - 3.93).

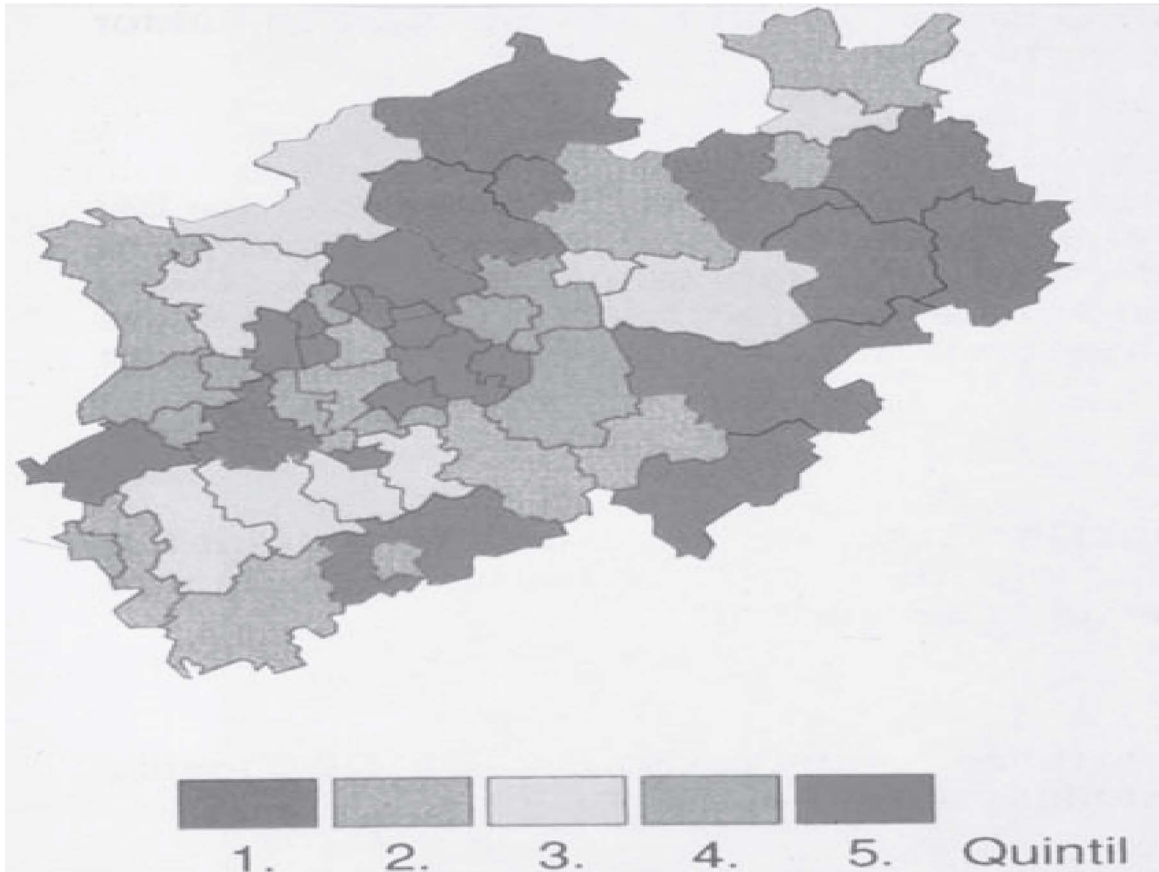
لم يعثر على الأمينات العطرية لأي من مكونات الفحم الصلب. علاوة على ذلك، فإن حالة أنزيم *N-acetyltransferase 2* البطيئة، والتي ترتبط بزيادة خطر الإصابة بسرطان المثانة لدى الأشخاص الذين تعرضوا سابقاً للأمينات





العطرية، كانت طبيعية في عمال مناجم الفحم الصلب المصابين بسرطان المثانة في دراستين في منطقة دورتموند.

تشير نتائج الدراسات في منطقة دورتموند إلى أن زيادة خطر الإصابة بسرطان المثانة لدى عمال مناجم الفحم الصلب تحت الأرض لم يكن ناتجاً عن التعرض للأمينات العطرية المسببة لسرطان.



قُسمت معدلات الوفيات الناجمة عن سرطان المثانة إلى شرائح خمسية للرجال في ولاية شمال الراين وستفاليا الفيدرالية الألمانية في الأعوام 1981-1990.





• المسعفون كجيولوجيين

بالنظر إلى صرامة التعليم الطبي الحديث وتعقيد تحقيق التوازن بين المعرفة النظرية والتدريب السريري والكفاءة المطلوبة لممارسة الطب، من الصعب تصديق أنه منذ نحو 200 عام كان بإمكان المرء ممارسة الطب دون الالتحاق بكلية الطب.

يمكن للشخص المتعلم الذي يتمتع بفهم أساسي لمواد العلاج الطبيعية، مثل النباتات والمعادن، أن يصير طبيباً. في الواقع، كان الأطباء في أوروبا حتى أواخر القرن الثامن عشر «رجالاً متعلمين» اكتسبوا مهارات عملية فعالة لممارسة الطب.

• المواد والعمليات الجيولوجية

تؤثر العناصر والمركبات الكيميائية المشتقة من المواد والعمليات الجيولوجية على جودة المياه وتوافر العناصر الكيميائية الرئيسية والثانوية (المغذيات) في التربة لدعم حياة النبات والزراعة المستدامة.

تعمل العمليات الجيولوجية الخطرة، مثل الفيضانات والانهيارات الأرضية والزلازل والأنشطة البركانية على تعبئة العناصر والمركبات الكيميائية في البيئة التي يمكن أن تنتج تأثيرات مفيدة وضارة على جميع أشكال الحياة. بعبارة أخرى، تؤدي الجيولوجيا دوراً رئيسياً في صحة ورفاهية البشر والنباتات والحيوانات.





جميع العناصر الكيميائية التي تحدث بشكل طبيعي مشتقة من الصخور. تسمى الطبقة العليا من الأرض بالقشرة، وهي طبقة رقيقة نسبياً (5-40 كم) من الصخور الصلبة والهشة المعرضة للغلاف الجوي.

اعتماداً على الموقع على سطح الأرض والمناخ، تتعرض صخور القشرة بشكل مستمر لسلسلة من التفاعلات الفيزيائية والكيميائية والبيوكيميائية المعقدة تسمى التجوية. ينتج عن هذا التفاعل تكسير الصخور إلى حبيبات معدنية منفصلة، وما يصاحب ذلك من إطلاق عناصر ومركبات مختلفة في البيئة.

تحمل العمليات الجيولوجية التي تتضمن عمل الرياح والمياه والجليد العناصر والمركبات المنبعثة أثناء عملية التجوية من موقع إلى آخر. تؤدي عمليات التعرية والنقل والترسيب إلى تراكم المواد الجيولوجية في موقع جديد.

كما أنه ينتج عنه زيادة أو نقص في العناصر والمركبات الكيميائية في مواقع مختلفة على الأرض، وكلاهما مهم من منظور صحي.

يمكن للعمليات الجيولوجية الأخرى واسعة النطاق، مثل الانفجارات البركانية، إطلاق كميات هائلة من المواد الصلبة الضارة والأحماض السامة والغازات والهباء الجوي في الغلاف الجوي دون أي تحذير، مما يعرض الناس لمواد خطيرة ومميتة في كثير من الأحيان.

يُقدّر أن بركان لاكي في آيسلندا، الذي اندلع بشكل متقطع لمدة 8 أشهر بين يونيو 1783 وفبراير 1784، قد أدخل 120 طناً مترياً من ثاني أكسيد الكبريت، و15.1 طناً مترياً من حمض الهيدروفلوريك، و6.8 طن متري من حمض الهيدروكلوريك في الغلاف الجوي.





انبعاثات الغازات البركانية.

تسببت هذه المواد الحمضية في دمار واسع النطاق، بما في ذلك 10000 حالة وفاة ناجمة عن 'مراجعة الضباب' الناجمة عن الوجود المستمر للأحماض السامة التي تسببت في أضرار واسعة النطاق للمحاصيل، وخسائر فادحة في الماشية، مما أدى إلى القضاء على 50% من جميع مواشي وخيول الجزيرة، و 80% من الضأن.

وبالمثل، أطلق ثوران بركان جبل بيناتوبو في الفلبين في يونيو 1991، 20 مليون طن متري من ثاني أكسيد الكبريت، و 80000 طن متري من الزنك، و 600000 طن متري من النحاس، و 55000 طن متري من الكروم، و 100000 طن متري من الرصاص، و 30000 طن متري من النيكل، و 10000 طن متري من الزرنيخ و 1000 طن متري من الكاديوم، و 800 طن متري من الزئبق. بعض هذه المعادن الثقيلة





والغازات شديدة السمية وقادرة على التسبب في مشكلات صحية خطيرة، بما في ذلك السرطان.

ينقل دوران **الستراتوسفير العالمي**، المعروف باسم «التيار النفاث» **Jet Stream**، كميات كبيرة من جزيئات الغبار، التي غالباً ما تحوي على مسببات الأمراض، على بعد آلاف الكيلومترات عبر القارات والمحيطات، مما يعرض السكان البعيدين لمواد ضارة وسامة.

تؤدي الزلازل القوية التي تبلغ قوتها **5.0** درجات أو أكثر على مقياس ريختر إلى انهيار المباني والهياكل، مما ينتج عنه مواد تشبه الغبار الناعم المحملة بمجموعة متنوعة من المواد الضارة. ويمكن أن تبقى الجسيمات الدقيقة معلقة في الهواء لفترة طويلة من الوقت لتدخل في الكائنات الحية، بما في ذلك البشر، من خلال الاستنشاق و / أو الابتلاع. وقد أبلغ عن حالات الإصابات الجسدية والوفيات المرتبطة بالزلازل على نطاق واسع، ولكن المشكلات الصحية ناجمة أيضاً عن استنشاق الغبار.

مثال مثير للاهتمام هو ارتفاع معدل الإصابة بداء الكروانيديا (أو حمى الوادي) بعد زلزال 17 يناير 1994، **6.7** درجات في نورثريدج في جنوب كاليفورنيا. تسببت الصدمات الكبرى والصدمات اللاحقة في حدوث أكثر من **11000** انهيار أرضي دمر التربة وتسبب في اخراج الفطريات وتعلقها بالغبار الناعم.

تسببت الرياح الشمالية الغربية السائدة في تشتيت سحب كبيرة من الغبار إلى الوديان القريبة. أدى استنشاق الغبار الذي يحمل أبواغ فطر الكروانية اللدودة وفطر الكروانية البوساداسية **C. posadasii** إلى ارتفاع معدل الإصابة بالفطريات الكروانية في وادي سيمي في مقاطعة **فينتورا**. بين 24 يناير و15 مارس 1994، أبلغ عن **203** حالات تفشي داء الكروانيديا، بما في ذلك ثلاث حالات وفاة، في المنطقة.



• الصخور والمعادن

لقد استخدمت المواد الجيولوجية، وخاصة المعادن، لأغراض علاجية منذ آلاف السنين في مختلف الثقافات. كان العلاج بالحرارة يمارس حتى القرن السادس عشر، ولكن جرى التخلص منه تدريجياً عند تبني نهج أكثر تجريبية، في أعقاب ثورة **باراسيلسوس**، في علم الأدوية. إذ اعتقد **باراسيلسوس** (1493-1541)، على عكس **جالينوس**، أن ثلاثة أنواع من الأخلاط: الملح والكبريت والزئبق، بنسب صحيحة، ضرورية للصحة، وفصل روح الدعابة عن الآخرين تسبب المرض.

على النقيض من ذلك، اعتقد **جالينوس** أن الصحة الجيدة نتجت ما دامت الأخلاط الأربعة في الجسم: الدم، والبلغم، والأسود، والصفراء، تبقى في حالة توازن، وزيادة واحدة على الأخرى تؤدي إلى المرض.

من بين المعادن، استخدم الزرنيخ والنحاس والذهب والزئبق والشظية بشكل شائع لعلاج الأمراض المختلفة. وعلى الرغم من طبيعتها السامة، فإن الزرنيخ والنحاس والزئبق في التركيبة الصحيحة مع الأعشاب والمواد الأخرى وجدت العديد من التطبيقات في الممارسات الطبية القديمة.

كان الذهب يستخدم على نطاق واسع في الطب العربي، واستخدم ابن سينا برادة الذهب لعلاج رائحة الفم الكريهة، وتساقط الشعر، والاكْتئاب، وصحة القلب، وكى الجروح.

في أوروبا، استخدم لعلاج الإغماء، والإرهاق، وغيرها من المشكلات. واحدة من التركيبات الشعبية اسمها (ذهب صالح للشرب) (**Aurum potabile**) وهو معلق





رائع من الذهب، ممزوج بمكونات أخرى في سائل مناسب للشرب، استخدم لعلاج الشلل وأمراض القلب.

استخدم الخفان، باعتباره مادة دوائية-جيولوجية، في الطب العربي القديم، والصيني، واليوناني، والغربي كمادة كاشطة طبية، ومعجون الأسنان، وعامل إزالة الشعر، وللكي.

بعض المعادن مثل الشب، والطين، والبوراكس، والرخام، وصدف (عرق اللؤلؤ، أراجونيت، كربونات الكالسيوم)، واللازورد، والجير، والماركزيت، والأوربيمات، والملح الشائع، والكبريت، والزاج (كبريتات مختلفة، على سبيل المثال، الزجاج الأحمر، والزجاج الأبيض، والزجاج الأزرق) استمر استخدامه في التركيبات الطبية بنجاح كبير.

تستخدم بعض المواد الجيولوجية الطبيعية حتى الوقت الحالي في العديد من منتجات الرعاية الصحية. في الآونة الأخيرة، استخدم معجون زيوليت كوبي مجفف، يسمى ديتوكسان **Detoxsan**، بشكل فعال لعلاج الأمراض الجلدية مثل الفطور.

أحد الاستخدامات المثيرة للاهتمام للمواد الجيولوجية هو استخدام الأحجار الكريمة المسحوقة الممزوجة بالأعشاب والمنتجات الحيوانية، مثل المرجان والعاج والمسك واللؤلؤ على شكل معجون، للتطبيق الفموي أو الموضعي لعلاج مجموعة متنوعة من المشكلات الصحية.

كما كان العنبر والعقيق الأبيض والزمرد والعقيق والياقوت من الأحجار الكريمة الشائعة التي استخدمت لعلاج الأعراض التي تتراوح من الكوابيس إلى أمراض النساء والجهاز الهضمي وحتى الطاعون. اقتصرت التكلفة العالية





للأحجار الكريمة على الملوك والأثرياء. بعد التمتع بشعبية لمدة 400 عام، وقد جرى التخلي عن هذه الممارسة في أوائل القرن الثامن عشر.

لقد استخدم الطين في العلاج لأكثر من 2000 عام، ويستخدم في منتجات الرعاية الصحية حتى اليوم. حيث استخدمت طينة **Terra Sigillata** أو (الأرض المختومة)، من الجزر اليونانية ومالطا وفلسطين وأرمينيا وتركيا وأوروبا الوسطى لعلاج العديد من الأمراض، لا سيما التسمم. حيث جرى استخدامها على نطاق واسع من القرن الثالث عشر إلى القرن السادس عشر، وقد ورد ذكرها في جميع الكتب الطبية حتى القرن الثامن عشر. اعتبرت فوائدها الطبية المزعومة مرتبطة بالإيمان في الخرافات.

ومع ذلك، فقد أظهرت الدراسات الحديثة أن القدرة العالية على التبادل الكاتيوني لبعض معادن الطين، مثل المونتموريلونيت، المعروف بوجود أيونات المعادن الثقيلة السامة الضارة (على سبيل المثال الزرنيخ والزنابق)، قد تكون مسؤولة عن استخدام عينات غنية بالمونتموريلونيت من (الأرض المختومة) كمضاد للتسمم.

يمكن أيضاً أن يفسر الامتصاص العالي للجزيئات السامة بواسطة الكاولين والمعادن الطينية الأخرى استخدام بعض أنواع (الأرض المختومة) لتكون علاج فعال لمشكلات الجهاز الهضمي، وخاصة التهاب المعدة والأمعاء.

أكل التراب، المعروف أيضاً باسم جيوفاجي **Geophagy**، هو ابتلاع متعمد للمواد الترابية. أما بيكا **Pica** (أي شهوة أكل الأجسام الغريبة) هو مصطلح طبي يستخدم لوصف الرغبة الشديدة في تناول المواد غير الغذائية واستهلاكها، مثل التربة والطين والنشا الخام (**Amylophagy**) والثلج (**Papophagy**).





لقد أبلغ عن أكل التربة منذ نحو 2500 عام من قبل أبقرراط ويمارس في العديد من البلدان حتى الوقت الحالي، ولكنه أكثر شيوعاً في البلدان الاستوائية الدافئة. دراسة أجريت عام 2011 بتحليل حالات أكل التربة في بلدان مختلفة ووجد أن:

1. في بلدان شرق إفريقيا (تنزانيا وكينيا وملاوي وأوغندا) أفاد ما بين 30% و60% من النساء الحوامل أنهن يأكلن التربة.

2. في بلد بارد مثل الدنمارك، أبلغت 0.01% من النساء الحوامل أنهن يأكلن التربة.

3. في الولايات المتحدة، أفاد ما بين 20% و40% من النساء الحوامل ذوات الدخل المنخفض في جنوب ولاية ميسيسيبي عن شغفهم للأتربة أو الجليد أو النشا أو الرماد.

تم اقتراح فرضيات مختلفة لشرح فعالية أكل التربة. إحدى الفرضيات الأكثر منطقية هي الحماية التي يوفرها الطين المبتلع ضد العوامل المعدية من خلال تكوين طبقة واقية تحمي المعدة من الطفيليات ومسببات الأمراض والمواد السامة.

وفقاً للباحثين، فإن أكل التربة هو الأكثر شيوعاً من قبل النساء في المراحل المبكرة من الحمل والأطفال قبل سن المراهقة الأكثر حساسية للطفيليات ومسببات الأمراض. في عام 2017 قام الباحثون بالتحقيق في الأنشطة المضادة للبكتيريا لطين طمي من الأمازون في كولومبيا. وخلصوا إلى أن سمية الألمنيوم تؤدي دوراً مركزياً في التأثير المضاد للبكتيريا للطين عن طريق إتلاف غشاء الخلية، مما يجعلها أكثر نفاذية للنقل داخل الخلايا للمعادن السامة التي تقتل مسببات الأمراض.





• أكل التربة عند الحيوانات

يعتبر الابتلاع العرضي أو اللاإرادي للتربة أمراً شائعاً في كل من الحيوانات الأليفة والبرية. حيوانات الرعي تبتلع التربة الملتصقة بالنباتات أو مباشرة من سطح الأرض.

لوحظ أكل التربة في الفقاريات من الحيوانات العاشبة في الزواحف (الإغوانا، السلحفاة الصندوقية، السلحفاة)؛ والطيور (النعامة، الأوز، النسر، الحمام، البيغاء، الزرزور، العصفور، الكناري، والطيور الأخرى)؛ والثدييات (الأرنب، السنجاب، الفيل، الحصان، الحمار، الحمار الوحشي، وحيد القرن الأسود، الجمل، الوعل، الغزلان، السامبار، الزرافة، الظباء، الأغنام، الماعز، الجاموس، الثور، البابون، اللانغور، الشمبانزي، الغوريلا، إلخ).

من بين غير الفقاريات، تتغذى الفراشات ومتساويات الأقدام (هي رتبة من القشريات) أيضاً على التربة. ولم يبلغ عن أكل التربة في الحيوانات آكلة اللحوم.





مجموعة طيور ببغاء ماكاو حمراء وخضراء تتغذى في موقع لعق للتراب لتأخذ حاجتها من العناصر المفقودة في نظامها الغذائي، حديقة مانو الوطنية، بيرو.

إن ابتلاع الحيوانات للتربة أمر انتقائي من حيث الموقع ونوع التربة؛ ومواقع محددة تسمى اللعق **Lick**. يتراوح حجم اللعق من الخدوش الصغيرة إلى الكبيرة جداً، من 2000 إلى 55000 متر مربع، مع حفر وكهوف من قبل الأفيال باستخدام أنيابها وجذوعها وأرجلها الأمامية. تتميز التربة العسرة بمحتوى عالٍ من جزيئات الحجم الطيني، وملوحة عالية، ونسبة عالية من كربونات الكالسيوم مع أو بدون كربونات المغنيزيوم.





قام باحثون في عام 2011 في محمية وايلدكليف Wildcliff الطبيعية في جنوب إفريقيا. بمراقبة نمط استهلاك التربة بشكل مستمر لمدة 18 شهراً، لوحظ بعدها أن إناث قرود البابون الحامل تستهلك تربة أكثر من الإناث غير الحوامل أو الذكور أو الأحداث. حيث إن الجميع كان يفضل الطين الغريني القلوي (pH 9.4-9.8) بتركيز عالٍ من (Na 500-1140 جزء في المليون) وحديد منخفض (1.1-6.17 جزء في المليون)، وتربة فوق حمضية (pH 4.6).

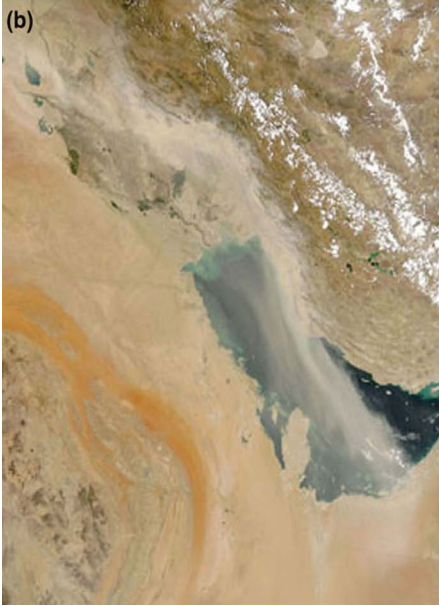
كان المحتوى المعدني للتربة المستهلكة (بترتيب تنازلي) الكوارتز، الإيلايت، الكاولينيت، الجبسيات، الباراجونيت، السديريت، الهاليت، والمغنيسيت، مع بعض السمكتايت. وأكدت الدراسة أن استهلاك التربة يوفر الحماية لقرود البابون من أمراض الجهاز الهضمي ومن السموم الغذائية ومسببات الأمراض.

• الغبار وتلوث الهواء

الهباء الجوي عبارة عن معلقة صلبة ذات حجم مجهري، أو قطرات صغيرة من السائل، أو الغاز في الهواء. الغبار الجوي يشتمل على حبيبات معدنية ومواد عضوية وغير عضوية ومسببات الأمراض، تحبس وتنتشر بسهولة عن طريق تدفقات الهواء السائدة.

ومن المعروف أن حالات التعليق هذه تنتقل عبر القارات. عند الهطول، يمكن أن تسبب المواد الضارة مجموعة متنوعة من المشكلات الصحية، تهيمن عليها أمراض الجهاز التنفسي.





رزحت مدينة بغداد في 8 أغسطس 2005، تحت سحابة من الغبار الخانق الذي بقي يغطي المنطقة حتى اليوم اللاحق. وقد أدى انخفاض الرؤية إلى إبطاء حركة المرور إلى الزحف بين أولئك الذين عقدوا العزم على مواجهة العاصفة بينما بقي العديد من الناس في منازلهم. ونقل عن عدد من العراقيين قولهم إن هذه العاصفة الترابية هي الأسوأ منذ سنوات.

تؤدي المواد المعلقة أيضاً إلى إضعاف جودة الهواء، ويتجلى ذلك في ضعف الرؤية والضباب. إلى جانب زيادة تكلفة الرعاية الصحية، يؤدي تلوث الهواء والغبار أيضاً إلى خسائر اقتصادية فادحة من انخفاض الإنتاجية الزراعية، وفقدان موارد مصائد الأسماك في المسطحات المائية الملوثة بالغبار، وارتفاع التكلفة المتكررة لصيانة الطرق السريعة، وتعطيل خدمات نقل الركاب والنقل الجوي.





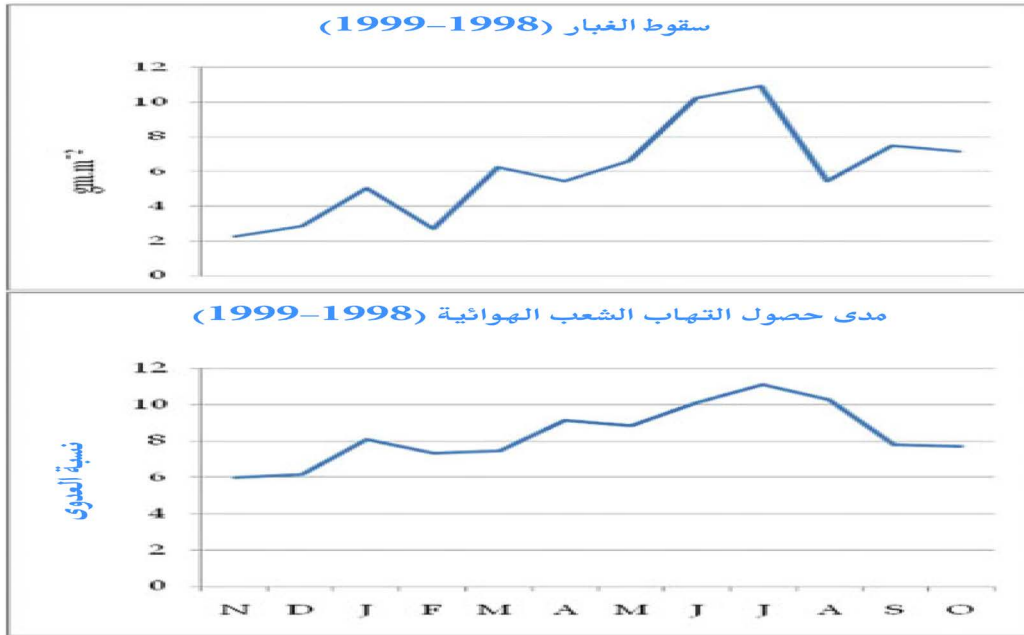
يؤثر استنشاق الهباء الجوي على ملايين الأشخاص في منطقة خطوط العرض القاحلة الوسطى بين البحر الأصفر والبحر الأبيض المتوسط. تتضمن بعض الأمراض الشائعة المرتبطة باستنشاق الهباء الجوي ما يأتي: التهاب الرئة وتليف الرئتين والسل.

من المعروف أن عمال المناجم وغيرهم من عمال البناء، الذين يعملون لفترات طويلة مع حماية محدودة أو بدون حماية، يصابون بالسحار السيليسي وورم الظهارة المتوسطة بسبب استنشاق غبار السيليكات وألياف الأسبستوس لفترات طويلة.

تتحرك كميات ضخمة من غبار الصحراء، تقدر بنحو 5.0 بليون طن، عبر الغلاف الجوي كل عام. أكبر الصحاري على هذا الكوكب، والتي تشمل صحراء شمال إفريقيا؛ وصحراء جوبي وتكلاماكان وبادن جاران في الصين، هي المصادر الرئيسية للتربة الصحراوية المعبأة التي تتحرك مسافات كبيرة عبر الغلاف الجوي كل عام في جميع أنحاء العالم.

كما أن أنشطة العواصف الترابية شائعة أيضاً في المناطق القاحلة في جنوب غرب الولايات المتحدة وأمريكا الوسطى وأمريكا الجنوبية وأستراليا الوسطى وجنوب إفريقيا والشرق الأوسط.





مقارنة بين متوسط الوزن الشهري عند تساقط الغبار وعدد الإصابات خلال الفترة 1999-1998.

يمكن أن تصل العواصف الترابية المنبعثة من منطقة الساحل في إفريقيا إلى منطقة البحر الكاريبي والأمريكيتين في غضون 3-5 أيام. يمكن أن تستغرق العواصف الترابية الآسيوية من 7 إلى 9 أيام لعبور المحيط الهادئ. تحدث العواصف الترابية في شمال إفريقيا على مدار العام، لكن نشاط العواصف الترابية في صحاري آسيا هو الغالبة الموسمية التي تحدث خلال الفترة من فبراير إلى مايو.

يعتبر الاستنشاق والابتلاع من المسارات الشائعة لدخول الهباء الجوي إلى جسم الإنسان. يزداد عدد الجسيمات متناهية الصغر (>100 نانومتر) التي تتراكم في الرئتين مع انخفاض حجم الجسيمات.





يعتبر كبار السن والأطفال الصغار والأفراد المصابون بأمراض القلب والرئة المزمنة أكثر شرائح السكان عرضة للخطر. وقد عثر مؤخراً على زيادة استنشاق المواد الجسيمية لزيادة عدوى الأذن لدى الأطفال.

التهاب الأذن الوسطى الحاد هو أحد أكثر التهابات الأذن شيوعاً التي تصيب الأطفال في سن ما قبل المدرسة في الولايات المتحدة وتتراوح تكلفته بين 3 و 5 بلايين دولار سنوياً.

يمكن أيضاً للجسيمات الدقيقة، التي يبلغ حجمها أقل من 2.5 ميكرومتر، أن تخترق عمق الرئة لتسبب مجموعة متنوعة من الأمراض المعدية المرتبطة بالغبار بما في ذلك الأنفلونزا A، وداء الكروانيديا الرئوي، والالتهاب الرئوي الجرثومي، والتهاب السحايا بالمكورات السحائية. ترتبط الأمراض غير المعدية ومرض الانسداد الرئوي المزمن (COPD) والربو والساركويد والتليف الرئوي أيضاً بالمواد الجسيمية والنتروجين وملوثات الهواء الأخرى.

المواد الدقيقة التي يصل حجمها إلى 10 ميكرومتر، تأتي من مصادر طبيعية وبشرية المنشأ. الثوران البركاني (التيفرا)، المواد الجيولوجية السائبة مثل الرواسب الطينية، وتراكمات الانجراف الجليدي، والصخور المتجمدة، هي بعض المصادر الطبيعية الشائعة.

الانبعاثات الصناعية، وحرق الكتلة الحيوية (ينتج أسود الكربون)، والمتفجرات المستخدمة في حفر مواد الأساس الصلب، والعمليات العسكرية التي تنطوي على قنابل وتفجيرات قوية تولد أيضاً غباراً محملاً بمواد ضارة.

لاحظت الدراسات التي أجرتها هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية (USGS)





حول طبيعة ومدى الغبار المتولد في أعقاب هجوم 11 سبتمبر 2001 على مركز التجارة العالمي في نيويورك أن صوف الخبث (ألياف زجاجية من صنع الإنسان) والجبس والأنهيدريت، والمراحل المتوافقة مع أكاسيد الخرسانة أو المعادن، والمواد المعدنية، والأسبستوس موجودة بكميات ضئيلة في المساكن والمباني العامة والمساحات المكتبية في جميع أنحاء مدينة نيويورك.

تحمل سحب الغبار أيضاً مواد بيولوجية، مثل الأبواغ الفطرية والبكتيريا والفيروسات وحبوب اللقاح، إلخ. يمكن أن تؤدي الكائنات الدقيقة التي يحملها الغبار إلى تفاعلات الحساسية والربو عند التعرض لفترة طويلة.

وقد أبلغ عن انتشار الالتهاب الرئوي لدى السكان المعرضين للعواصف الترابية على مدار الوقت. خلال قصعة الغبار الأمريكية في ثلاثينات القرن الماضي، زاد عدد حالات الالتهاب الرئوي بشكل كبير.

كما أبلغ، في العقود الأخيرة، عن التهاب رئوي بسبب التعرض للعواصف الترابية في الشرق الأوسط بين الأفراد العسكريين المنتشرين. يُعرف الالتهاب الرئوي المكتسب من التعرض للمواد غير العضوية والعضوية في العواصف الترابية بمرض الإسكان أو متلازمة الخليج العربي أو متلازمة حرب الخليج أو التهاب رئوي الغبار الصحراوي.





• العناصر الكيميائية والصحة

تعتمد جميع الكائنات الحية على العناصر الأساسية أو العناصر الغذائية لبقائها على قيد الحياة. تُشتق المغذيات من صخور الأرض وتوجد في الهواء والماء والتربة؛ أنها تتكون من عناصر الجدول الدوري للعناصر؛ يمكن أن تكون في شكل عنصري، مثل: Mg ، K ، Na ، Ca ، Fe ، O_2 أو مركبات كيميائية ، مثل NaCl ، H_2O ، إلخ.

بينما نجد أن بعض العناصر الغذائية متوفرة بسهولة في الهواء والماء ويجري تناولها مباشرة، يجب أن تكون العناصر الغذائية التي تتشأ من الصخور الموجودة على الأرض في شكل كيميائي معين يمكن امتصاصه في الجسم.

إن مجرد وجود العناصر أو المركبات الكيميائية ليس الشرط الوحيد لامتناسها من خلال الأشكال الحية؛ وإنما يجب أن تكون متاحة بيولوجياً. بمعنى آخر، يجب أن يكون في شكل يمكن أن تستوعبه الخلايا الحية.

على سبيل المثال، يتكون النيتروجين الأولي (N_2) من 78% من الهواء الذي نتنفسه، ولكن حتى يعمل هذا النيتروجين كمغذٍ للنباتات، يجب أن يكون في شكل متوفر بيولوجياً بصيغ مثل NH_4 ، NO_3 ، إلخ.

• العناصر الأساسية والرئيسية والثانوية والنزرة

تشمل العناصر الرئيسية 11 عنصراً كيميائياً ضرورياً للحياة؛ لهذا السبب، يطلق عليها اسم «العناصر الأساسية». تتضمن هذه العناصر: H_2 و O_2 و C و N_2 و Na و K و Ca و Mg و P و S و Cl .





هذه العناصر الـ 11 تشكل 99.9% من جسم الإنسان. وأربعة من هؤلاء - O_2 و C و H_2 و N_2 ، التي تشكل 99% من جسم الإنسان ، تسمى العناصر الرئيسية. السبعة المتبقية: Na ، S ، K ، Mg ، P ، Ca ، و Cl ، تشكل أقل من 1% من جسم الإنسان وتسمى العناصر الثانوية.

بالإضافة إلى ذلك، يوجد عدد من العناصر الأخرى بكميات دقيقة أو ضئيلة في جسم الإنسان وتسمى العناصر النزرة. إذ تتضمن عناصر النزرة: Si و Fe و Zn و F و Cu و Br و As و Sn و I و Mn و Mo و Ni و Se و Va و Cr و Co و Li و W .

تتواجد العناصر الرئيسية بكميات كبيرة، 1000 غرام أو أكثر وتشكل الجزء الأكبر (99%) من جسم الإنسان. أما العناصر الصغيرة بكميات صغيرة أقل من 1 غرام (نطاق جزء في المليون)؛ بينما تشتمل العناصر النزرة على كميات صغيرة أقل من 0.1 غرام (نطاق جزء في المليون - جزء في البليون).

• العناصر الثانوية أو النزرة

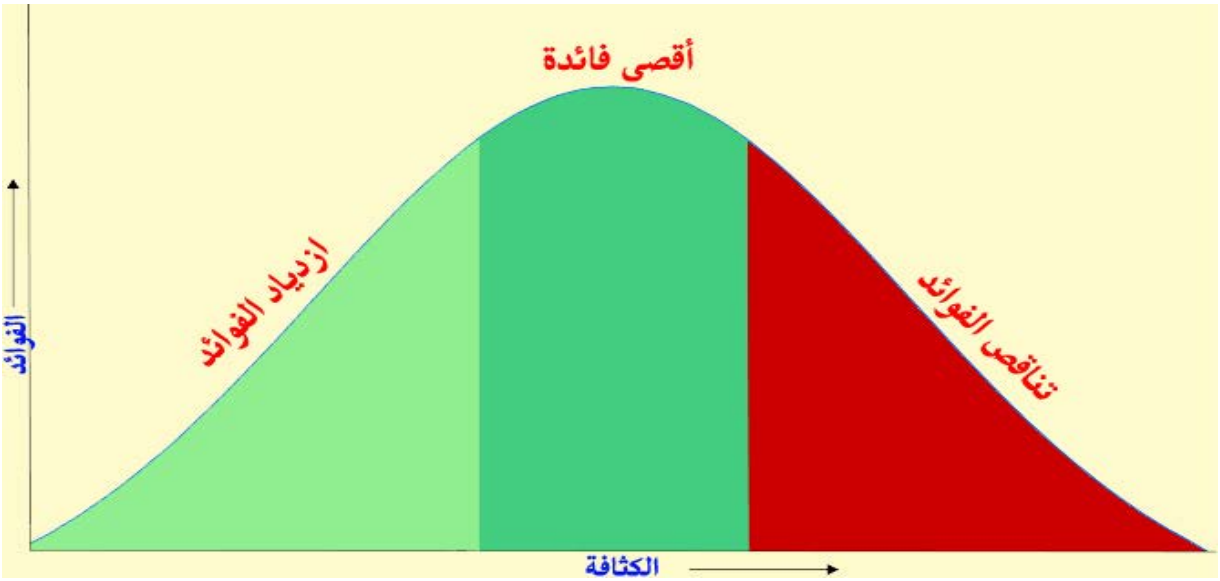
على الرغم من وجودها بكميات صغيرة في جسم الإنسان والكائنات الحية الأخرى، تؤدي العناصر النزرة دوراً حيوياً في الحفاظ على الصحة والرفاهية. ومع ذلك، فإن الجانب الفريد للعناصر النزرة هو أنه يجب أن تكون موجودة بكميات صغيرة ومنظمة بشكل جيد لتكون مفيدة.

إذا كانت الكمية أقل أو أعلى من النطاق الأمثل يمكن أن يصير العنصر ضاراً؛ بالنسبة لمعظم العناصر النزرة، هناك نطاق ضيق من التركيز يمكن من خلاله تحقيق الفائدة التي تعود على الكائن الحي.





يمكن توضيح هذا المفهوم بشكل أفضل من خلال منحنى الجرعة والاستجابة الذي يعرض العلاقة بين تركيز (جرعة) متفاوتة من عنصر النزر والنتائج الصحية للكائن الحي.



كما يتضح من الشكل، فإن التركيز المنخفض جداً أو الصفري بالإضافة إلى التركيزات العالية من العناصر النزرة ضار وهناك نطاق معين من الجرعات حيث ينتج عنه أقصى فائدة للكائن الحي.

من الأمثلة المعروفة لإضافة العناصر النزرة للوقاية من الأمراض استخدام اليود في ملح الطعام والفلور في إمدادات مياه الشرب العامة. يعود استخدام اليود للسيطرة على تضخم الغدة الدرقية إلى العصور القديمة. إذ قبل نحو 3500 قبل الميلاد، تضمن العلاج الصيني تناول الأعشاب البحرية وإسفنجة البحر المحترقة لتقليل حجم تضخم الغدة الدرقية. بقيت العلاجات فعالة واستمر استخدامها على مستوى العالم لآلاف السنين؛ لكن اكتشاف عنصر اليود في عام 1813 حل محل الحاجة إلى الأعشاب البحرية والإسفنج.





توجد مستويات كافية من اليود، وهو عنصر نادر يحدث في نطاق تركيز من (0.2-1.9 ملغ / كغ) في الصخور، في الغالب في التربة والمياه في المناطق الساحلية. اليود مهم لتخليق هرمونات الغدة الدرقية التي تؤدي أدواراً رئيسية في عمليات التمثيل الغذائي للفقاريات.

ترتبط الآثار الصحية الرئيسية الناجمة عن العيب العالمي لنقص اليود بتضخم الغدة الدرقية، والضعف الإدراكي العصبي، وفي حالة النقص الحاد، أي قصور الغدة الدرقية، يؤدي إلى ظهور القماءة (حالة خلقية ناتجة عن نقص هرمون الغدة الدرقية أثناء النمو قبل الولادة وتتسم بالقصور العقلي وتخلف النمو البدني ومرض حثل العظام).

كان استخدام اليود في الملح ناجحاً جداً في الحد من نقص اليود لدى السكان، لأن الملح عنصر غذائي عالمي وتناوله ثابت وغير مكلف.

كانت الولايات المتحدة تاريخياً تعاني من نقص اليود قبل أوائل العشرينات من القرن الماضي، لا سيما في منطقة حزام تضخم الغدة الدرقية في البحيرات الكبرى والأبالاتشي والمنطقة الشمالية الغربية من البلاد حيث أظهر (26-70%) من الأطفال أعراضاً إكلينيكية لتضخم الغدة الدرقية.

بعد التنفيذ الناجح لبرنامج إضافة اليود إلى الملح في سويسرا، أدى إدخال ملح الطعام المعالج باليود في الولايات المتحدة خلال عشرينات القرن الماضي إلى تحسين النقص الغذائي لليود بشكل كبير. ثم اعتمد إضافة اليود إلى الملح فيما يقرب من 120 دولة.





ملح الطعام الذي يحوي على **150** ميكروغرام / لتر من اليود يمنع الأمراض المرتبطة بالغدة الدرقية. هذه الكمية الصغيرة تعادل ملعقة مائدة واحدة من اليود يستهلكها الإنسان في حياته. مع أن العلاج البسيط، إلا أنه لا يزال نقص اليود أحد أهم مشكلات الصحة العامة على مستوى العالم، حيث يعيش ما يقدر بنحو **2.2** بليون شخص في المناطق التي تعاني من نقص اليود.

يختلف تركيز الفلور في المياه الطبيعية على مدى أربعة رتب من حيث الحجم، من **0.1** إلى **10** جزء في المليون. مستويات الفلور بين (**0.5** و **1.5** جزء في المليون) في مياه الشرب مفيدة، وتعزز صحة الأسنان وتمنع تسوسها.

التركيزات العالية (**1.5-4** جزء في المليون) من الفلور في مياه الشرب تسبب تبقع الأسنان (التسمم بالفلور) وتؤدي المستويات الأعلى (**4** جزء في المليون وما فوق) إلى تسمم الهيكل العظمي بالفلور، مما يسبب تصلب العظام وتكلسها، والألم، وتشوه العظام. في الوقت نفسه، الغياب التام أو التركيز المنخفض جداً (**0.00-0.5** جزء في المليون) يسبب تسوس الأسنان.

حدثت المحاولة الأولى لتنظيم إمدادات مياه الشرب في الولايات المتحدة في منتصف الأربعينات من القرن الماضي بعد دراسات أجرتها خدمة الصحة العامة الأمريكية التي حددت الحد الأعلى للفلور في مياه الشرب عند **1.0** جزء في المليون، ثم زادت الكمية لاحقاً إلى **1.5** جزء في المليون.

بعد ذلك، رفعت وكالة حماية البيئة الأمريكية، بموجب قانون المياه النظيفة لعام 1972، الحد الأقصى لتركيز الفلور القابل للتنفيذ إلى **4.0** جزء في المليون. وجرى تعيين القيمة الإرشادية لمنظمة الصحة العالمية (WHO) للفلور عند **1.5** جزء في المليون، والتي أمكن تبنيها من قبل كندا والصين والاتحاد الأوروبي والهند والعديد من البلدان الأخرى.





يعدل تركيز الفلور في مياه الشرب في أنظمة إمداد مياه الشرب البلدية عند 0.7 جزء في المليون للتأكد من أن تركيزه لن يتجاوز 4.0 جزء في المليون في المجتمعات التي يوجد فيها الفلور في المياه الطبيعية.

تجري عملية فلورة مياه الشرب عن طريق إضافة حمض الفلوروسيليسيك (يشار إليه أيضاً باسم FSA) أو سيليكات الهيدروفلورو أو فلوروسيليكات الصوديوم أو فلور الصوديوم. FSA هي المادة المضافة الأكثر شيوعاً وقد استخدمت في أنظمة مياه الشرب في الولايات المتحدة منذ أوائل الخمسينات من القرن الماضي. واعتباراً من عام 2016، كان لدى نحو 73% من سكان الولايات المتحدة إمكانية الوصول إلى مياه الشرب المفلورة.

• العناصر النزرة: الزائدة مقابل الناقصة

صاغ باراسيلسوس في القرن السادس عشر مبدأً أساسياً لعلم السموم ينص على: «كل الأشياء سامة، ولا شيء بدون سمية، والجرعة وحدها تجعلها هكذا...»، مما يعني أن مادة ما يمكن أن تنتج تأثيراً ضاراً يرتبط بالخواص السامة فقط إذا وصلت إلى نظام بيولوجي حساس بتركيز عالٍ بدرجة كافية.

يعتمد هذا المبدأ على اكتشاف أن جميع المواد الكيميائية، حتى الماء والأكسجين الداعم للحياة، يمكن أن تكون سامة إذا استهلك الكثير منها. وتقدم العناصر النزرة أفضل مثال لتوضيح هذا المبدأ.

لفترة طويلة، درست الاستجابة للمواد السامة على الكائنات الحية في المختبر على حيوانات الاختبار، عادةً الفئران والأرانب، ولكن استخدمت أيضاً





أنواع أخرى مثل سمك البلسم، وحتى القروء، لتحديد الجرعات المثلى من المواد الكيميائية.

هذه عملية بطيئة جداً وغير إنسانية ومكلفة جداً وقد أعاقت اختبار آلاف المواد الكيميائية المستخدمة يومياً. ومع ذلك، أدت التطورات الحديثة في تكنولوجيا الروبوتات بمساعدة الحساب عالي الطاقة إلى إنشاء برنامج **Tox21**، في عام 2008، وهو برنامج تعاوني بين ثلاث وكالات فيدرالية أمريكية:

وكالة حماية البيئة، والمركز الوطني لتطوير العلوم الانتقالية، وإدارة الغذاء والدواء. **Tox21** قادر على اختبار مادة كيميائية أو بيولوجية بتركيزات مختلفة وتقييم تأثيرها على الخلايا الحية بسرعة كبيرة.

يمكن اختبار أكثر من مليون مادة كيميائية عند مستويات تركيز موزعة على أربعة أوامر من حيث الحجم. يبشر **Tox21** باختبار سريع للعديد من المواد الكيميائية التجارية التي لا تُفهم سميتها بشكل جيد.

يجري تحسينات على إجراءات الاختبار بشكل مستمر وتحديثات برنامج **Tox21** متاحة عبر الإنترنت على: <https://tox21.gov>. بالإضافة إلى ذلك، تتوفر معلومات مفصلة عن الآثار الصحية للمواد السامة على الموقع الإلكتروني الذي تديره وكالة المواد السامة وسجل الأمراض (**ATSDR**).





• البحث عن العنصر النزر

شهدت العقود الأربعة الأخيرة من القرن العشرين تقدماً غير مسبوق في العلوم والتكنولوجيا أدى إلى ثورة رقمية. خلال هذا الوقت، أدت القدرة على فحص واكتشاف وتحليل أي مادة تقريباً في مستوى عالٍ من الدقة إلى قفزة نوعية إلى الأمام.

تتيح المعدات التحليلية المتطورة، المدعومة بأجهزة كمبيوتر قوية، تحليل المواد الجيولوجية بسرعة بمستوى عالٍ من الدقة. وأصبح الكشف عن العناصر والمركبات الكيميائية في العينات البيئية إلى مستويات أقل من جزء في المليون إجراءً روتينياً في المختبرات التحليلية الحديثة.

أدى هذا التطور إلى زيادة الاهتمام بفهم الكيمياء الجيولوجية للبيئة الطبيعية والشروع في مشروعات طموحة لإعداد أطالس جيوكيميائية على المستويات المحلية والوطنية والإقليمية في الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة والصين والعديد من البلدان الأخرى.

هذه المسوحات الجيوكيميائية التي بدأت في الستينات لا تزال مستمرة. فقد استخدمت المعلومات المتعلقة بحدوث وتوزيع وتركيز العناصر الكيميائية في التربة والرواسب والمياه والنباتات في مجموعة متنوعة من التطبيقات، مثل الزراعة والتلوث البيئي ومصائد الأسماك والطب والصحة العامة وإمدادات المياه وتغذية الحياة البرية.

وضع العمل الرائد الذي قامت به المسوحات الجيولوجية الوطنية في السويد والمملكة المتحدة والولايات المتحدة حول تأثير العناصر النزر على الصحة بين





الستينات والثمانينات من القرن الماضي الأساس لدراسات مركزة حول العلاقة بين المواد والعمليات الجيولوجية على صحة الإنسان.

وتجدر الإشارة إلى أن دراسات مماثلة على الحيوانات والنباتات قد أجريت قبل ذلك بكثير من قبل علماء الحيوان والنبات، الذين بحثوا في ارتباط العناصر الأساسية والعناصر النزرة بالأمراض في الحيوانات والنباتات.

مع أن الدراسات العديدة التي تربط العناصر والمركبات الكيميائية بحدوث المرض لدى البشر، بقيت هذه الدراسات بحثاً منفصلاً في الكيمياء الجيولوجية وعلم الأوبئة.

ومع ذلك، فإن الندوة متعددة التخصصات التي عقدت في مونتريال، كندا، عام 1964 للرابطة الأمريكية لتقدم العلوم (AAAS)، والتي نظمتها أقسام الجيولوجيا والجغرافيا، والجمعية الجيوكيميائية، قدمت زخماً رئيسياً للاعتراف بأهمية العوامل الجيولوجية في صحة الإنسان.

كان المنشور التاريخي (الكيمياء الجيولوجية البيئية في الصحة والمرض) الصادر عن الجمعية الجيولوجية الأمريكية مؤثراً في هذا السياق. في الوقت نفسه، كانت المبادرات المختلفة في أوروبا من قبل المسوحات الجيولوجية البريطانية والفرنسية والسويدية بمثابة الحافز المطلوب لإنشاء تخصص فرعي جديد في علوم الأرض.

تؤدي هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية دوراً رئيسياً في البحث ونشر المعلومات المتعلقة بتأثيرات العناصر النزرة على صحة الإنسان والحيوان على مدار الـ 75 عاماً الماضية. ركز برنامج بيولوجيا الملوثات (CBP) الذي بدأ في الأربعينات على آثار الملوثات في الأسماك والحياة البرية الأخرى.





أدى التلوث المتزايد وتدهور جودة المياه في البلاد خلال الفترة من الستينات إلى الثمانينات من القرن الماضي إلى إنشاء برنامج الهيدرولوجيا السامة (THP) في عام 1982. حيث اندمج هذان البرنامجان في منطقة اهتمام الصحة البيئية في عام 2010، والتي تهدف إلى تقييم وتقديم المشورة للأمة حول المخاطر التي تتعرض لها البيئة من الملوثات ومسببات الأمراض.

يبحث البرنامج في مصادر الملوثات ومسببات الأمراض، والنقل، والتعرض، والمسارات، والامتصاص، والآثار البيولوجية، والآثار المترتبة على صحة الإنسان. وتحوي رسالته الإخبارية الإلكترونية **GeoHealth**، التي دخلت عامها التاسع عشر من النشر (الإصدار الأولي، المسمى **Epidemiology News**، الذي نُشر في مايو 2002 وأعيد تسميته لاحقاً إلى **GeoHealth** في عام 2004)، على معلومات حول أحدث الأبحاث في مجال الصحة البيئية التي تأتي في الوقت المناسب وتقدم معلومات مفيدة للمواطنين والطلاب والمهنيين في الجيولوجيا الطبية.

من بين المؤسسات الأكاديمية، يجب أن يُنسب الفضل إلى جامعة ميسوري-كولومبيا (UMC) في رؤيتها بعيدة النظر لإنشاء مركز مواد الأثر البيئي (ETSC) المخصص لدراسة المواد النزرة في الصحة البيئية.

عقد البروفيسور **ديلبرت هيمفيل** وزملاؤه في UMC أول مؤتمر حول المواد النزرة في عام 1967، والذي نُظم وأدير لاحقاً من قبل ETSC. في المجمل، عقد 25 مؤتمراً سنوياً، غطت مجموعة متنوعة من الموضوعات حول دور المواد النزرة في صحة الإنسان والبيئة. يحوي مجلد إجراءاته على ثروة من المعلومات حول أثر المواد وتأثيرها على صحة الإنسان والبيئة.

تعاونت جمعية الكيمياء الجيولوجية البيئية والصحة (SEGH) التي جرى



تشكيلها في دالاس، تكساس في ديسمبر 1968 في ندوة حول (الكيمياء الجيولوجية البيئية في الصحة والأمراض) مع ETSC وعقدت اجتماعها السنوي الأول في عام 1970 خلال (المؤتمر السنوي الثالث على أثر المواد في الصحة البيئية) في UMC.

استمرت SEGH في عقد اجتماعاتها السنوية في UMC حتى عام 1993 عندما اختتم ETSC وانتهت سلسلة المؤتمرات. جذبت العلاقة التكافلية بين هاتين المنظمتين جميع الباحثين المعروفين في هذا المجال من جميع أنحاء العالم، ولا تزال وقائع المؤتمر بمثابة مصدر قيم للطلاب والمهنيين على حد سواء.

عمل العديد من أعضاء وضباط SEGH في اللجنة الفرعية التابعة لأكاديمية الأبحاث الوطنية الأمريكية والمعنية بالبيئة الجيوكيميائية فيما يتعلق بالصحة والأمراض التي جرى إنشاؤها في إطار اللجنة الوطنية الأمريكية للكيمياء الجيولوجية، وهي قسم لعلوم الأرض في المجلس القومي للبحوث، عندما تأسست في عام 1969.

نشرت اللجنة الفرعية ثلاثة تقارير عن الجيوكيمياء والبيئة في عام 1972 و73 و74 وغيرها من الوثائق القيمة التي تضمنت تقارير عن:

1. الكيمياء الجيولوجية للمياه فيما يتعلق بأمراض القلب والأوعية الدموية.
2. الكيمياء الجيولوجية للعناصر النزرة لتنمية موارد الفحم المتعلقة بالجودة البيئية والصحة.
3. الشيخوخة والبيئة الجيوكيميائية.
4. البيئة الجيوكيميائية والتحصي البولي (حصوات الكلى)، كلها موضوعات وثيقة الصلة بالجيولوجيا الطبية.





وتجدر الإشارة إلى أن المساهمات التي قدمها العلماء المرتبطون بهاتين المنظمتين، وغيرهما في أوروبا، قدمت الحافز ووضعت مسار الجيولوجيا الطبية الحديثة.

• جودة المياه وأمراض القلب والأوعية الدموية

في دراسة مبكرة، لاحظ الباحث شرودر عام 1960 أن الوفيات الناجمة عن أمراض القلب والأوعية الدموية (CVD) في الولايات المتحدة لا تتعلق بالعوامل الغذائية أو العرقية أو الاجتماعية، بل تتعلق بنوعية مياه الشرب.

أظهرت التحليلات الإحصائية لعسر الماء ومعدلات الوفاة من الأمراض القلبية الوعائية وجود علاقة ارتباط ذات دلالة إحصائية. من بين 21 مكوناً من المياه البلدية النهائية، عثر على ارتباطات ذات دلالة إحصائية عالية للمغنيسيوم والكالسيوم والبيكربونات والكبريتات والفلور والمواد الصلبة الذائبة والموصلية النوعية ودرجة الحموضة.

لاحظت دراسة أخرى أجراها باحثون في ولاية أوهايو الأمريكية أن معدلات الوفيات المرتفعة من الأمراض القلبية الوعائية مرتبطة بالماء العسر. فقد وجد أن الماء العسر يتشكل في مقاطعات في الجزء الجنوبي الشرقي من الولاية، ويرجع ذلك إلى ارتفاع تركيز الكبريتات في التكوينات الحاملة للفحم من ولاية بنسلفانيا إلى العصر البرمي (251-318 مليون سنة).

في المقابل، تأتي إمدادات المياه في الجزء الغربي من الولاية من رواسب جليدية أحدث سنًا (11000-75000 سنة) من ولاية ويسكونسن التي تحوي على





تركيزات عالية من البيكربونات.

كما أظهرت مراجعة للوفيات الناجمة عن الأمراض القلبية الوعائية للفترة 1968 - 1971 حدوث المزيد من الوفيات في المناطق ذات المستويات العالية من الكبريتات ووفيات أقل مع تركيز عالٍ من البيكربونات.

في أحدث دراسة عام 2008 بواسطة الاستناد إلى التحليل التلوي (Meta Analysis) هو تحليل في علم الإحصاء يتضمن تطبيق الطرائق الإحصائية على نتائج عدّة دراسات قد تكون متوافقة أو متضادة، وذلك من أجل تعيين توجّه أو ميل لتلك النتائج أو لإيجاد علاقة مشتركة ممكنة فيما بينها [لدراسات الحالة، وجد دليل مهم على وجود علاقة عكسية بين مستويات المغنيزيوم في مياه الشرب والوفيات القلبية الوعائية.

تشرح هذه النتيجة الارتباطات المبلغ عنها بين عسر الماء الكلي ووفيات القلب والأوعية الدموية في الدراسات السابقة. ومع ذلك، فإن تأثير العوامل الأخرى، مثل العوامل المناخية والبيئية والاجتماعية، يجب أن يؤخذ في الاعتبار أيضاً.

لكن عدم التوصل يسلط إلى نتيجة محددة بشأن العلاقة بين جودة المياه والأمراض القلبية الوعائية الضوء على الحاجة إلى مزيد من الدراسات المركزة، وأهمية التعاون بين الجيولوجيين الطبيين والمهنيين الصحيين.





• الزرنيخ في مياه الشرب

الزرنيخ (As)، هو العنصر العشرين الأكثر وفرة في قشرة الأرض، ومن المعروف أن نحو 250 خاماً يحوي على الزرنيخ. متوسط التركيزات في الصخور القشرة الأرضية تتراوح من 1.5 إلى 2 جزء في المليون.

الأشكال غير العضوية، التي تتكون في الغالب من الزرنيخ ومركبات الزرنيخ، سامة على صحة الإنسان. يتعرض الإنسان للزرنيخ في المقام الأول من الهواء والغذاء والماء. تتلوث مياه الشرب بالزرنيخ من مبيدات الآفات الزرنيخية أو الرواسب المعدنية الطبيعية أو المواد الكيميائية الزرنيخية التي جرى التخلص منها بشكل غير صحيح.

إن ارتفاع مستوى الزرنيخ في مياه الشرب هو السبب الرئيسي لسمية الزرنيخ في العالم. حيث أبلغ عن تلوث بالزرنيخ في المياه القريبة من السطح من أكثر من 30 دولة. المناطق الرئيسية المتأثرة هي: الأرجنتين وبنغلاديش وبوركينا فاسو وكمبوديا وتشيلي والصين والمجر والهند ولاوس والمكسيك ونيبال ورومانيا وإسبانيا وتايوان وتايلاند وفيتنام.

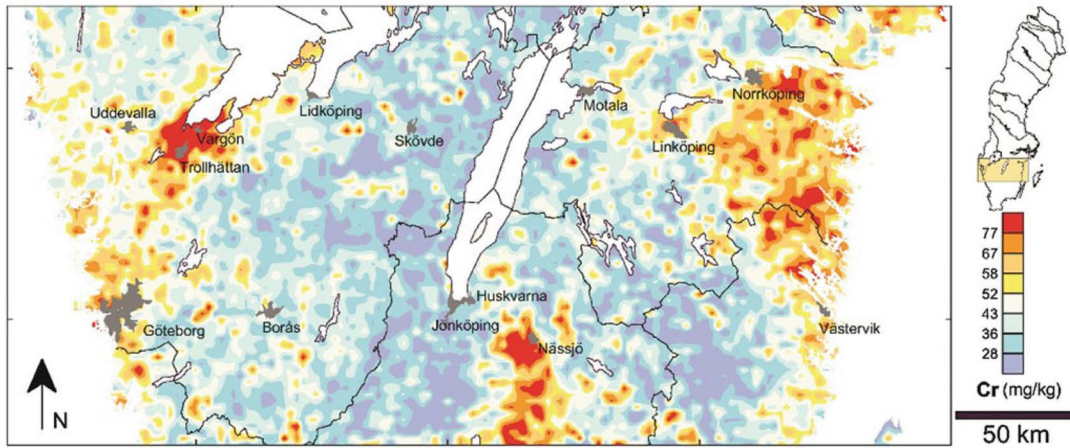
من الممكن تعبئة الزرنيخ في البيئة، ولا سيما المياه، من خلال مجموعة معقدة من التفاعلات الكيميائية الحيوية والأنشطة البشرية، مثل التعدين واحتراق الوقود الأحفوري واستخدام المبيدات الحشرية ومبيدات الأعشاب والمضافات التي تحوي على الزرنيخ في علف الماشية وفي الخشب المعالج.

لقد استخدم الخشب المعالج بالزرنيخات النحاسية المطلية بالكروم (CCA) في كل من القطاعات السكنية والصناعية في الولايات المتحدة منذ الأربعينات.





أوقف مصنعو الأخشاب الاستخدام السكني طواعية اعتباراً من يناير 2004.
كما وضعت قيود مماثلة داخل الاتحاد الأوروبي.



توزيع الكروم (ملغ / كغ في مادة الرماد) في رواسب التيار العوضي في جنوب السويد.

يتعرض الإنسان للزرنينغ عبر الابتلاع والاستنشاق، وخاصة من مياه الشرب الملوثة بالزرنينغ. وقد أبلغ عن معظم حالات التسمم بالزرنينغ السائدة من المياه الجوفية الملوثة في السهول الرسوبية ومناطق الدلتا في بنغلاديش وغرب البنغال والهند ونيبال وتايوان وكمبوديا ولاوس وفيتنام وشمال الصين والمجر ورومانيا، حيث يتركز الزرنينغ في مياه الشرب. وجد أنها تتراوح من 10 إلى أكثر من 15000 ميكروغرام / لتر، أعلى بكثير من المستوى الأقصى الموصى به من منظمة الصحة العالمية ووكالة حماية البيئة البالغ 10 ميكروغرام / لتر.





بالإضافة إلى ذلك، من المعروف أيضاً أن الأحواض الداخلية في المناطق القاحلة وشبه القاحلة في العالم (الأرجنتين وتشيلي والمكسيك ونيكاراغوا وإسبانيا وجنوب غرب الولايات المتحدة) تحمل مستويات مرتفعة من الزرنيخ في المياه الجوفية تصل إلى **21000** ميكروغرام / لتر.

في مناطق التعدين، أبلغ عن مستويات من الزرنيخ تصل إلى **48000** ميكروغرام / لتر من جبل الحديد **Iron Mountain**، كاليفورنيا (الولايات المتحدة). يمكن أن تحوي المياه الجوفية في المناطق البركانية أيضاً على تركيزات من معتدلة إلى عالية جداً من الزرنيخ.

على سبيل المثال، تركيزات الزرنيخ في المياه الحرارية في منتزه لاسين فولكانيك الوطني ومنتزه يلوستون الوطني في الولايات المتحدة هي **150.000** و**7800** ميكروغرام / لتر على التوالي. وبالمثل، جرى قياس قيم عالية في المناطق البركانية في نيوزيلندا (حتى **9000** ميكروغرام / لتر)؛ وتشيلي (من **45000** إلى **50000** ميكروغرام / لتر)؛ والإكوادور (من **1000** إلى **7850** ميكروغرام / لتر)؛ واليابان (**500** إلى **5900** ميكروغرام / لتر).

يتواجد الزرنيخ في المياه الجوفية بشكل رئيسي في أشكال غير عضوية، مثل أيونات الزرنيخ **As⁵⁺** والزرنيخ **As³⁺**، والأخيرة أكثر سمية من سابقتها. **As⁵⁺**، الأنواع التي تسود أسفل الغلاف الجوي أو بيئات أكثر تأكسداً في نطاق الأس الهيدروجيني من **6** إلى **9**، مستقرة ديناميكياً وتوجد في ظل ظروف اختزال معتدلة.

أيونات الزرنيخ **As³⁺** هي أكثر الأنواع شيوعاً في المياه الجوفية اللاهوائية، وهي تزال بشكل عام بكفاءة أقل من إزالة أيونات **As⁵⁺** المؤكسدة. أما الزرنيخ





غير العضوي الموجود على شكل (As^{5+}) والزرنيخ (As^{3+}) فهو أكثر شيوعاً في الماء من الزرنيخ العضوي. يتحكم في حدوث ذلك عن طريق مستوى الأكسجين في الماء؛ إذ ينتشر As^{5+} في المياه المؤكسجة (الهوائية)، ويشيع As^{3+} أكثر في المياه قليلة التأكسج (أي أنه يحوي على أقل من 2-3 جزء في المليون من الأكسجين المذاب).

يعتبر الزرنيخ، أو التسمم المزمن بالزرنيخ (CAT)، من مياه الشرب المشتقة من طبقات المياه الجوفية الملوثة خطراً كبيراً على الصحة البيئية في جميع أنحاء العالم. حيث إن تصبغ الجلد والتقرن هي خصائص الآفات الجلدية المحددة لـ CAT؛ إذ تشمل الحالات المتقدمة التهاب الشعب الهوائية المزمن ومرض الانسداد الرئوي المزمن وأمراض الكبد مثل التليف البابي غير التليف الكبدي وأمراض الأوعية الدموية الطرفية وارتفاع ضغط الدم وأمراض القلب الإقفارية والسكري وسرطان الجلد والرئة والمثانة.

• الفلور وصحة الأسنان

من المعروف منذ فترة طويلة أن الفلور مفيد لصحة الأسنان. ومع ذلك، مثل جميع العناصر النزرة الأخرى، يقتصر الجانب المفيد للفلور على نطاق ضيق من التركيز في الطعام أو الماء المبتلع.

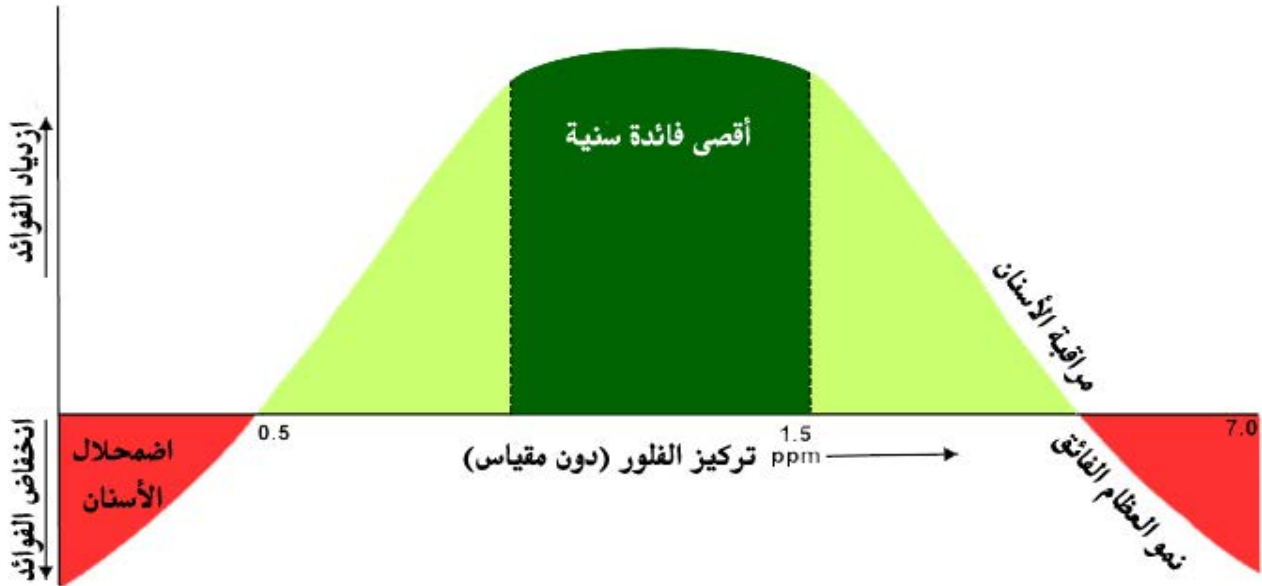
فوق هذا النطاق الأمثل، يصير الفلور ضاراً وينتج عنه آثار ضارة على الأسنان والعظام؛ وبالمثل، فإن غيابها الكامل أو تركيزه أقل من المستوى الأمثل ضار أيضاً.

في الولايات المتحدة، كانت معايير فلورة مياه الشرب مثيرة للجدل، وبسبب المصالح الراسخة للصناعة والضغط السياسي، جرت مراجعة المعايير ثلاث





مرات على الأقل: في عام 1975، بموجب قانون مياه الشرب الآمنة، حدد النطاق المقبول للفلور بين 1.4 و 2.4 جزء في المليون. قامت وكالة حماية البيئة بمراجعة المعيار في عام 1985 وحددت الحد الأقصى لمستوى الملوثات (MCL) للفلور عند 4 جزء في المليون، مما يعني أنه مادام التركيز باقياً أقل من 4 جزء في المليون، فلن يسبب أي ضرر.



يوضح الشكل منحنى الجرعة والاستجابة للفلور.

في عام 2015، قامت وزارة الصحة والخدمات الإنسانية الأمريكية بمراجعة النطاق الآمن من 0.7 إلى 1.2 جزء في المليون. على النقيض من ذلك، جرت مراجعة المبدأ التوجيهي من 0.5 إلى 1.5 جزء في المليون من الفلور في مياه الشرب التي وضعتها منظمة الصحة العالمية في عام 1984 مرتين في عامي 1993 و2004، ولكن دون أي تغيير في المبادئ التوجيهية.





عند وضع المعايير الوطنية للفلور في المياه للاستهلاك البشري، من الضروري مراعاة محتوى الفلور في نظام إمدادات المياه البلدية جنباً إلى جنب مع تناول الفلور من مصادر أخرى (على سبيل المثال، من الأغذية المزروعة في التربة المحلية، والمستوى المحيط للفلور في المياه الجوفية، وما إلى ذلك).

عندما يكون من المحتمل أن تقترب المآخذ، أو تزيد عن 6 ملغ / يوم، سيكون من المناسب النظر في وضع معيار بتركيز أقل من 1.5 جزء في المليون. وتجدر الإشارة إلى أن الجرعة المفيدة الموصى بها (التركيز) للعناصر النزرة تخضع للمراجعة مع توفر المزيد من البيانات من الدراسات الوبائية و / أو المختبرات و / أو الأبحاث السريرية.

• الرصاص وصحة الأطفال

من بين العديد من العناصر النزرة التي تؤثر على صحة الإنسان، يعتبر الرصاص أكثر خطورة وضرراً على الأطفال من البالغين. المرحلة الأكثر عرضة للضرر نتيجة التعرض للرصاص هي الوقت الذي يكون فيه الجنين في طور النمو بين عمر 6 أشهر حتى بلوغ الطفل 6 سنوات من العمر.

يتخلل الرصاص داخل جسم المرأة الحامل بسهولة إلى الطفل النامي في الرحم، وإذا نشأ الطفل في بيئة منزل أو حي (ملعب أو مدرسة) بها مستويات عالية من الرصاص، فمن المحتمل أن يصير الطفل ضحية للتسمم بالرصاص.

يمكن أن يؤدي الرصاص إلى إتلاف الجهاز العصبي المركزي والكلية وإعاقة التطور السلوكي والجسدي العصبي، مما قد يؤدي إلى تأخر النمو العقلي





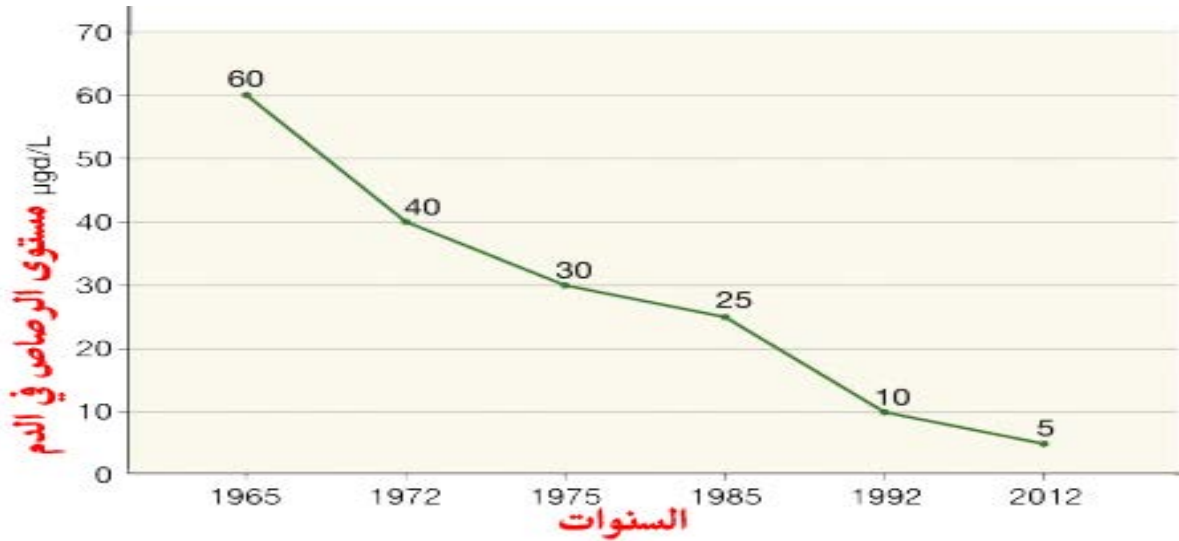
وتوقف النمو وانخفاض القامة الجسدية وفقدان السمع.

تشمل مصادر الرصاص في البيئة المتقدمة: محطات توليد الطاقة التي تعمل بالفحم والغاز، والطلاء الحاوي على الرصاص (المحظور من الاستخدام المنزلي في الولايات المتحدة منذ عام 1976)، ومعالجة المعادن وإنتاج الصلب، والتخلص من النفايات (لا سيما الحرق)، والانبعاثات من الداخل محركات الاحتراق باستخدام البنزين المحتوي على الرصاص.

بدأ الحد من الرصاص في البنزين في الولايات المتحدة في عام 1976 وجرى التخلص التدريجي من وقود السيارات في عام 1987. كما توقفت العديد من البلدان المتقدمة الأخرى عن استخدام البنزين الحاوي على الرصاص في السيارات.

أدى حظر تصنيع واستخدام البنزين الحاوي على الرصاص في السيارات في الولايات المتحدة إلى انخفاض كبير في مستوى الرصاص في الدم (BLL) من نحو 15 ميكروغرام / ديسيلتر إلى نحو 9.5 ميكروغرام / ديسيلتر، بانخفاض قدره 63% خلال فترة 7 سنوات من 1976 إلى 1982.





خضع تحديد مستوى آمن للرصاص في البشر للعديد من التنقيحات، والتي تعد مثلاً جيداً لكيفية تغير تعريفات 'مستويات الرصاص المرتفعة' في الولايات المتحدة على مر السنين باعتبارها بيانات أكثر موثوقية من الدراسات الكيميائية والوبائية، وتقنيات معملية محسنة، صارت متاحة.

يعتبر الرصاص من أكثر المعادن سمية وينتج عنه آثار ضارة على البشر، وخاصة الأطفال. على الرغم من أن خفض مستويات الرصاص الآمنة مراراً وتكراراً وتخصيص متوسط قدره 36 مليون دولار سنوياً لفترة 18 عاماً (2000 - 2018) في الولايات المتحدة، لا يزال العديد من الأطفال، لا سيما في المناطق الحضرية الفقيرة، معرضين لخطر التسمم بالرصاص. وفقاً للمراكز الأمريكية لمكافحة الأمراض، في عام 2012، كان هناك ما يقرب من 500000 طفل يعانون من ارتفاع خطير في مستويات الرصاص في الدم.





• العناصر الكيميائية وصحة الحيوان

مثل البشر، تعتمد الحيوانات أيضاً على العناصر النزرة للحفاظ على صحتها. يمكن أن يكون النقص أو الزيادة ضاراً بصحة الحيوان.

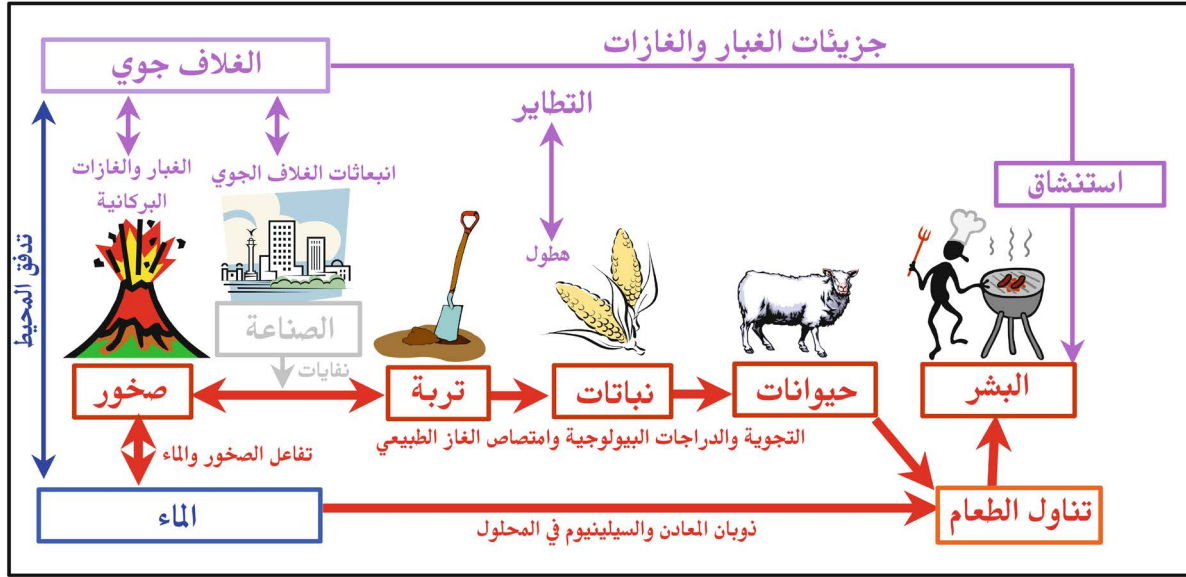
تساعد عناصر مثل الكالسيوم، والكوبالت، والفلور، والمنغنيز، والمولبيديوم، والنحاس، والزنك، والسيلينيوم، واليود، بالكمية المناسبة، في الحفاظ على التمثيل الغذائي المناسب في الحيوانات. يمكن أن يتسبب نقصها في عدد من المشكلات الصحية وقد يصل إلى الموت.

صادف الرحالة ماركو بولو، أثناء سفره نحو عام 1295، منطقة في شمال غرب الصين حيث ماتت خيوله لسبب غير معروف. في وقت لاحق وجد أن النباتات المراكمة **للسيلينيوم** شائعة في هذه المنطقة والتي عند تناولها تؤدي إلى سمية السيلينيوم في الحيوانات.

ومن المحتمل أيضاً أن تكون سمية السيلينيوم قد تسببت في أمراض خطيرة لسلاح الفرسان المريض في جيش الجنرال **جورج كوستر** التي أدت إلى هزيمته في يونيو من عام 1876 في معركة **ليتل بيغ هورن** في شمال غرب الولايات المتحدة.

كما ذكر الباحثون أنه قد يكون أحد أسباب هزيمة الجنرال كوستر هو التسمم بالسيلينيوم لخيوله والبغال. كانت الحيوانات ترعى لعدة أشهر على البقوليات المحلية **Astragalus Bisulcatus**، والتي يُعرف أنها نباتات يتراكم **السيلينيوم** فيها. يُطلق عليها عادةً بويضات الحليب ذات الأخدود أو بسكويت الحليب ذو الأوراق الفضية، وهو نبات معمر مع أزهار تشبه البازلاء.





رسم تخطيطي مبسط لدورة السيلينيوم من البيئة إلى الإنسان. تظهر المسارات الكيميائية الجيولوجية والصحية الرئيسية في الأسهم الحمراء.

كانت هذه البقولييات في حالة ازدهار كامل خلال فصل الربيع، في أكثر حالاتها نضارة وإثراءً عندما كانت الحيوانات ترعى عليها. تسبب ابتلاع كميات كبيرة من السيلينيوم في حدوث تسمم للحيوانات مما جعلها ضعيفة، مشلولة جزئياً، تعاني من ضعف في الرؤية، مما جعلها غير صالحة للخدمة في المعركة. في كلتا الحالتين، كان الشذوذ الجيوكيميائي المحلي مسؤولاً عن مرض الحيوانات. يؤدي الإفراط في تناول السيلينيوم أيضاً إلى تأثير سام حاد، يُطلق عليه اسم الترنح الأعمى، ويسبب العمى القريب، وأمراض الجهاز العصبي الأخرى. تهاجر الحيوانات البرية بين مناطق الرعي المختلفة لتكملة العناصر الغذائية الأساسية التي قد تكون ناقصة في مكان واحد. تستمد الحيوانات الأليفة





العناصر الغذائية من العلف الذي يوفر مدخولاً متوازناً من العناصر الغذائية الأساسية.

ومع ذلك، مع الاتجاه المتزايد في الزراعة العضوية، فإن الحيوانات التي يجري تربيتها في هذه المزارع تتعرض لخطر عدم توازن المغذيات بسبب استخدام الأعلاف المنتجة محلياً بدون الأسمدة الكيماوية. يمكن للمزارعين التغلب على هذه المشكلة عن طريق زراعة نباتات علف معينة تتراكم فيها العناصر الغذائية المفقودة أو تستبعد عناصر معينة تسبب اختلال التوازن الغذائي.

يقدم الباحثون مناقشة شاملة للعناصر النزرة في صحة الحيوان، بما في ذلك الاختلافات بسبب الأنواع والاختلافات في السلالات، والمستويات الموصى بها من العناصر النزرة المشتركة في الأنواع المختلفة.

• الينابيع الساخنة المعدنية والعلاج بالمياه المعدنية

العلاج بالمياه المعدنية هو استخدام المياه المعدنية لعلاج الأمراض عن طريق الاستحمام، بشكل عام في المنتجعات الصحية ذات المياه الحرارية الغنية بالمعادن. كان هذا الأسلوب في العلاج شكلاً قديماً من أشكال الطب يمارس على نطاق واسع منذ العصور القديمة لعلاج الأمراض المختلفة.

في حين أنه لا يوجد إجماع على تصنيف الينابيع الساخنة على أساس درجة الحرارة، فإن الطريقة البسيطة لتصنيف الينابيع الساخنة هي استخدام درجة حرارة جسم الإنسان الأساسية البالغة 36.7 درجة مئوية كدرجة حرارة مرجعية للينابيع الساخنة. يستخدم المعالجون بالمياه المعدنية عموماً التصنيف الآتي:





- الينابيع الباردة: أصغر من 25 درجة مئوية.
- الينابيع الفاترة: 25-34 درجة مئوية.
- الينابيع الدافئة: 24 - 43 درجة مئوية.
- الينابيع الساخنة: أكبر من 24 درجة مئوية.

تستقطب الينابيع الساخنة في العديد من المنتجعات الصحية في جميع أنحاء العالم عدداً كبيراً من الأشخاص لعلاج العديد من الأمراض، مثل الروماتيزم المزمن، والاعتلال العصبي المركزي والمحيطي، والنقرس، والأمراض الجلدية، والأمراض المرتبطة بالإجهاد، وما إلى ذلك.

الينابيع الساخنة ذات درجة حرارة الماء عند أو أعلى بقليل من 20 درجة مئوية شائعة للنقع لعدة ساعات؛ ومع ذلك، يجب توخي الحذر عند استخدام المياه الحرارية فوق 30 درجة مئوية بسبب مخاطر الجفاف والسخونة الزائدة.

لا ينصح بالعلاج بالمياه المعدنية للأشخاص الذين يعانون من السرطان وأمراض القلب والأوعية الدموية ونقص المناعة.





أثر العوامل المناخية على صحة الإنسان

المناخ، أو الحالة الفيزيائية للبيئة الجوية، هو أحد العوامل الطبيعية الرئيسية من وجهة نظر صحة الإنسان. كما قال أبقراط في عام 400 قبل الميلاد: «يتصرف الكائن البشري بشكل مختلف في المواسم المختلفة. يشعر البعض بتحسن في الشتاء والبعض الآخر في الصيف. الطقس الجاف أكثر صحة وأقل خطورة من الطقس الممطر».

بالإضافة إلى تلك الملاحظات العامة، لدينا حالياً التخصصات العلمية المتطورة لعلم المناخ الطبي (**علم المناخ الحيوي البشري**) والأرصاد الجوية الطبية، والتي تدرس العلاقة بين الكائن الحي والظروف الجوية طويلة المدى أو قصيرة المدى وعلاقتها المباشرة بالصحة والمرض.

يمكن الافتراض بشكل اعتباطي أن المناخ المعتدل يمثل القاعدة، وأن الانحرافات الشديدة أو حتى المعتدلة للحرارة أو البرودة والجفاف أو البلل تؤثر بشكل كبير على الوظائف الفسيولوجية للإنسان وصحته.

يؤثر المناخ على قدرة أو ميل الإنسان للنشاط البدني في درجات حرارة مختلفة، ويقلل من مستويات الملح في المناخات الدافئة، ويزيد من الرغبة في تناول الأطعمة ذات السعرات الحرارية (**الدهنية**) في الأراضي الباردة.

يوجد العديد من الأمثلة المختلفة التي لا يمكن تعدادها في هذا الوقت. هدفنا هو تقديم مراجعة موجزة توضح دور هذا العامل الطبيعي في صحة الإنسان.





في المقام الأول، يمكن أن تكون حالات الطقس التي يتعرض لها الإنسان بسيطة أو معقدة، والأخيرة لها تأثير بيولوجي سلبي أكثر وضوحاً على الكائن البشري من السابق.

تعتبر موجات الحرارة القوية ونوبات البرد من حالات الطقس البسيطة، والتي تشمل أيضاً التغيرات المفاجئة في الضغط الجوي والرياح والضباب والإشعاع الشمسي العالمي وهطول الأمطار والتأين الجوي.

نادراً ما تحدث حالات الطقس المعقدة. وقد يحدث ما يسمى بحالات الطقس المحسنة بشكل أكثر ندرة. تحدث عندما يُفرض تلوث الهواء القوي - الضباب الدخاني - على مجموعة العوامل الجوية. من أجل تسهيل دراسة الكائنات الحية البشرية استجابةً لحالات الطقس، يوجد عدد من التصنيفات لحالات الطقس التي تؤدي إلى نشوء بعض الكائنات الحية.

تتشكل الأحداث الجوية بشكل عام في طبقة التروبوسفير، في الغلاف الجوي ليرتفع من 12 إلى 14 كم، وتسمى هذه الطبقة من الغلاف الجوي عموماً «مطبخ الطقس». يمثل الطقس الحالة الحقيقية لقيم العناصر الجوية وحدوثها في نقطة زمنية معينة.

لهذا السبب، فإن الطقس هو مفهوم يحدد من خلال العديدة للعناصر الجوية ورموز الأحداث الجوية. على عكس الطقس، يمثل المناخ مجموعة الظواهر الجوية أو الأحداث الجوية التي تميز متوسط الحالة الفيزيائية للغلاف الجوي فوق بعض المناطق.





• العناصر الجوية

تشمل العناصر الجوية: الإشعاع الشمسي، والإشعاع الأرضي، وطول النهار، والرؤية الأفقية، ودرجة الحرارة، والضغط، والرطوبة، وتدفق الهواء، والتبخر، وارتفاع الغطاء الثلجي، وارتفاع هطول الأمطار.

تشمل الظواهر الجوية: الضباب والسحب والمطر والثلج والبرد والصقيع والجليد. تعتبر التقلبات غير الدورية وغير المتوقعة والمفاجئة في قيم العناصر الجوية ذات أهمية خاصة للبيولوجيا الجوية.

تشهد المناخات المختلفة التي تحدث على الأرض، التأثير المسيطر لعدة عوامل مناخية:

1. خط العرض الجغرافي.
2. مناطق الضغط المنخفض والعالي المستمر.
3. الرياح السائدة.
4. العواصف والكتل الهوائية المتفاعلة.
5. تصرف البر والبحر.
6. البعد من البحر.
7. حواجز السلاسل الجبلية.
8. تيارات المحيطات.
9. الارتفاع فوق مستوى سطح البحر.





وفقاً لذلك، تتمتع مناطق كبيرة معينة من الأرض بمناخ متقلب، يمكن أن يكون قطبياً، أو استوائياً، أو قارياً، أو متوسطياً، أو شبه استوائي، وما إلى ذلك. أما تقسيم الغلاف الجوي وفق المناطق فهو: المناطق المدارية الرطبة، والمناطق القاحلة، والجبال العالية، والمناطق ذات المناخ البحري.

• التأثيرات الحيوية

فيما يتعلق بالتأثيرات الحيوية، يمكن تمييز مجموعات العناصر الجوية الأربعة الآتية: حرارية، ورطبة، وإشعاعية، وهوائية. يؤدي المركب الحراري (درجة حرارة الهواء، وحركة الهواء، والإشعاع الحراري) إلى استجابات التنظيم الحراري للكائن الحي.

يعيق المجموع المتعلق بالرطوبة (تركيز بخار الماء في الهواء وضغط الهواء) عملية التنظيم الحراري ويفرض متطلبات أكبر بكثير على جهاز التنظيم الحراري للإنسان.

يشتمل المجموع الإشعاعي على الإشعاع الشمسي، والأجزاء المرئية والأشعة فوق البنفسجية من هذا الإشعاع لها أهمية خاصة. يتكون المجموع الهوائي على ضغط الهواء والضغط الجزئية للغازات الفردية والمضافات التي يتكون منها الهواء.

بالإضافة إلى دراسة التفاعلات الفسيولوجية العديدة للكائن البشري تجاه المركبات المشار إليها، يراقب علم وظائف العناصر الجوية أيضاً التفاعلات الفسيولوجية الناتجة عن التأثيرات قصيرة المدى والمكثفة والديناميكية في الغالب للتغيرات المناخية المفاجئة.





تحدث معظم التفاعلات الفسيولوجية للكائن الحي استجابة للتغيرات في الظروف المحيطة، وتعتمد شدتها على معدل مثل هذه التغيرات. فيما يلي عدة عوامل تشير إلى كيفية تفاعل الكائن الحي معها:

1. درجة حرارة الهواء

من بين أمور أخرى، يعتمد عمق ومعدل التنفس ومعدل الدورة الدموية وتزويد الخلايا والأنسجة بالأكسجين على درجة حرارة الهواء، وكذلك خصائص التمثيل الغذائي للكربوهيدرات والأملاح والدهون وعمل العضلات.

2. الرطوبة النسبية

يسهل تحمل ارتفاع درجة الحرارة في وجود هواء أكثر جفافاً. ومع ذلك، إذا كانت الرطوبة النسبية أقل من 20%، فإن التبخر من سطح الغشاء المخاطي الذي يبطن الممرات التنفسية يكون كبيراً جداً بحيث يبدأ في الجفاف.

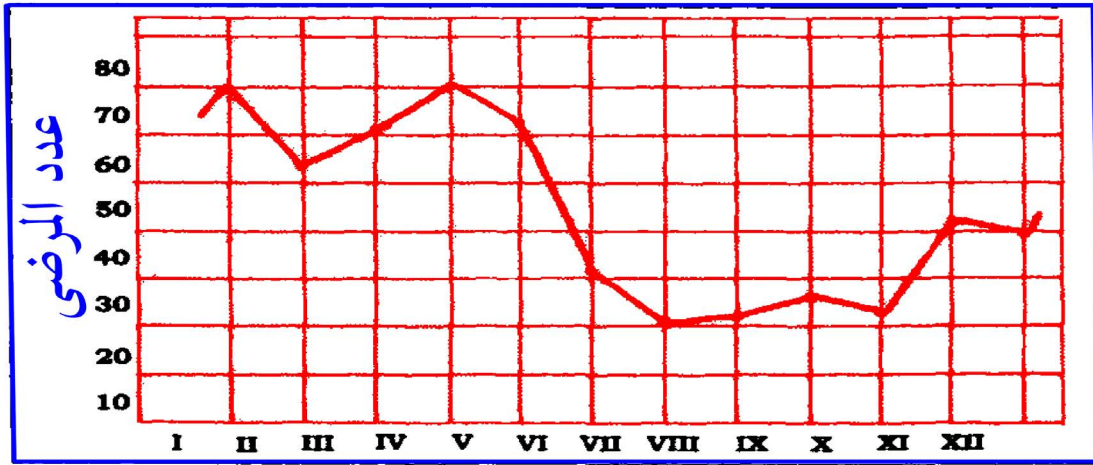
في الصحاري والجبال، يتسبب نقص الرطوبة في إحساس مزعج بالجفاف في الحلق والأنف، وتشقق الشفاه، وتراجع دورها الوقائي كعوامل تمنع دخول الغبار والميكروبات إلى الكائن الحي.

من ناحية أخرى، تؤدي رطوبة الهواء المرتفعة في الطقس البارد إلى نزلات البرد وعضة الصقيع في اليدين والقدمين والأذنين والخددين بسبب التبريد المطول للكائن الحي. عادة ما تؤدي زيادة الرطوبة في الطقس البارد إلى تفاقم وتكرار الإصابة بالروماتيزم والربو القصبي.





هذا هو الحال، على سبيل المثال، في شرق الولايات المتحدة، حيث يبلغ عدد النوبات الحادة من الحمى الروماتيزمية الحد الأقصى في نهاية الشتاء وبداية الربيع.



التفاوت الموسمي لعدد المصابين بمرض نكس الروماتيزم.

3. الضغط الجوي

تؤكد الإحصائيات أن عدد الأزمات مفرطة التوتر يكون أكبر بمرتين في الأيام ذات الضغط الجوي المنخفض مقارنة بالأيام ذات القيم العادية. من الصعب على وجه الخصوص تحمله عندما يكون مزيجاً من الضغط المنخفض مع ارتفاع رطوبة الهواء. ثبت أن انخفاض الضغط الجوي بمقدار 10 مليبار فقط مع تغير الطقس يمكن أن يسبب كوارث في الأوعية الدموية.





4. الرياح

يمكن أن يكون تأثير الرياح على الإنسان إيجابياً أو سلبياً، اعتماداً على عدد من الأشياء. على سبيل المثال 'بورا' (رياح جافة باردة متقطعة تهب على طول ساحل البحر الأدرياتيكي) تعمل بشكل إيجابي على الكائن البشري، إذ يشعر المرضى بتحسن، وهناك تحسن في الإحساس الذاتي بالرفاهية لمرضى المراق والربو. من ناحية أخرى، تثير 'جوغو' (رياح ساحلية رطبة) تأثيرات معاكسة لتلك التي تسببها 'بورا'. وبالمثل، فإن الرياح الساخنة الجافة المتقطعة المعروفة باسم 'فينس' لها تأثير ضار على الكائن البشري، وخاصة التنفس.

• تكيف الكائن الحي

غالباً ما يعاق تكيف الكائن الحي مع التغيرات في البيئة، اعتماداً على كل من الظروف التي يحدث فيها وعلى حالة قدرة الأشخاص المعنيين على التكيف. آلية التكيف معقدة ولم يجر توضيحها بشكل كامل.

إذا لم تتحقق حالة التوازن بين الاستجابات التكيفية والتغيرات في البيئة، تنشأ اضطرابات في الكائن الحي الذي يقع في مجال علم الأمراض الجوية. على وجه التحديد، يمكن أن تؤدي الظروف الجوية إلى ظهور أمراض معينة، أو تفاقم حالة المرضى، أو التسبب في مضاعفات الأمراض الموجودة في الكائن البشري. نناقش أدناه تأثيرات العوامل الجوية لبعض الأمراض والحالات.





1. أمراض الأوعية الدموية الدماغية

أثبت الباحث يوشيجمكي أوهنو **Yoshijmki Ohno** أن النزيف الدماغى يمكن أن يحدث مع زيادة درجة حرارة الهواء فوق 25 درجة مئوية، وانخفاض الرطوبة النسبية في الغلاف الجوى إلى أقل من 40%، وانخفاض الضغط الجوى إلى أقل من 1010 ميغابار.

غالباً ما تسجل هذه المضاعفات في سياق بعض النشاط البدنى خلال فترة البرد من العام. وغالباً ما تحدث السكتة الدماغية بعد انخفاض مفاجئ في الضغط الجوى، مع زيادة في درجة حرارة الهواء، وفي ظل ظروف الرياح القوية والغيوم.

2. الاحتشاء وأمراض الشريان التاجى

تسجل أكبر نسبة حدوث احتشاءات في العضلة القلبية في الفترة الباردة من العام. التبريد المفاجئ له تأثير سلبي على مرضى الشريان التاجى. إن انخفاض درجة حرارة الهواء إلى جانب زيادة الغيوم والضباب له تأثير حيوى غير مواتٍ على مرضى الذبحة الصدرية.

3. قرحة المعدة

تمثل القرحة حالة نموذجية من ضعف التكيف. تحدث الثقوب في أغلب الأحيان خلال فصل الشتاء في غرب سكوداند، وخلال فصل الصيف في شمال سكوداند. إنها حقيقة أن مرضى القرحة يستجيبون للتغيرات المفاجئة في قيم العديد من عوامل الجوى، وخاصة الرياح القوية.





4. الأمراض النفسية

يخضع المرضى النفسيون لتأثيرات العوامل الجوية. المرضى الذين يعانون من النمط السريري لمرض انفصام الشخصية يتفاعلون مع تقدم الهواء الساخن. ينسب العديد من المؤلفين التأثير الحيوي السلبي إلى أيونات الغلاف الجوي.

5. التهاب الشعب الهوائية المزمن والربو القصبي

يعاني المرضى من تدهور حالتهم وعدم الراحة مع زيادة الرطوبة في الغلاف الجوي وفي ظل الأجواء الملبدة بالغيوم. مع انخفاض درجة الحرارة بأكثر من 10 درجات مئوية في فترة زمنية قصيرة، تحدث نوبات الربو لدى جميع المرضى. كما تسجل التفاعلات أثناء مرور الجبهات الجوية.

6. أمراض الروماتيزم

من المعروف منذ فترة طويلة أن الأشخاص الذين يعانون من أمراض الروماتيزم المختلفة هم 'بارومترات حية' ويتفاعلون مع التغيرات المناخية المفاجئة. ينشأ الشعور بعدم الراحة مع التقلبات الكبيرة في درجات الحرارة والرطوبة وبعد الانخفاض المفاجئ في الضغط الجوي. تؤدي أيونات الغلاف الجوي وهناك أيضاً دوراً محدداً في هذه التفاعلات.

7. حوادث المرور

توجد أسباب رئيسية لحوادث المرور. بصرف النظر عن العوامل التي تجعل ظروف القيادة أسوأ (الضباب والطرق الزلقة والأمطار الغزيرة والثلوج والرياح القوية)؛ يوجد أيضاً تأثير التغيرات المناخية المفاجئة على الكائن البشري.





على وجه التحديد، تؤدي التغيرات المناخية التي تحدث في ظل ظروف الأعاصير غير المستقرة إلى الإرهاق واللامبالاة وتباطؤ ردود الفعل لدى البشر. إذا كان السائق يعاني أيضاً من بعض الأمراض المزمنة، فسيؤدي ذلك إلى المبالغة الكبيرة في انخفاض القدرة على القيادة والتركيز العام.

بالإضافة إلى المخاطر التي يتعرض لها الكائن الحي، يمكن أن تؤثر العوامل المناخية والجوية تأثيراً إيجابياً أيضاً. على سبيل المثال، الهدف من العلاج المناخي لمرضى الربو والتهاب الشعب الهوائية هو إبعاد المريض مؤقتاً من بيئة ملوثة والحث على حصوله على ظروف جيدة ودائمة قدر الإمكان عن طريق التعرض لظروف مناخية مواتية بالتزامن مع طرق العلاج الأخرى.





أثر العوامل الهيدرولوجية على صحة الإنسان

لقد احتلت المياه مكانة عالية في تقاليد جميع الشعوب والثقافات. فمنذ العصور السحيقة، عرف الإنسان أنه يرتبط ارتباطاً وثيقاً بالمياه ولا يمكنه البقاء إلا في الأماكن التي يتوفر فيها الماء.

لذلك من الواضح أن تأثير المياه على تطور الحضارة هو أكبر بشكل ملحوظ من تأثير جميع الموارد الطبيعية الأخرى، بحيث يمكن وصف تاريخ البشرية بكامله حالياً من ناحية الحاجة للمياه.

نشأت الحضارات السابقة حصرياً حول مجاري الأنهار العظيمة: نهرا دجلة والفرات في بلاد ما بين النهرين، ونهر النيل في مصر، ونهر السند في الهند، ونهر يانغتسي في الصين. قام المصريون حول النهر ببناء أنظمة معقدة لهندسة المياه وأنظمة الري على وجه الخصوص، وذلك نحو 3200 عام قبل الميلاد.

وهكذا، على سبيل المثال، يسجل المؤرخ هيرودوت أن فرعون مصر الأول، الفرعون مينا، بنى سداً على النيل غير مسار النهر. اندهش المؤرخ من البحيرة الاصطناعية، التي امتدت على حد تعبيره بطول 450 ميلاً وكانت تقريباً بطول ساحل البحر بكامله في مصر.

وقد احتفل الإنسان بأعياده وأماكنه المقدسة من خلال تنظيم مجاري المياه وتحسين الينابيع. ومع ظهور الثورة الصناعية وزيادة الانشغال بالقيم المادية، أزال الإنسان الماء من عرشه الأسطوري وبدأ في التصرف تجاهه كما أي مورد طبيعي آخر.

وربما لأنه كان يؤمن بالوفرة التي لا تتضب من المياه على هذا الكوكب، فقد أخضع المياه للتطور الصناعي غير المنضبط، باستخدامه وتلويثه دون رحمة.



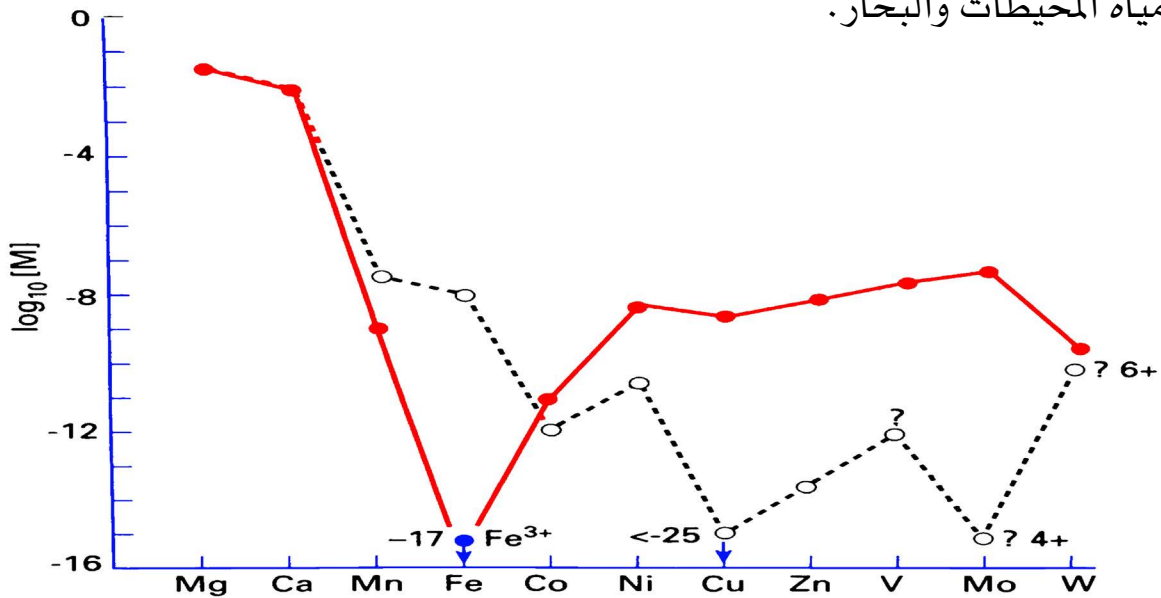


لم تكن هناك حاجة إلا إلى سوى عقود قليلة من مثل هذا السلوك البشري لمواجهة مشكلة المياه العالمية أي مشكلة مياه الشرب النظيفة.

صار ضمان توفير مياه الشرب النظيفة وحمايتها من التلوث والاستغلال الجشع واحدة من أكثر المشكلات إلحاحاً التي تواجه البشرية، واليوم تعد المياه المادة الخام الاستراتيجية الأساسية.

• الموارد المائية للكوكب

إن توزيع الحجم الإجمالي للمياه على الأرض واضح. يمكن ملاحظة أن 96.5% (1338 مليون كيلومتر مكعب) من موارد المياه في العالم تقع في حدود المياه المالحة، أي مياه المحيطات والبحار.



محتويات البحر من المعادن والعناصر الكيميائية. يعطي الخط الأسود المتقطع التركيز المولي في أكثر البحار بدائية ويعطي الخط الأحمر الكامل التركيز في البحر اليوم.



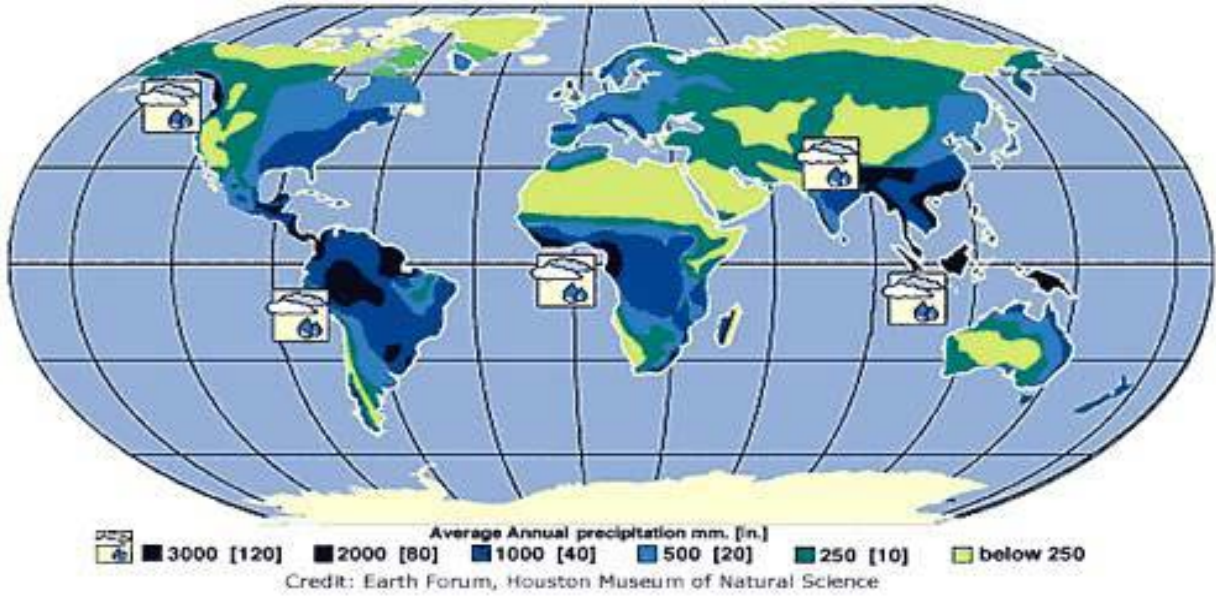


فقط 35 مليون كيلومتر مكعب من المياه أو نحو 2.53% تنتمي إلى فئة المياه منخفضة المعادن، والتي هي ذات أهمية كبرى للبشرية. من هذه الكمية المنخفضة - المياه المعدنية، ما يقرب من 70% - أو 24 مليون كيلومتر مكعب على وجه الدقة - تتراكم في الجليد في القطب الشمالي والقارة القطبية الجنوبية والأنهار الجليدية في آسيا وأمريكا الشمالية و (إلى حد ما) أوروبا.

إنّ نحو 30% من المياه المعدنية المنخفضة تكون على شكل مياه جوفية، في صخور قابلة للنفاذ في التربة كخزانات مؤقتة مهمة جداً لهطول الأمطار في الغلاف الجوي. فقط 0.006% من جميع المياه منخفضة المعادن تسقط على موارد المياه السطحية الأرضية، أي البحيرات، والخزانات والمستنقعات ومجري الأنهار.

يمثل هطول الأمطار من الغلاف الجوي عنصر الإدخال الرئيسي أو عنصر تجديد المياه على الأرض. يمكن الإشارة إلى أن طبقة يبلغ متوسط سمكها ما يقرب من 0.9 متر تسقط سنوياً على سطح الأرض. يؤدي تجديد المياه إلى فصل المياه عملياً عن جميع المواد الخام الأخرى في الطبيعة، وهو ما يعود بالفائدة على الإنسان. ومما لا شك فيه أنه يجب الانتباه أيضاً إلى الجوانب السلبية للوضع، أي التفاوت الجغرافي في توزيع هطول الأمطار وعدم المساواة في نظامه من حيث الوقت.





تتلقى أماكن مختلفة على سطح الأرض كميات مختلفة من الأمطار في السنة وهذا أيضاً في مواسم مختلفة. بشكل عام، بينما ننطلق من خط الاستواء نحو القطبين، يتناقص هطول الأمطار بشكل مطرد. تتلقى المناطق الساحلية من العالم كميات من الأمطار أكبر من المناطق الداخلية للقارات.

• المياه والصحة

أهمية الماء في حياة النباتات والحيوانات والإنسان عظيمة جداً. الماء عامل أساسي مثل الهواء لوجود الإنسان في البيئة الطبيعية، ويشكل تقريباً النسبة المئوية نفسها للكائن البشري كما هو الحال في تكوين المحيط الحيوي: نحو 70%.

من الناحية التصورية، يمكن القول إن الكائن البشري هو في الأساس محلول مائي تحدث فيه جميع عمليات التمثيل الغذائي. لذلك من السهل إدراك أنه من أجل تلبية احتياجات الكائن الحي، فإن الحصول على كميات كافية من المياه من البيئة الطبيعية يمثل مطلباً بيولوجياً أساسياً.





ومن ثم، في ظل ظروف مناخ أوروبا الوسطى، يجب أن يأخذ الرجل البالغ ما يقرب من ثلاثة لترات من الماء يومياً حتى يتمكن من العيش؛ أما في الصحراء، من ناحية أخرى، فهو يحتاج إلى 121 لتر في اليوم.

بسبب وظيفتها، لا يمكن الاستبدال بالمياه أي شيء آخر: فهي مشارك دائم في العمليات الكيميائية الحيوية التي تحدث في الكائن البشري.

إن أهمية الماء للصحة معروفة منذ زمن بعيد. لقد أوصى أبقراط بالفعل بالاستحمام باعتباره الإجراء الأكثر فعالية للحماية من العديد من الأمراض.

إن معرفة الرومان القدماء جيداً بأهمية المياه بالنسبة للصحة يمكن رؤيتها من القنوات الرومانية الشهيرة والحمامات العامة والمنتجعات الصحية التي قاموا ببنائها وتحسينها في جميع أنحاء الإمبراطورية الرومانية.

تتبعكس الأهمية الصحية للمياه ودورها في حقيقة أن الإمداد بالمياه الصالحة للشرب بكميات كافية يحسن الظروف المعيشية ويرفع مستوى الصحة العامة ويقلل من الوفيات (في المقام الأول من الأمراض المعدية).

وبهذه الطريقة، فإنها تزيد بشكل مباشر من طول ونوعية الحياة. تشير العلوم والممارسات الطبية الكلاسيكية والافتراضات الطبية الحالية القائمة عليها بشكل لا لبس فيه إلى أن الإمداد بمياه الشرب يرتبط ارتباطاً وثيقاً بخطر الأمراض المعوية المعدية.

الراحة والاستجمام النشط مهمان للأشخاص الأصحاء. إنها تعزز الزيادة التي تشتد الحاجة إليها في المقاومة العامة للكائن الحي، وتقوي عضلات الجسم الكلية، وتحسن وظائف القلب والجهاز التنفسي، وترفع مستوى المناعة العامة





كتعبير عن القوة الطبيعية للكائن الحي وقدرته على الدفاع عن نفسه من الأمراض.

تؤكد العديد من الدراسات العلمية في مجال النظافة الطبية والطب الرياضي الحديث التأثير الإيجابي الكبير للطرق والإجراءات المختلفة المستخدمة في استخدام المياه للأغراض العلاجية.

يتزايد الاعتراف بقيمة المياه الصحية والتجميلية والرياضية والترفيهية بما يتماشى مع تنمية الوعي الصحي لسكان وتحسين الصحة العامة والثقافة البدنية.

الأهمية الفسيولوجية للماء كبيرة بشكل استثنائي ودور الماء متنوع جداً لأن جميع العمليات الحيوية في الكائن الحي مرتبطة بوجودها. يضمن وجود الماء في الخلايا جميع أنشطة التمثيل الغذائي لها.

في الموضع التي تكون المياه خارج الخلية، فإنه من الممكن حدوث التبادل الأيضي للخلايا في الأنسجة والتبادل بين الدم وسوائل الأنسجة.

يمثل الماء مذيباً عاماً لمعظم المواد العضوية وغير العضوية ووسيطاً للتفاعلات الكيميائية والفيزيائية - الكيميائية المرتبطة بتبادل المادة والطاقة في الكائن الحي. تنتقل العناصر الغذائية بوساطة الماء، ويحافظ على الهيكل الطبيعي لجميع الأنسجة في الكائن الحي ويزيل المنتجات النهائية لعملية التمثيل الغذائي. يؤدي الماء دوراً مهماً - إن لم يكن أساسياً - في الحفاظ على درجة حرارة ثابتة للجسم وتنظيم مسار العمليات الحيوية الأخرى.

يجد الكائن البشري صعوبة في تحمل نقص المياه. يؤدي فقدان الماء بنسبة 2 - 3% من وزن الجسم بالفعل إلى الحاجة إلى إعادة التوازن المائي والمعادن.





يزيد نقص الماء في الكائن الحي من **الأسموزية Osmotic** (أي قياس تركيز المادة المذابة) لمحتويات الأمعاء ويهدد توازن عمليات امتصاص وإفراز الماء والسوائل من التجويف إلى الأوعية الدموية.

الأمر الذي يسبب العطش، والذي يصعب تجاهله من بين كل الدوافع البشرية. فإذا لم يجر تعويض فقدان الماء في الوقت المناسب، فإن جميع المعايير الصحية تتدهور بسبب اضطراب العمليات **الفسيوولوجية**، وتحدث الوفاة بفقدان 10 - 20 % من إجمالي السوائل.

• الأهمية الصحية للمياه

تتجلى الأهمية الصحية للمياه قبل كل شيء في دورها في الحفاظ على النظافة الشخصية والعامة. تتطلب الاحتياجات الصحية وغيرها من الاحتياجات اليومية للمياه كميات أكبر بكثير مما هو مطلوب لتلبية المتطلبات الفسيولوجية الأساسية.

إذا كان استهلاك المياه محدوداً، فإن صعوبة الحفاظ على النظافة العامة والشخصية تؤثر بشكل سلبي على الحالة الصحية العامة وتؤدي إلى ظهور القمل والأمراض الفطرية للجلد والأمراض المعوية وغيرها من الأمراض المعدية والطفيلية.

كانت أهمية المياه في انتقال وانتشار الأمراض المعدية معروفة بالفعل في العصور القديمة. فقد أوصى أبقراط باستخدام الماء المغلي فقط. كتب هيرودوت أن الملوك الفرس حملوا الماء المغلي في براميل مع شرائط فضية لاستخدامه من قبل الجيش (وهو أول وصف لتعقيم المياه).





إن الدور الوبائي للمياه، أي دور الماء في انتقال وانتشار الأمراض المعدية، صار اليوم معروفاً جيداً. نلاحظ العديد من الأمراض المعدية أدناه.

1. الكوليرا

عُرفت منذ زمن أبقراط، عندما أطلق عليها هذا الاسم. ظهرت لأول مرة في شكل أوبئة، ولكن في عام 1817 ظهرت في آسيا على أنها جائحة استمرت حتى عام 1823. في سياق الجائحة الثانية (1826-1837)، احتضن هذا المرض الخطير كل أوروبا وحمله المهاجرون إلى القارة الأمريكية. من ذلك الوقت حتى عام 1923، سجلت أربع أوبئة أخرى أصيب فيها مئات الآلاف من الأشخاص بالمرض.

ظهرت حالات الكوليرا المستوردة في أوروبا في عامي 1989 و1994. وكانت المقاومة العالية للعامل (بكتيريا نوع ضمة الكوليرا *Vibrio cholerae*) هي السبب في استمرار وجود البؤر المتوطنة.

تعتبر الهند موطن الكوليرا، حيث تمثل دلتا نهرى الغانج وبراهماپوترا البؤر الرئيسية المتوطنة. اكتشاف عامل الكوليرا مرتبط باسم روبرت كوخ.

2. حمى التيفوئيد

هو مرض معد حاد جداً تسببه بكتيريا من نوع الحمى التيفية *Salmonella typhi* تحدث الأوبئة الكبرى في المستوطنات على الأنهار الكبيرة وغالباً ما تحدث بسبب استهلاك المياه الملوثة أثناء الفيضانات.

3. الزحار البكتيري

تسببها بكتيريا من جنس شيجيلا *Shigella*، فمياه الشرب الملوثة مهمة في انتشار هذا المرض المعدي الحاد. ينتشر الزحار في جميع أنحاء العالم، لا سيما في المناطق الدافئة مع الأمطار الموسمية.





عامل ما يسمى بمرض ليغونايير **Legionnaire** هو نوع شديد المقاومة من البكتيريا التي تعيش في الماء لمدة تصل إلى عام.

4. شلل الأطفال

شلل الأطفال مرض تسببه فيروسات شلل الأطفال. تنتشر فيروسات شلل الأطفال عن طريق الأشياء الملوثة ذات الاستهلاك العام، والطعام، وخاصة الماء المشترك بين الأشخاص. مع إدخال لقاح سابين واستخدامه، انخفض عدد المصابين بشلل الأطفال منذ الستينات، لكنه عاود الظهور عام 2022 مرة أخرى بعد أن كان يُعتقد أنه سيقضى عليه قريباً عالمياً.

5. فيروسات كوكساي

هي عوامل لمجموعة كاملة من الأمراض مثل التهاب الفم الوعائي، والتهاب السحايا، والتهابات المسالك التنفسية العليا، والتهاب عضلة القلب، وما إلى ذلك. ينتقل الفيروس عن طريق الطعام الملوث أو مياه الشرب والأشياء ذات الاستخدام العام.

6. التهاب الكبد A

هو مرض فيروسي آخر يحدث غالباً بين الأطفال في سن المدرسة نتيجة لسوء النظافة. ينتقل المرض في معظم الحالات عن طريق استهلاك مياه ملوثة بالفيروس. إن الصورة السريرية الأكثر خطورة من التهاب الكبد A هي سمة من سمات التهاب الكبد E، الذي ينصب تركيزه على الوباء في الجزائر.

تعد وديان الأنهار غنية بشكل خاص بعوامل الأمراض المعدية. كقاعدة عامة، تميل تضاريس الأرض المسطحة إلى تجانس غطاء التربة، وتوحيد الغطاء النباتي، وبنية موحدة إلى حد ما للتكاثر الحيوي.





يمكن أن يكون للبحيرات ذات الغابات المحيطة، ومجري الأنهار المؤقتة (الأودية) في المناطق الصحراوية، والخزانات، وقنوات الري أهمية وبائية كبيرة.

ومن الأمثلة المفيدة على ذلك التكاثر السريع للبعوض وغيره من الحشرات الحاملة للأمراض التي حدثت على طول قناة كارا كوم التي يبلغ طولها 800 كيلومتر، والتي بنيت بين نهر آمو داريا ومدينة عشق آباد في تركمانستان لري التضاريس الصحراوية الرملية هناك.

لقد درست بالفعل تأثير العوامل الجيوكيميائية في ظل الظروف الطبيعية، وقبل كل شيء الدور الذي تؤديه العناصر الدقيقة للمياه الجوفية والتربة في حدوث عدد من الأمراض.

في المناطق القاحلة، حيث يتضخم التأثير السلبي لهذه العوامل بسبب ارتفاع درجة حرارة البيئة، من الممكن تحديد (من بين أمور أخرى) المناطق التي يزيد فيها معدل الإصابة بالفلور وتضخم الغدة الدرقية نتيجة لارتفاع محتوى الفلور أو نقص اليود في الماء.

وفقاً لبعض المؤلفين، يرتبط سرطان المريء في الظروف الجافة (من بين أمور أخرى) بنقص مياه الشرب الجيدة واستخدام المياه المحلاة التي تفتقر إلى المزيغ الأمثل من المعادن والعناصر الدقيقة.

إذاً الماء مهم بشكل استثنائي ولا يمكن الاستغناء عنه لسببين: فهو مادة أساسية فسيولوجياً من ناحية، ويمكن أن يهدد بشكل مباشر أو غير مباشر حياة الإنسان وصحته من ناحية أخرى.





يعد الإمداد بالمياه الصالحة للشرب أمراً ضرورياً لحياة حديثة ومستوى معيشي لائق، ويمكن أن يكون بمثابة أفضل مقياس تركيبى لازدهار ورفاهية السكان.

في البلدان المتقدمة اقتصادياً، تتوفر كمية كافية من المياه ذات الجودة العالية بواسطة أنظمة إمدادات المياه منذ بداية القرن التاسع عشر. ونتيجة لذلك، جرى التحقق بالفعل من حدوث وانتشار الكوليرا لاحقاً وحمى التيفوئيد خلال ذلك القرن.

للأسف، أفسدت هذه النتائج بسبب الزيادة المستمرة في تلوث مصادر المياه في النصف الأول من القرن العشرين، وحدثت أوبئة مختلفة بشكل متكرر.

كما أن الصورة غير مواتية أكثر في البلدان النامية، التي تضم ثلثي سكان العالم. على مساحة شاسعة، يتزود ثلث سكان الحضر فقط بالمياه من أنابيب المياه العامة. إذا أخذ مجموع السكان في الاعتبار، فإن الوضع أسوأ.

وفقاً لبيانات منظمة الصحة العالمية (WHO)، لم يكن لدى نحو 1.3 بليون شخص (معظمهم من سكان البلدان النامية) في منتصف الثمانينات إمدادات مياه مشتركة، ولم يكن لدى 1.8 بليون شخص نظام للتخلص من مياه الصرف الصحي.

كما أفادت منظمة الصحة العالمية أن 80% من جميع الأمراض في العالم تنشأ من المياه غير الصحية: نحو 400 مليون شخص يعانون من التهاب المعدة والأمعاء، و160 مليوناً من الملاريا، و30 مليوناً من داء كلابية الذنب، و200 مليون من داء البلهارسيا.





دور المحيط الحيوي على الإنسان والبيئة

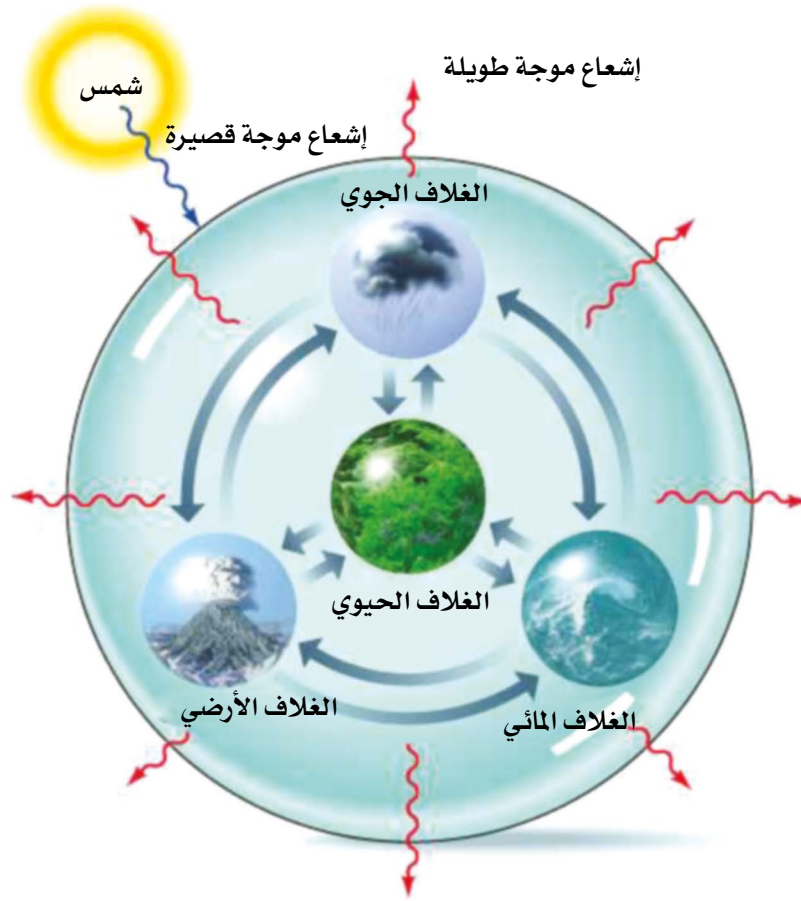
تعتمد الأنظمة الأرضية الأربعة: المائية والحيوية والصخرية والجوية على بعضها البعض، يمكن أن يتسبب التغيير في نظام ما في حدوث تغييرات في نظام آخر. يتم الحفاظ على الغلاف أو المحيط الحيوي من خلال التفاعلات مع الغازات من الغلاف الجوي ومعادن الغلاف الصخري ومياه الغلاف المائي في دورة الطاقة. يعد الغلاف الجوي ضرورياً للغلاف الحيوي لأنه يمد الكائنات الحية بالأكسجين والماء وثاني أكسيد الكربون وبعض العناصر الغذائية، ويحمي الكائنات الحية من درجات الحرارة الشديدة والأشعة فوق البنفسجية.

المحيط الحيوي Biosphere عبارة عن طبقة رقيقة نسبياً من سطح الأرض تدعم الحياة، وهو الحيّز أو المكان أو الوسط الذي تعيش فيه الكائنات الحيّة، ويمتدّ من أكبر عمق في البحار والمحيطات ويُقدَّر بـ **13** كم، ويصل إلى أعلى ارتفاع فوق الجبال ويُقدَّر بـ **11** كم. المحيط الحيوي هو نظام بيئي عالمي يتكون من الكائنات الحية (الكائنات الحية) والعوامل غير الحية (اللاأحيائية) التي تزودهم بالطاقة والمغذيات. منذ حوالي **3.8 بليون سنة**، ازدهرت بدائيات النوى المبكرة في محيط حيوي بدون أكسجين. في النهاية، تطورت بعض هذه الكائنات إلى كائنات قادرة على استخدام الضوء والماء وثاني أكسيد الكربون لإنشاء مركبات غنية بالطاقة الكيميائية مع إنتاج جزيئات الأكسجين كمنتج ثانوي. سرعان ما أدت زيادة كمية الأكسجين في الغلاف الجوي إلى زيادة التنوع البيولوجي مع وجود الكائنات الهوائية وتطورها. يسمح هذا للمحيط الحيوي بالحفاظ على حياة أكثر تعقيداً مثل النباتات الوعائية والحيوانات والبشر للبقاء على قيد الحياة في وجود الأكسجين. ويعتبر مصدراً موثوقاً





للغذاء على الأرض. تُعرف المناطق الآمنة لحماية النباتات والحيوانات باسم محميات المحيط الحيوي. كما أنه يساعد على استعادة أسلوب الحياة التقليدي للقبائل في المنطقة.



يتشكل النظام الأرضي من خلال تفاعل الأغلفة الجوية والمائية والحيوية والأرضية مع بعضها. يتفاعل الغلاف المائي والغلاف الجوي لتكوين هطول الأمطار. تحتاج جميع الكائنات الحية إلى إمدادات المياه للبقاء على قيد الحياة. يؤثر الغلاف المائي على الغلاف الصخري من خلال تكوين الأنهار والجداول والمجري المائية.





• تفاعل العوامل البيولوجية

وفقاً لفيما دسكي، لا توجد قوى كيميائية على سطح الأرض أكثر ثباتاً وأقوى في عواقبها النهائية من الكائنات الحية ككل. حيث إنّ التأثير الكلي للنشاط الجيوكيميائي للكائنات خلال مجمل التاريخ الجيولوجي لكوكبنا كبير جداً.

على سبيل المثال، يرى الباحث بيرلمان على أن إنتاج المواد العضوية على مدى السنوات الحيوية الماضية كان أكبر بعشر مرات من الكتلة الكلية لقشرة الأرض، بغض النظر عن حقيقة أن كتلة المواد العضوية في المحيط الحيوي كمواد حية ثابتة وتشكل 0.1% فقط من كتلة المادة المعدنية في قشرة الأرض.

مادة المحيط الحيوي مشربة بالمواد المعدنية من قشرة الأرض، لذلك من الصعب اليوم في كثير من الأحيان فصل ما هي المواد المعدنية والمواد العضوية من أصل بيولوجي. تم تنفيذ المهمة الهائلة لتدمير المواد العضوية الميتة، وهو نوع من التنظيف الفريد للبيئة، في الغالب بوساطة الكائنات الحية الدقيقة.

المركبات المعدنية المتكونة أثناء تحلل المواد العضوية تمتص إلى حد ما بوساطة النباتات، وتصبح العناصر الكيميائية مرة أخرى جزءاً من أجسام الكائنات الحية، ليجري تمعدنها مرة أخرى في عملية التنفس وخاصة بعد موت النباتات والحيوانات. بهذه الطريقة، يحدث الدوران البيولوجي للذرات في الطبيعة. يعتمد ظهور التندرا أو التايغا أو السهوب أو أي نوع آخر من المناظر الطبيعية على كمية المادة العضوية المتكونة في مكان معين على الأرض، وتكوين هذه المادة، ومعدل تحللها.





تمثل المحيطات منطقة خاصة من المحيط الحيوي، حيث لا يمكن فصل الماء عن الحياة أو الحياة عن الماء. ومن ثم، فإن أكبر إنتاج للكتلة الحية على الأرض هو في المحيطات، ومن المنطقي معاملتها كمورد غذائي واعد جداً. هنا تقوم الطحالب المجهرية بتجميع المادة العضوية عن طريق التمثيل الضوئي وربط الطاقة الشمسية بها. يعمل إنتاجها كغذاء للعوالق، التي تأكلها الكائنات الحية الأكبر، مثل الأسماك وعدد من المستهلكين البعيدين بما في ذلك الحيتان والطيور وأخيراً الإنسان. تتحلل كتلة العوالق 'غير المستهلكة' وتتحول مرة أخرى إلى مادة غير عضوية تنشطها الطحالب.

السمة الحاسمة للمادة الحية هي قدرتها على إجراء التمثيل الضوئي، وهو تفاعل كيميائي فريد منتشر على سطح الأرض يصنع من خلاله المادة العضوية من ثاني أكسيد الكربون والماء بمساعدة الطاقة الشمسية. هذا التفاعل مصحوب بوجود الأكسجين.

تتكون كمية الأكسجين الحر في الغلاف الجوي الحالي من نحو **280000** بليون طن، وكل هذا الأكسجين - نتاج الحياة على الأرض - هو نتيجة لعملية التمثيل الضوئي. أما المكون الثاني المهم للهواء، النيتروجين، الذي يتشكل بوساطة نشاط الكائنات الحية الدقيقة.

من ناحية أخرى، امتصت النباتات الخضراء ثاني أكسيد الكربون من الهواء على مدى فترة طويلة من الزمن الجيولوجي، مما أدى إلى انخفاض محتوى ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي الحالي (**0.03%**).

طاقة ضوء الشمس اللازمة لتحليل الماء إلى أكسجين وهيدروجين تمتصها النباتات وتحفظها في موادها العضوية. بهذه الطريقة، تعمل النباتات الخضراء





كمراكمات فريدة للطاقة، تستخدمها الحيوانات في التغذية، لأنها نفسها غير قادرة على تكوين مادة عضوية من أجسام معدنية بسيطة (H_2O و CO_2).

تحدد الكائنات الحية من خلال نشاطها إلى حد كبير الخصائص الكيميائية لمكونات المناظر الطبيعية (الماء والتربة والهواء). على سبيل المثال، الأكسجين وثنائي أكسيد الكربون والأحماض العضوية هي نتاج استقلاب الكائنات الحية، ويدخلها جزء كبير من الكالسيوم والكبريت والمغنيزيوم وعناصر أخرى في الماء نتيجة تحلل بقايا جثث الكائنات الحية. تؤثر المادة الحية على الخصائص الكيميائية للتربة بدرجة لا تقل عن ذلك.

العالم الحي غني جداً ومتنوع. تشير التقديرات إلى أن الأرض يسكنها نحو 1.5 مليون شكل مختلف من أشكال الحياة، والتي تختلف فيما بينها في علاقتها بالبيئة والاعتماد عليها، وكذلك فيما يتعلق بدورات حياتها.

تضم المملكة النباتية نحو 500 ألف نوع، وتقترب المملكة الحيوانية من المليون. يصل عدد البكتيريا وحدها إلى ستة آلاف نوع، وهي في الغالب غير مرئية بالعين المجردة (هناك استثناءات).

بينما لا تستطيع بعض البكتيريا البقاء على قيد الحياة بدون الأكسجين (الأنواع الهوائية)، يعيش بعضها الآخر فقط في وسط بدون أكسجين (الأنواع اللاهوائية). توجد الأنواع المسببة للأمراض بين البكتيريا. مع ذلك، فإن الحياة النباتية لها أهمية حيوية للإنسان، ومن المنطقي إيلاء اهتمام خاص للنباتات التي تشكل إحدى مجموعتي الكائنات الحية.





هناك مجتمعات حية متنوعة جداً - الكائنات الحية الحيوية - موجودة على الأرض. كل مجتمع من هذا القبيل يمتلك خصائص معينة. تحدد الخصائص المحددة للتكاثر الحيوي قبل كل شيء من خلال موائلها والمناخ المحلي.

نموذجياً هي مجتمعات كبيرة: التكاثر الحيوي من نوع الغابات المتساقطة وأنواع أخرى (الغابات الاستوائية المطيرة، السهوب، المروج، الصحراء، التندرا، إلخ). الحياة النباتية والحيوانية نادرة جداً في مناطق الجليد الدائم والثلج مباشرة حول القطبين.

في المناطق الفسيحة من التندرا في القطب الشمالي جنوب منطقة القطب الشمالي مباشرة، يتميز التكاثر الحيوي بنباتات شجيرية منخفضة وطحالب وأشنيات. منطقة التايغا (الكندية والأوروبية والسيبيريا) هي منطقة من الغابات الصنوبرية، والتي تمتد جنوباً إلى مناطق الغابات المتساقطة (أوروبا الغربية والوسطى، شرق آسيا، وجنوب شرق أمريكا الشمالية).

تظهر مجتمعات مختلفة من الغابات والشجيرات دائمة الخضرة في المناطق شبه الاستوائية الدافئة، كما هو الحال في مناطق البحر الأبيض المتوسط، بينما تظهر النباتات الاستوائية والاستوائية في أقصى الجنوب.





• المملكة النباتية

تؤدي المملكة النباتية دوراً لا غنى عنه في تداول المادة في الطبيعة. بفضل عملية التمثيل الضوئي، تصنع النباتات نوعاً خاصاً من الطاقة - الكتلة الحيوية - من مادة غير عضوية. ينتج نحو 350 بليون طن من الأكسجين سنوياً على الأرض.

بسبب الأكسجين واستيعاب ثاني أكسيد الكربون، يُقال إن المملكة النباتية تمثل مصدر الحياة على الأرض، والترابط البيولوجي بين النباتات والإنسان هو بُعد خاص من المحيط الحيوي.

للنباتات وظائف مهمة أخرى في حياة الإنسان، ليس في التغذية وحسب، وإنما أيضاً في اللباس وكمواد خام للمعالجة الصناعية، بما في ذلك استخدامها في صناعة الأدوية. وبالمثل، تعتمد مملكة الحيوان بشكل كبير على النباتات، كغذاء ولأن المجتمعات النباتية (الغابات والمراعي) توفر موائل للحيوانات.

لقد حُددت ست مناطق نباتية على سطح الأرض: القطبية الشمالية **Holarctic** والمملكة القديمة المدارية **Paleotropical** والمدارية الجديدة **Neotropical** والإقليم الأسترالي **Australian** ومنطقة كابلان **Kaplan** والقطبية الجنوبية **Antarctic**. أكبرها هي منطقة الزهور القطبية الشمالية، والتي تشمل أكثر من نصف الكرة الأرضية وتشمل المناطق المعتدلة والقطبية في نصف الكرة الشمالي.

تمثل الغابات شكلاً فريداً من أشكال المجتمع النباتي، ومورداً طبيعياً ثميناً له أهمية لا تقدر بثمن للبشرية. تشغل الغابات ثلث مساحة الأرض في العالم. من بين القارات، تعد الأمريكيتان وآسيا الأغنى في الغابات، في حين أن أوروبا وأستراليا هما الأفقر في هذا الكنز الطبيعي. تبرز الغابات الاستوائية وشبه





الاستوائية فيما يتعلق بثروة الأنواع لكل هكتار، وعدد المستويات، وارتفاع الأشجار، كما أنها ذات أهمية كوكبية كمصانع للأكسجين.

• المملكة الحيوانية

المملكة الحيوانية متنوعة جداً، مع وجود انقسامات مختلفة. أكثر أنواع الحياة الحيوانية انتشاراً هي الكائنات أحادية الخلية أمثال الأميبات، والمنخريات، والراديولا، والكائنات الحية الدقيقة الأخرى موزعة على نطاق واسع جداً، ولكن أقل بكثير من البوريفيرات، والحلقيات، والمفصليات أو أنواع أكثر من ذلك بكثير مثل الزواحف والأسماك والطيور والثدييات.

من المثير للاهتمام أن نلاحظ وجود نحو 8600 نوع من الطيور على الأرض. إنها تعيش في جميع خطوط الطول والعرض، وعلى الأنهار وشواطئ البحار، وعلى الجبال العالية، وفي المستوطنات.

تشكل الأسماك جزءاً جيداً من النظام الغذائي للإنسان، مثلها مثل العديد من أنواع الحيوانات الأليفة مثل الماشية والخنازير والأغنام والدواجن. تعيش القروء في الغالب في المناطق الاستوائية في آسيا وأفريقيا.

تتشكل مناطق نباتية وحيوانية مختلفة بسبب تأثير العوامل الحيوية وغير الحيوية. مع أن هذه المناطق لا تتطابق في المكان، إلا أن الترابط والتعاقد بين الحياة النباتية والحيوانية يتجلى في كل منها.

يوجد سبع مناطق حيوانية: الأفريقية، والهندو ماليزية، والقطبية الشمالية، والمدارية الجديدة، والأسترالية، والبولينيزية، والقطبية الجنوبية. في هذه



الحالة أيضاً، تحتل المنطقة القطبية الشمالية أكبر مساحة: أوروبا وإفريقيا مع الصحراء وجزء كبير من آسيا وأمريكا الشمالية. ومع ذلك، فإن المناطق الأفريقية والهندو ماليزية لديها أغنى الحيوانات.

• مراحل التأثير البشري

ينقسم تاريخ التأثير البشري على الطبيعة إلى أربع مراحل بيئية: المرحلة الأولية، والمرحلة الزراعية المبكرة، والمرحلة الحضرية المبكرة، والمرحلة الصناعية الحديثة.

1. المرحلة الأولية

ربما كان البشر يختلفون كثيراً في مدى وطبيعة نشاطهم البيئي عن مجموعات الثدييات النهممة الأخرى. من الممكن أن يكون استخدام النار، الذي بدأ منذ أكثر من نصف مليون سنة، قد تسبب في حدوث تغيرات نوعية أولى في العلاقات بين الإنسان ومحيطه.

2. المرحلة الزراعية المبكرة

بدأت هذه المرحلة منذ نحو 12 ألف عام، حيث قام الإنسان بتدجين الحيوانات والنباتات وتطوير تكنولوجيا الزراعة. مع كل التغييرات التي أحدثتها الزراعة، إلا أن الأنشطة البشرية لم تؤثر على البيئة أكثر من ذلك، وهذا يعني قبل كل شيء الدورات البيوجيوكيميائية الطبيعية للمحيط الحيوي مثل دورات الكربون والنيتروجين والفوسفور.





3. المرحلة الحضرية المبكرة

أحدثت هذه المرحلة (التي بدأت قبل 5000 عام) سلسلة من التغييرات الأساسية في تنظيم المجتمع البشري، وبشكل أساسي زيادة في عدد الأشخاص في مساحة محدودة والاعتماد على الغذاء الذي ينتجه المزارعون المحيطون. بسبب عدم تناسق الطعام، ظهرت أمراض معينة مثل الكساح (ليونة العظام وضعفها في الأطفال)، والاسقربوط (نقص في فيتامين (C))، والبري بري (نقص في فيتامين (B1))، والبلاجرا (أحد أمراض سوء التغذية) وبدأت في الانتشار. ومع ذلك، كما في المراحل السابقة، بقيت الدورات البيوجيوكيميائية الطبيعية على حالها، وكان المحيط الحيوي ككل لا يزال في حالة توازن ديناميكي.

4. المرحلة الصناعية الحديثة

أو المرحلة التكنولوجية (التي بدأت منذ 150 - 200 عام) أدخلت العديد من التغييرات في الأنشطة البشرية وأثرت على المحيط الحيوي بشكل غير متناسب تماماً مع مدة المرحلة.

هنا نلاحظ الدمار الهائل الذي لا رجعة فيه للحياة، والذي صار مشكلة بيولوجية عالمية كبرى. يمكن توضيح ذلك من خلال بعض البيانات العديدة: لقد ارتفع عدد الأنواع المفقودة بشكل لا رجعة فيه كل عام إلى رقم رهيب قدره 27000 نوع. إذا استمرت حالات الانقراض بالمعدل الحالي، فقد تختفي نسبة 20% من الأنواع الحالية خلال الثلاثين عاماً القادمة. في هذا السياق، لا يمكن مقارنة ذلك إلا بالكارثة الطبيعية التي حدثت قبل 65 مليون سنة، عندما اختفت الديناصورات من على وجه الأرض.





• النباتات والحيوانات والصحة

في بعض المقاطعات البيوجيوكيميائية، تتميز جميع المكونات الزهرية والحيوانية للبيئة بسمات محددة لتكوين العناصر الكيميائية. ترتبط ارتباطاً وثيقاً بمفهوم توطين العناصر الدقيقة البيوجيوكيميائية، والتي يمكن أن تحدث عندما تُظهر التربة، والماء، والهواء، والغذاء من أصل نباتي وحراري فائضاً أو نقصاً في العناصر الدقيقة (F، Co، Mn، I) أو أشكال أكثر تعقيداً من اختلال التوازن، وخاصة النسب الشاذة لتركيزاتها أو اختلال التوازن الجزئي والكلي (P و Mn) على سبيل المثال.

لهذا السبب، لا يمكن فهم الآليات التي تحكم تطوير بعض أنواع التوطن البيوجيوكيميائي إلا من خلال دراسة متعددة للترابط والترابط بين الروابط (الصخور - التربة - المياه - النباتات - الحيوانات - الإنسان) في السلسلة المعقدة للأنظمة البيوجيوكيميائية.

هنا يمكن أن تكون كل من النباتات العليا والسفلى مؤشرات بيولوجية للأخطار المحتملة على الحيوانات (بما في ذلك الإنسان) المتأصلة في الوضع البيوجيوكيميائي لمنطقة قيد الدراسة.

يمكن أن يكون تأثير العوامل البيولوجية على صحة الإنسان سلبياً أو إيجابياً. من بين هذه العوامل المتعلقة بالمحيط الحيوي، وخاصة العوامل الخطرة من وجهة النظر الصحية، والعوامل المرضية، والحيوانات التي تعتبر مستودعات أو حاملة للأمراض من بؤرها الطبيعية، والحيوانات والنباتات السامة.





يمكن أن تكون هذه الأشياء سبباً لعدد من الأمراض الخطيرة للإنسان والحيوان. تمثل أمراض الإنسان الناتجة عن ملامسة الحيوانات السامة أو منتجات نشاطها الحيوي فصلاً مدروساً قليلاً من علم الأمراض الجغرافي. اقترح الباحث **أ. ب. أفتسين** في كتابه (مقدمة في علم الأمراض الجغرافي)، تصنيفاً عملياً للعمليات المرضية المحلية والعامّة الناتجة عن شكل ما من أشكال الاتصال بين الإنسان وبعض الأشكال السامة والممرضة مؤقتاً (غير السامة). كما يستشهد بتصنيف فورونوف للعدوى.

يمكن أن يمتلك العديد من ممثلي المملكة النباتية خصائص سامة. هذه الخصائص هي في الغالب مميزة لأجزاء معينة من النباتات: الفواكه، الأوراق، اللحاء، الجذور، العصير، البذور، إلخ.

على سبيل المثال، من غير المعروف أن الجراد الأسود للنبات الزخري في واسع الانتشار يمتلك جذوراً سامة ولحاءً. نبات زخري آخر واسع الانتشار هو الدفلي سام أيضاً. ويحوي خشخاش الأفيون على العديد من المواد السامة (والطبية). حالات التسمم بعدة أنواع من الفطر معروفة جيداً ... من المفهوم أن المواد المعزولة من النباتات السامة غالباً ما تستخدم لأغراض علم الأدوية والسموم. وفقاً لتقديرات الباحثين، يوجد في الطبيعة نحو ألف نوع من النباتات التي تقع تحت تأثير المعالجة الميكانيكية أو إنزيمات معينة قادرة على إطلاق سيانيد الهيدروجين، وهو غاز سام جداً يشل التنفس. وهي تسمى بالنباتات السيانوجينية، والمواد السامة التي تحوي عليها هي جليكوسيدات السيانوجين.





على سبيل المثال، يمكن لأوراق الكرز البري في الولايات المتحدة أن تنتج 200 ملغ من سيانيد الهيدروجين لكل 100 غرام من الكتلة، ويقدر أن نحو 125 ملغ فقط من هذه الأوراق تكفي لقتل حيوان يزن 50 كغ، و نحو 150 ملغ تكفي لقتل رجل متوسط الوزن.

غالباً ما يكون سبب الموت المفاجئ للحيوانات الأليفة دون سبب واضح هو إطلاق سيانيد الهيدروجين عندما تستهلك الحيوانات كميات أكبر من الكتلة الخضراء.

لقد وصف عدد هائل من النباتات السامة (مثل شجرة الشمعدان، واللبلاب السام، إلخ) في المناطق الاستوائية.

يمكن أن يؤدي الاتصال بهذه النباتات إلى تسمم قاتل، وحكة، وطفح جلدي، وتورم في الوجه، وارتفاع درجة حرارة الجسم، والصداع، وما إلى ذلك. من ناحية أخرى، سجل العديد من أنواع النباتات الطبية المفيدة في النباتات الغنية في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية.

على سبيل المثال، تُستخدم شجرة خشب الصندل في علاج مرض السيلان في الهند وإندونيسيا والعديد من البلدان الأخرى؛ كما يستخدم زيت هايدنوكاربوس **Hydnocarpus** والمستحضرات المصنوعة منه في الهند وبورما وتايلاند ودول أخرى لعلاج الجذام والصدفية وأمراض الجلد الأخرى؛ كما تُستخدم أوراق الكروتون في الطب لعلاج لدغات الأفاعي. يمكن استخدام أكثر من 300 نوع من النباتات الاستوائية كمواد خام طبية.

أظهر العلماء الروس أن جميع النباتات تطلق في الغلاف الجوي خاصة مواداً عطرية متطايرة التي تسمى المبيدات النباتية **Phytoncides** ولها تأثير فسيولوجي على الكائن الحي. حيث يمتلك الكثير منها القدرة على تدمير





الكائنات الحية الدقيقة، بما في ذلك الكائنات المسببة للأمراض. تقتل بعض المبيدات النباتية العوامل الميكروبية للأمراض في الحيوانات.

من المعتقد أن الكائن الحي يتطلب المبيدات النباتية، وأن نقصها يسبب بعض أمراض الرئة. على وجه التحديد، يفسر وجود المبيدات النباتية سبب تأثير هواء الغابات والحقول والمراعي على الرئتين الضعيفة والمريضة.

تؤثر مملكة الحيوانات شديدة التنوع تأثيراً كبيراً، إيجاباً وسلباً، على صحة الإنسان. على سبيل المثال، هناك عدد قليل من الطيور التي تفيد كعوامل صحية، لأنها تخلص الحقول من الآفات المختلفة مثل الحشرات والقوارض. من ناحية أخرى، فإن العديد من الأنواع الحيوانية في المناطق الجبلية تضمن وجود أو تسهل انتشار الأمراض الطفيلية والمعدية المختلفة مثل الطاعون والملاريا والحمى وما إلى ذلك.

يظهر الدور السلبي للحيوانات بشكل خاص في المناطق الاستوائية. يعمل العديد من ممثلي المملكة الحيوانية كمستودعات لعوامل الأمراض المعدية: القروذ في حالة الحمى الصفراء، والقوارض وغيرها في حالة الطاعون، والبعوض من أجناس أنوفوليس وكلوكس وأيديس في حالة الملاريا؛ وتعتبر العقارب السوطية شديدة الخطورة بين العقارب، وحريش الملايو هو أخطر مئويات الأرجل؛ وأخطر الثعابين السامة هي المامبا السوداء، والكوبرا المصرية، وأفعى الغابون، إلخ.

تنتشر الحيوانات السامة أيضاً في المياه الاستوائية: الشعاب المرجانية الكاذبة في البحر الكاريبي والمحيط الهادئ والمحيط الهندي؛ دبور البحر وقتاديل البحر المكعبية بين قناديل البحر؛ إلخ. كما أن لدغة الأخطبوط أزرق الحلقات (أخطر أخطبوط أسترالي) يمكن أن تقتل رجلاً. يبلغ تعداد مجموعة الأسماك السامة نحو 350 نوعاً يعيش معظمها في المحيط الهادئ والمحيط الهندي.





• الغذاء والصحة

وفقاً للباحث آ. كولير **I. Coulier**، فإن 5 من 12 سبباً رئيسياً للوفاة في الولايات المتحدة - منها تصلب الشرايين وارتفاع ضغط الدم والاحتشاء والسكري وتليف الكبد - ترتبط بشكل مباشر أو غير مباشر بالتغذية. وهكذا، فإن نحو 40% من جميع الأسباب الرئيسية للوفاة لها علاقة بالغذاء.

كانت الأوهام الغذائية بجميع أنواعها، واستهلاك الأطعمة الخطرة، وتجارب الناس مع أجسادهم منذ العصور القديمة وحتى يومنا هذا. سواء كان ذلك بسبب الجهل أو بسبب النقص المتزايد في الغذاء الآمن من وجهة نظر الصحة، فإن جزءاً صغيراً من سكان العالم يغذي نفسه بشكل صحيح.

يمكن أيضاً أن يُعزى تجويع مئات الملايين من الناس على كوكب الأرض اليوم إلى التوزيع غير العادل للغذاء. بالإضافة إلى ذلك، أدى السباق لزيادة الأرباح إلى تزايد استخدام العوامل الكيميائية، مما أدى إلى تدهور جودة الطعام باستمرار وغالباً ما يكون خطراً على الصحة. تعتبر الظروف الطبيعية المتدهورة لإنتاج الغذاء من سمات المناطق المتقدمة زراعياً مثل أوروبا الغربية وأمريكا الشمالية.

لقد بدأ النهج العلمي للتغذية في القرن الثامن عشر، عندما أوضح الكيميائي الفرنسي **لافوازييه** طبيعة التنفس على أساس توليد الحرارة في الكائن الحي. وفقاً للافوازييه، فإن التنفس عملية مؤكسدة، والحرارة الناتجة في الكائن الحي هي أيضاً نتيجة لعمليات الأكسدة.





بعد لافوازييه، صاغ فان هيلموت علمياً نظرية الهضم، أي تحلل الطعام في الجهاز الهضمي. وسرعان ما تبع ذلك دراسات علمية عن الإنزيمات في أعضاء وخلايا الجهاز الهضمي، والتي أرست أسس الكيمياء الحيوية الحديثة.

ساهم تحسين طرائق الكيمياء والفيزياء والكيمياء الفيزيائية وعلم وظائف الأعضاء وعلم الأحياء الدقيقة والعديد من العلوم الأخرى مساهمة كبيرة في زيادة تطوير علم التغذية.

للتغذية ثلاث وظائف أساسية في الكائن الحي:

- الأولى: هي تزويد الكائن الحي بالطاقة.
- الثانية: هي تزويده بمواد البناء (البروتينات قبل كل شيء، والكربوهيدرات بدرجة أقل).
- الثالثة: هي تزويده بالمواد النشطة بيولوجياً اللازمة لتنظيم التمثيل الغذائي أو الأنشطة الحيوية.

ومن ثم، فإن علم التغذية يهتم بالعمليات التي تدخل في عملية التمثيل الغذائي لأنواع مختلفة من المواد الغذائية (النشطة والهيكلية والمحفزة الحيوية) وتفاعلها في الحفاظ على الحياة.

تتطلب المحافظة على الوظائف البيولوجية للكائن الاستبدال المستمر للمواد المستهلكة عن طريق تجديد تناول الطعام والماء. يحتاج الكائن الحي إلى الماء والبروتينات والكربوهيدرات والدهون والفيتامينات والمعادن والعناصر الدقيقة.





من بين هذه المواد، تنتمي البروتينات والدهون والكربوهيدرات والفيتامينات إلى فئة المغذيات العضوية، في حين أن الماء والمعادن والعناصر الدقيقة عبارة عن مغذيات غير عضوية. يحدث الجوع أو سوء التغذية إذا لم يتلق الكائن الحي المواد المشار إليها أو إذا كان يستقبلها بكميات غير كافية.

في المقابل، تحدث السمنة المفرطة أو البدانة إذا أخذ الكائن الحي أكثر مما يحتاج. لقد وُجدَ أنّ معدل الوفيات بين البشر يزداد بنسبة تصل إلى 20% عند زيادة 10% من وزن الجسم وحتى بأكثر من 40% مع زيادة الوزن بنسبة 15-20%. تمثل الاضطرابات الغذائية حالة مرضية ناتجة عن نقص نسبي أو مطلق أو زيادة في واحد أو عدة مكونات غذائية ضرورية. يقسم الباحثون الاضطرابات الغذائية المعينة إلى أربع مجموعات:

أ. سوء التغذية.

ب. أشكال محددة من النقص الغذائي.

ج. السمنة.

د. عدم التوازن.

من المفهوم أن مخاطر الغذاء تعني احتمالية أن يؤدي استهلاك بعض الأطعمة إلى إلحاق الضرر بالكائن الحي. للأسف، فهي حاضرة جداً اليوم في العالم، سواء في البلدان النامية أو في البلدان المتقدمة.

وفقاً لقائمة نشرت في عام 1973 من قبل إدارة الأدوية الفيدرالية (FDA) التابعة للأكاديميات الوطنية للعلوم في الولايات المتحدة الأمريكية، احتلت





الكائنات الحية الدقيقة الموجودة بشكل طبيعي والكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض المرتبة الأولى بين مخاطر الغذاء. وفي المرتبة الثانية كان سوء التغذية، يليه ملوثات التربة، والمواد السامة الطبيعية في الغذاء، ومخلفات المبيدات، وأخيراً المضافات الغذائية.

1. من المستحيل عملياً ضمان الأمن المطلق من الكائنات الدقيقة المسببة للأمراض السامة الموجودة في الغذاء. تأتي أولاً على قائمة العوامل المسببة للسموم بكتيريا من جنس السالمونيلا، والتي تسبب تسمماً خطيراً للإنسان في الطعام أو الماء: السالمونيلوز. خلال الفترة من 1972 إلى 1974، تسبب هذا العامل في الولايات المتحدة وحدها في ما مجموعه 60 ألف حالة تسمم غذائي لدى البشر، من بينها 12 حالة قاتلة. كما تشكل السموم الفطرية مخاطر جسيمة، والتي يمكن أن تلوث محاصيل كاملة من القطن والمحاصيل الأخرى.

من بين المواد ذات الأصل البيولوجي، تعتبر السموم الفطرية اليوم هي الأكثر أهمية. تتشكل هذه السموم الفطرية نتيجة لعمليات التمثيل الغذائي للقوالب التي تتكاثر على منتجات من أصل نباتي وحيواني غنية بالبروتينات والكربوهيدرات. أثارت المواد السامة التي تنتجها القوالب اهتماماً خاصاً في العالم مؤخراً نسبياً، مع ظهور أولى الاضطرابات الأكثر خطورة الناجمة عن استهلاك أغذية ملوثة بهذه العوامل. لنكون أكثر دقة، الاضطرابات التي تسمى السموم الفطرية معروفة منذ فترة طويلة، ولكن ليس بهذا الاسم. في أوروبا الإقطاعية، أدى هذا المرض إلى آلاف الوفيات الناجمة عن إدخال الجاودار وحبوب أخرى مصابة بفطر الشقران *Claviceps Purpurea* في الكائن الحي. الأوكيا السامة الغذائية كانت التسمم الفطري الثاني الذي هاجم البشر مع عواقب مأساوية. حدث





ذلك في روسيا في المناطق التي أكل فيها السكان حبوباً متعفنة بعد قضاء الشتاء في الحقول. جذب هذا المرض انتباه الخبراء في الستينات من القرن الماضي، بعد نفوق الديوك الرومية والبط والدراج والحجل في مزارع الدواجن في إنجلترا وخسائر كبيرة من نوع مماثل في كينيا وأوغندا وتايلاند والفلبين. ثبت أن الفطريات الموجودة في وجبة طعامها هي سبب الوفاة. أطلق على السم المعزول اسم الأفلاتوكسين **Aflatoxin**، وكان المرض الناجم عن تأثيره يسمى التسمم الفطري **Aflatoxicosis**.

2. يعاني ثمن سكان العالم اليوم من سوء التغذية تشير بيانات منظمة الصحة العالمية إلى أن ما بين **30 و40 مليون** شخص في جميع أنحاء العالم يموتون سنوياً نتيجة الجوع أو سوء التغذية. الأسقربوط، الكساح، والبري بري، تضخم الغدة الدرقية، البلاجرا، وغيرها من أمراض العوز المزمن تؤثر إلى حد كبير على صحة سكان الأرض. يكمن سبب المجاعة وسوء التغذية قبل كل شيء في الأعمال التجارية الزراعية، أي تركيز القوة السياسية والاقتصادية على الإنتاج الزراعي والتجارة. بالإضافة إلى ذلك، توظف صناعة البتروكيماويات جميع الوسائل لإطالة أمد الاستخدام الشامل للعوامل الكيميائية في الزراعة، وصار فرع النشاط الاقتصادي الذي جرى إنشاؤه حديثاً - إنتاج البذور المهجنة - جزءاً كبيراً من الأعمال الزراعية. أجري أول اختبار للنمو من البذور الاصطناعية في عام **1987**، وبعد عقد من الزمان (في ذروة الثورة الجينية) زرعت المحاصيل الزراعية المعدلة وراثياً على مساحة **15** مليون هكتار في جميع أنحاء العالم. وهنا يجب أن نسأل كيف سيؤثر كل التركيب الوراثي المتغير للنباتات والحيوانات على السلسلة الغذائية العالمية وقبل كل شيء على صحة الإنسان والمواد الجينية الخاصة به.





3. تشمل الملوثات من التربة التي تدخل الغذاء من خلال النباتات ومياه الشرب المعادن الثقيلة (الرصاص والزرنيخ والكاديوم) والزرنيخ والسيلينيوم والعناصر الهالوجينية (اليود والكلور) ومكونات أخرى.
4. تخضع بقايا المبيدات للرقابة الصارمة، ولكن لا يزال هناك خطر من حدوث تأثير سام من الأغذية الملوثة بها.
5. خطر الإضافات الغذائية ضئيل، ولكن مع ذلك لا يمكن استبعاده تماماً.

تعتمد مجموعة الأمراض الهضمية على عدد من العوامل: طبيعية، وبشرية، واجتماعية اقتصادية، وعرقية. وقد جمعت معلومات مستفيضة حول سوء التغذية المنتظم لمجموعات كبيرة من سكان أمريكا اللاتينية منذ بعض الوقت في الكتاب الكلاسيكي الجديد (جغرافية الجوع).

تؤثر مشكلات نقص البروتين والتوحيد القسري للتغذية على العديد من مناطق البلدان النامية وفي أجزاء أخرى من العالم أيضاً. أدى نقص البروتين الواضح في المناطق الاستوائية إلى معدلات وفيات عالية جداً بين الأطفال (30-40% في مصر ونحو 100% في جمهورية الكونغو الديمقراطية). في الوقت نفسه، يرتبط عدد من الأمراض بزيادة الوزن (السمنة) لدى المرضى.

في مجال التغذية، لم تكن هناك مجادلات علمية أو غيرها مثل تلك المتعلقة بالكوليسترول، وخاصة فيما يتعلق بالمستوى المرضي لهذا المكون الدهني للخلايا البشرية وأغشية الخلايا التي يجري إدخالها إلى الكائن الحي بأنسجة حيوانية، والبيض والجبن والمأكولات البحرية، إلخ. وتجدر الإشارة إلى نتائج الدراسات

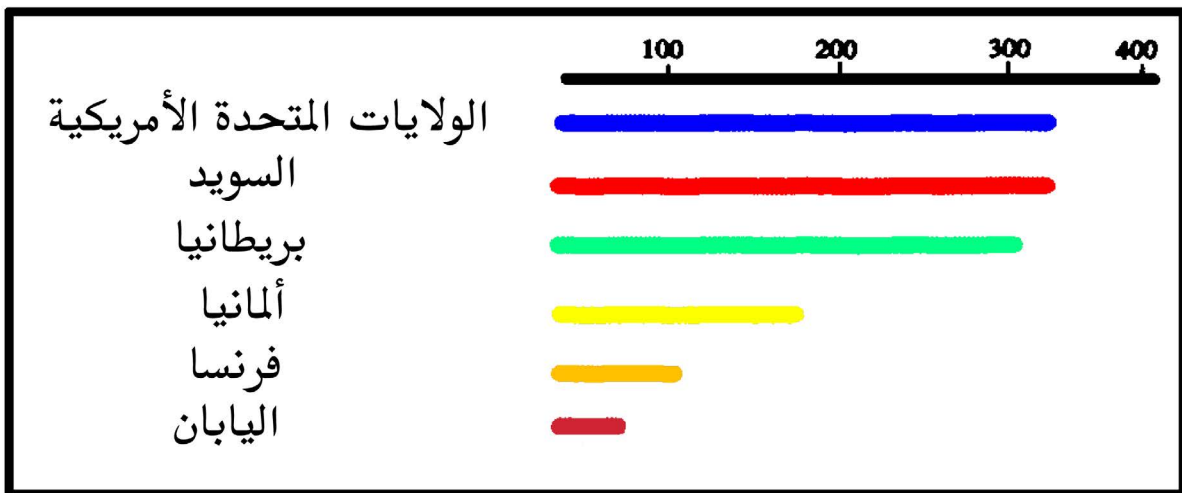




التي استمرت 10 سنوات في 12 مركز أبحاث أمريكي، والتي يمكن تلخيصها على النحو الآتي:

- ترتبط أمراض القلب ارتباطاً وثيقاً بمستوى الكوليسترول في مصّل الدم.
- يقلل خفض نسبة الكوليسترول في الدم بشكل كبير من خطر الإصابة بالنوبات القلبية (احتشاءات).

في عام 1983 - العام الذي نُشرت فيه النتائج - أصيب مليون أمريكي بنوبة قلبية، ونصفهم لم ينجُ منها. نلاحظ أن الأمريكيين يستهلكون ما يصل إلى 60% من الكوليسترول في الطعام أكثر مما توصي به جمعية القلب الأمريكية وثلاثة أضعاف ما يستهلكه اليابانيون. بصفتها الدولة التي تَأْكُل أكثر الأطعمة بدانة، فإن الأمريكيين لديهم أعلى مستويات الكوليسترول في الدم وأكبر عدد من أمراض القلب في العالم.



معدل الوفيات بسبب النوبة القلبية لكل 100000 شخص.





أن اكتشاف العلاقة السببية بين انسداد الشرايين (تصلب الشرايين) والكوليسترول في الطعام كان متوقعاً من قبل عالم الأمراض الروسي ن. ن. أنيشكوف **N.N. Anichkov**، الذي نجح بالفعل في عام 1913 في تكوين رواسب دهنية بشكل مصطنع على جدران شرايين الفئران التجريبية.

لقد توضحت العلاقة المباشرة بين تواتر تصلب الشرايين وطبيعة التغذية للسكان في وقت لاحق، علماً أن العديد من الأطباء يعتقدون أن الكوليسترول هو واحد فقط، وربما الأكثر أهمية، من أسباب عديدة لأمراض القلب والأوعية الدموية.

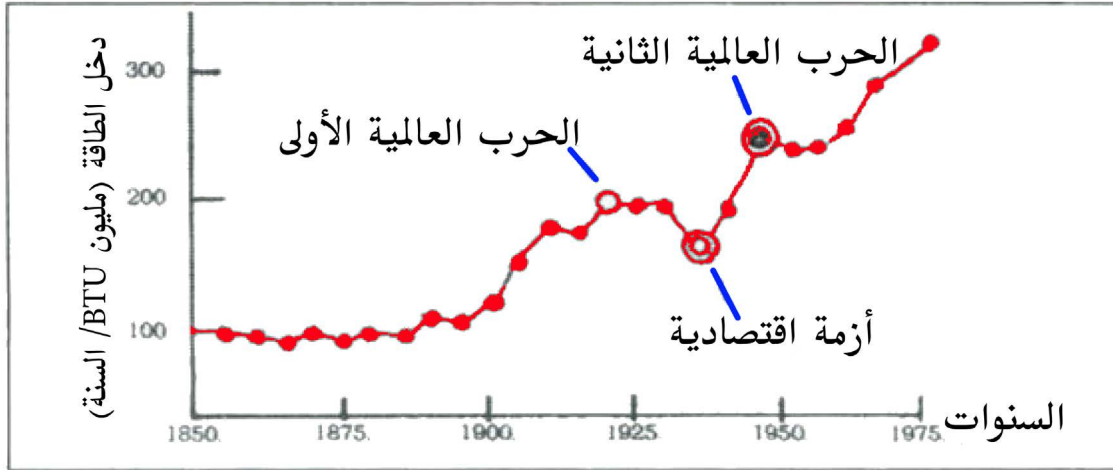
بالإضافة إلى الكوليسترول كعنصر من مكونات الغذاء، تشمل السلسلة الطويلة من الأسباب أيضاً السمنة وارتفاع ضغط الدم والتدخين والإجهاد وقلّة النشاط. وأوضح اختصاصي علم الأمراض الأمريكي آر. مينيك الوضع على النحو الآتي: «كما هو حال أعضاء الأوركسترا، فإنها تعزف جميعاً بشكل منفصل عند حدوث أمراض القلب».

تدعم العديد من المؤشرات التأكيد على أن عادات الأكل الحديثة، خاصة في البلدان الأكثر تقدماً، أدت إلى انفجار حقيقي للسمنة والسكري بين أمراض القرن العشرين.

تشير التقديرات إلى أن 15-40% من السكان البالغين في البلدان المتقدمة يعانون من السمنة، كنتيجة قبل كل شيء لزيادة السعرات الحرارية المتناولة.

خلال **تسعينات** القرن العشرين، اتخذت السمنة صفة الوباء بين الأمريكيين، وفي عام 1994 كان 71% من السكان ينتمون إلى فئة زيادة الوزن. و90% من مرضى السكر الأمريكيين البالغ عددهم 5 ملايين حينها يعانون من زيادة الوزن.





معدل استهلاك الطاقة من قبل الناس في الولايات المتحدة الأمريكية من عام 1850 إلى عام 1975.

1. ارتفاع ضغط الدم

يؤثر ارتفاع ضغط الدم (Hypertension) على أكثر من 20% من سكان العالم. مع أن السبب الحقيقي غير معروف في معظم الحالات، إلا أن هناك دليلاً علمياً قوياً يشير إلى الدور الرئيسي لأيونات الصوديوم في تنظيم ضغط الدم، ويوصف تناول الملح المحدود لفرط ضغط الدم.

2. نقص العناصر الدقيقة

يتجلى نقص العناصر الدقيقة في الطعام في مجموعة كاملة من الأضرار التي تلحق بالكائن الحي. يساهم في ذلك العديد من العمليات التكنولوجية الحديثة والاستخدام المتزايد باستمرار للأغذية المكررة، مما يحرم الإنسان من جميع آثار المعادن.





خلال العقود الماضية، وجد الإنسان نفسه في مواجهة مشكلة أخرى تتعلق بالتغذية، وهي المحتوى المتزايد باستمرار من النويدات المشعة في السلسلة الغذائية. يتفاقم الخطر من حقيقة أن الكائنات الحية لبعض الحيوانات تتراكم في أجسامها النويدات المشعة، والتي يؤدي استهلاكها في شكل لحوم ومنتجات أخرى إلى زيادة كبيرة في آثار تعرض الكائن البشري للإشعاع.

أكدت دراسة العلاقة بين التغذية والإصابة بالأمراض الخبيثة أن بعض مكونات الغذاء تزيد من خطر الإصابة بالمرض في حين يقلل البعض الآخر منه. وهكذا، حدد التأثير السام والمسرطن لليوتوسسيرين والسيكلوكلوروتين (منتجات من أنواع مختلفة من قوالب الأرز).

إن خطر الأفلاتوكسين ب-1 كبير جداً، لأنه أقوى مادة مسرطنة معروفة في الطعام. يسبب البنزيرين سرطان المريء والأمعاء عند تناوله في الطعام وسرطان الرئة عند استنشاقه في الدخان.

يمكن أن يتسبب المحتوى المرتفع من السيلينيوم في القمح في تليف الكبد والورم عند البشر، ويرتبط سرطان الأمعاء الغليظة بالإفراط في تناول اللحوم.

يمكن أن يحدث سرطان المريء بسبب نقص الفيتامينات في الطعام (وغلبة الدهون والكاربوهيدرات). من ناحية أخرى، يحمي فيتامين A الكائن الحي من أنواع مختلفة من السرطان.





يجب التأكيد في الختام على أنه في حين أن الغذاء ليس سوى سبب واحد من أسباب الإصابة بالسرطان، إلا أنه مهم جداً بلا شك.

التأكيد على أن المخالفات الغذائية والتغذية تشكل نحو 35% من العدد الإجمالي للعوامل المسؤولة عن حدوث الأمراض الخبيثة. تشير تقديرات مجموعة من الخبراء إلى أن 40% من السرطانات لدى الرجال و60% عند النساء مرتبطة بالغذاء.

إن المعالجة الإحصائية الأكثر شمولاً للبيانات المتاحة مع الكشف عن الارتباطات ذات الصلة ستجعل من الممكن تحديد حصة الأسباب المتعلقة بالغذاء في حدوث الأمراض المختلفة.





الجيولوجيا الطبية التطبيقية

خلال النصف الثاني من القرن الماضي، كان لا بد من حل العديد من المهام الطبية والجيولوجية. لهذا السبب في الوقت الحالي، يوجد وراء الطب التطبيقي، من جهة، والجيولوجيا التطبيقية، من جهة أخرى، مواد مفيدة ضخمة ونتائج محققة، في حين يرتبط أكثر وأكثر بالمشكلات الملموسة المتعلقة بالبيئة الجيولوجية - البيئة الطبيعية - والإنسان، وهو التطور الموازي للإيكولوجيا الطبية، والتعامل مع العلاقات المتداخلة المعقدة بين الإنسان وعوامل البيئة الخارجية هو فرصة مناسبة.

من ناحية أخرى، جرى تطوير أساليب الاستكشاف الجيولوجي التطبيقي بشكل مكثف، مع مراعاة الجوانب الجيولوجية البيئية المختلفة. إلى جانب ذلك، يصبح النهج متعدد التخصصات للعلوم الطبية والجيولوجية، بما في ذلك الإنجازات التقنية، هو السائد والأكثر إثماراً.

وبهذه الطريقة، باستخدام الأساليب المعاصرة والحلول العملية للبيولوجيا والكيمياء والفيزياء والطب البيطري والجغرافيا الطبية وغيرها من العلوم والتخصصات العلمية، تغلق الفسيفساء البيئية، مع الجيولوجيا الطبية التطبيقية كنظام تطبيقي جديد.





• المخاطر والمهام في الجيولوجيا الطبية

المناطق التي نشأنا فيها بالإضافة إلى الأرض التي نعيش فيها تترك انطباعاتاً لطيفاً تقريباً عن الاستقرار غير العادي وعدم القابلية للتغيير. ولكن على عكس الاستقرار الذي يعطي انطباعاتاً خادعاً بعدم القابلية للتغيير، فإن سلسلة من الأحداث في جميع أنحاء العالم، غالباً ما تكون مفاجئة وعنيفة، وأحياناً تكون كارثية على السكان، توجه إلى تنقل ملحوظ للأرض.

إلى جانب ذلك، فإن المناطق التي دمرتها الزلازل الكارثية، حيث هدمت السواحل وتحركت بوساطة أمواج البحر، وتعرض الكثير من المستوطنات لخطر دائم من ثوران البراكين العملاقة، أو حيث تفرق أجزاء ساحلية من الأرض بسرعة كبيرة، بحيث يجب أن يكون الساحل محمياً من تغلغل الجسور البحرية، كل تلك الأمور ليس نادرة الحدوث.

وبهذه الطريقة، في كل مكان تقريباً، في جميع نقاط الكوكب، بالقرب من السلام والاستقرار الوهميين، سلسلة من العمليات، أضعف أو أكثر كثافة، من التأثير المحلي أو الإقليمي، والبناء أو الهدم باستمرار، والتي بدأت قريباً أو تدوم لمئات الملايين من القرون، والنتيجة هي شكل الأرض حالياً، وتوزيع القارات والمحيطات، والتضاريس وجميع ملامح سطحها.

خلال فترة جيولوجية طويلة جداً، كانت الطبيعة، من بين كل شيء، تحقق التوازن في المحتوى الكيميائي للغلاف الجوي والغلاف الصخري والغلاف المائي للأرض. كان التوازن، مع ذلك، مضطرباً محلياً، ليس فقط بالطريقة الطبيعية، ولكن أيضاً نتيجة للنشاط البشري.

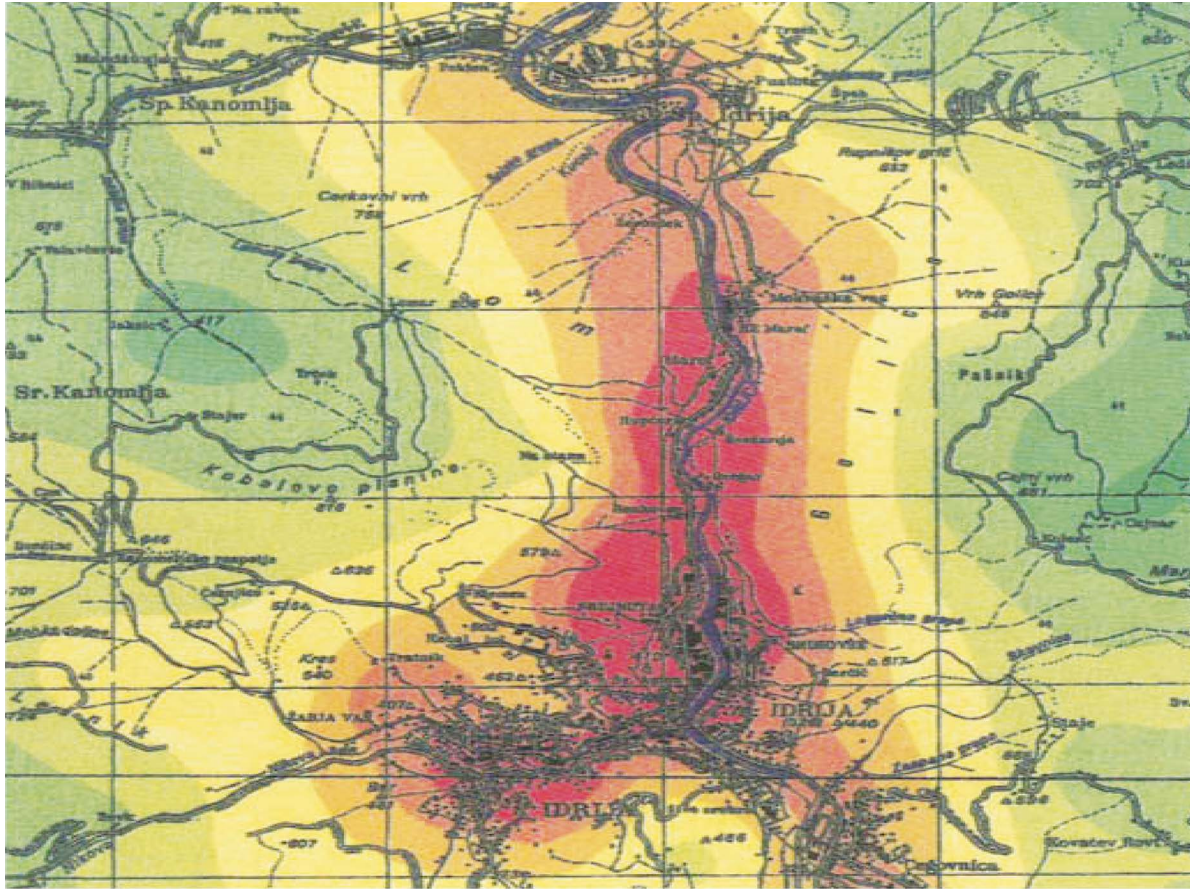




للأسف، جرى التعبير عن العمل البشري من خلال المزيد والمزيد من الأشكال المدمرة، مع عواقب وخيمة على البيئة، وخاصة على البيئة البشرية. لاحظ أن تطوير الطب لعلم البيئة الطبي، الذي نجح بشكل أساسي في إزالة تأثير البيئة غير الصحية على تطور المرض، حتى تلك التي يصعب التغلب عليها بواسطة الطب المعاصر، له دور مهم جداً في التثقيف المتعلق بالتأثيرات الكارثية للبشر على البيئة.

تتمثل إحدى مهام الجيولوجيا الطبية التطبيقية في تحديد دور العوامل الجيولوجية داخل نظام بيئي، ونظام مترابط من الكائنات الحية والبيئة الطبيعية، ولكن أيضاً لتمييز العوامل الحاملة لبعض الأمراض وأداء تقسيم المناطق المثيرة للاهتمام وفقاً لدرجة التأثير السلبي (أو الإيجابي) للبيئة الجيولوجية على صحة الإنسان.





خريطة جيوكيميائية لتوزيع الزئبق في التربة في إقليم إيدريا، سلوفينيا. حيث يزيد محتوى الزئبق الأقصى عن 140 ملغ / كغ.

من المفهوم أنه في الوقت الحاضر، يتعامل الانضباط أيضاً مع دور البيئة الجيولوجية وهو دور مهم جداً؛ خاصة لأن هجرة الملوثات تعتمد في الغالب على الخصائص الجيولوجية للصخور والتربة والمياه الجوفية كوسائط حيث تتطور العملية. يعرض الوسط الجيولوجي، في ظل هذه الظروف، جميع الإمكانيات المهمة لتعرض البشر للخطر:





1. يمثل تكوين التربة بالتأكد أهم نتيجة لتجوية الصخور؛ المشكلة العالمية هي زيادة تدهور هذا المورد الجيولوجي بسبب التسميد المكثف وتحسين عمليات التعرية.

2. تتشكل المياه الجوفية، نتيجة لخصائص نفاذية كتل الصخور؛ ومن خلال عمليات التلوث والاستغلال المفرط، ظهرت مشكلة عالمية معاصرة تتمثل في توفير مياه الشرب عالية الجودة.

3. هي تكوين رواسب مهمة من المواد الخام الحيوية وغيرها من المواد المعدنية - أحد الدعائم الرئيسية للتنمية الاقتصادية؛ لا تكمن المشكلة العالمية في الاستغلال المفرط للموارد القابلة للاستعادة المذكورة فحسب، بل تتمثل أيضاً في تلوث البيئة أثناء الاستغلال.

إلى جانب ذلك، تمثل المعادن الثقيلة المنبعثة من الصخور إحدى العمليات السائدة في الطبيعة. يجب استكشاف وجهة النظر الجيوكيميائية، الموجودة على المستوى العالمي، مع عواقب طبية خطيرة بسبب وجود عناصر غير مرغوب فيها، إلى مستوى الوفاء، لتكون أساس لإجراء تقييم (طبي - جيولوجي) للمنطقة المثيرة للاهتمام.

من المفارقات أن الوعي بأهمية الوسط الجيولوجي وضرورة دراسة حماية قيمه لا يزال متوقفاً، وهو على عكس الاحتياجات الحقيقية للبشرية، لا سيما لأنه في ظل الظروف الطبيعية، يتعرض العالم الحي للعديد من المخاطر الطبية الجيولوجية وغيرها.





ونظراً للعلاقة الحميمة والتعقيد التي جرى التعبير عنها، فإن العلاقة بين البيئة الجيولوجية وصحة الإنسان تمثل مجالاً مهماً جداً للبحث الطبي الجيولوجي في المستقبل، ولا سيما فيما يتعلق بتطبيق الجيولوجيا الطبية في العلاج الصحي والاقتصاد.

دعونا نذكر بعض الفقرات والتقارير والأمثلة المختصرة المقدمة بترتيب زمني من أجل الحصول على صورة واضحة لأهمية الموضوع الذي جرت مناقشته:

1. من أجل توضيح أهمية معرفة المحتوى المعدني والكيميائي للصخور، فهناك مثال على زيادة محتوى الموليبدنوم في كتل الصخور في بعض المناطق في العالم، مع زيادة محتوى العنصر في النباتات وحدوث تسمم الموليبدنوم في الحيوانات الأليفة.

2. من وجهة النظر الصحية، تعتبر مناطق كتل الزبرجد مناسبة جداً للعيش. نظراً لارتفاع نسبة المغنيزيوم في الصخور والتربة والمياه، على سبيل المثال، فإن الوفيات الناجمة عن أمراض القلب والأوعية الدموية أقل مما هي عليه في التضاريس الأخرى.

ومع ذلك، فإن هذا لا يعني أن كتلة الزبرجد بكاملها مناسبة من وجهة النظر هذه. على سبيل المثال، توجد مؤشرات على زيادة معدل الوفيات بسبب السرطان على طول مناطق الصدع، بسبب تأثير بعض العوامل الجيوكيميائية، والتركيز العالي المحتمل لبعض الغازات التي هاجرت من باطن الأرض، وما إلى ذلك.

3. يتسبب محتوى السيلينيوم المرتفع جداً في الصخر النفطي الأسود والفحم الصلب والنفط في عواقب واضحة على صحة الحيوان.





4. إن وفرة الكالسيوم في رواسب الكربونات والتربة بالقرب من سانت بطرسبرغ لها تأثير مباشر على خصوبة خصائص التربة وتطور النباتات والحيوانات.
5. التربة الناتجة عن تجوية الصخور الغنية بالمعادن ذات المحتوى المرتفع من النحاس سامة للنباتات.
6. تعتبر خصائص عالم النبات والحيوان في المناطق المدارية الرطبة هي نتيجة مهمة لنقص الكالسيوم ووفرة الحديد والألمنيوم والسيليكا في التربة (وجود نسبة عالية من السليكون Si في مختلف النباتات الاستوائية، وما إلى ذلك).
7. تختلف التأثيرات الإيجابية والسلبية للتربة البيدولوجية على النباتات والحيوانات والبشر اختلافاً كبيراً ومتعددًا، مع مكان محدد ينتمي إلى دور العناصر الدقيقة (التأثيرات السامة؛ والدعامات الدقيقة المختلفة؛ وحدوث السرطان والأمراض الأخرى الناتجة عن نقص العناصر المهمة، إلخ. .).
8. إن تأثير الأشكال الجيومورفولوجية على الظروف المعيشية والمستوى الصحي للبشر بارز، بغض النظر عما إذا كان الحديث عن وجود تأثير غير مباشر أو مباشر (مرض الجبال وأمراض أخرى تصيب البشر الذين يقيمون في الجبال العالية؛ وملاءمة الجبال المنخفضة للترفيه والسياحة؛ وعلاج السل والربو القصبي وأمراض أخرى، إلخ).
9. يعبر عن اعتماد العالم الحي على البيئة الجيولوجية (الجيومورفولوجية) بشكل خاص في المناطق الكارستية، مع وجود مخاطر في أي مجال من مجالات النشاط البشري (نقص مياه الشرب؛ وفترات الراحة؛ والمخاطر أثناء إنشاء الخزانات الاصطناعية وتنظيم تدفق المياه الجوفية، وما إلى ذلك).





10. ظروف معيشية مختلفة تماماً في أراضي الدروع والمصاطب القديمة، من جانب، وكذلك داخل الأحزمة التكتونية المحيطة، من الجانب الآخر.

11. على عكس التضاريس القديمة، والمخاطر التدميرية وغيرها في مناطق هياكل الصدوع النشطة في مناطق النشاط البركاني والزلائي، المعبر عنها في مناطق الأحزمة المتقلة؛ والآثار الإيجابية للانفجارات البركانية على جودة الهواء والتربة والمياه وظهور المياه الساخنة واحتياطيات كبيرة من الطاقة الحرارية المائية.

12. اضطراب الظروف الطبيعية للحياة والعمل من خلال تطوير العمليات والأحداث الجيولوجية الخارجية (انزلاق الصخور الكارثية؛ والتعرية الشديدة للتربة؛ والمخاطر والآثار الضارة لتدفقات الطين الحجري).

13. أهمية المياه في العالم الحي مرتفعة جداً، وخاصة مياه الشرب عالية الجودة. اعتماداً على الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية والإشعاعية والغرض منها، يكون تأثير المياه الجوفية مرئياً ليس من خلال الدور الفسيولوجي والوبائي والصحي الذي لا يمكن الاستغناء عنه، ولكن أيضاً من خلال بعض التأثيرات السلبية، في الغالب بسبب فائض أو عجز بعض العناصر في الماء. آثار الاستخدام الماهر للمياه المعدنية والحرارة والغازات إيجابية بشكل أساسي.

14. في الوقت الحاضر، تحتل الموارد المعدنية، وفقاً لأهميتها في مجال تحسين الظروف المعيشية لجميع السكان على كوكب الأرض، المرتبة الثانية، بعد الزراعة مباشرة. المواد الخام النشطة (النفط والغاز الطبيعي والفحم) هي الإمكانيات الرئيسية اللازمة لوجود وتطور المجتمع المعاصر، المنتج المعدني الأكثر قيمة.





على عكس المزايا، فإن رواسب المواد الخام المعدنية، مع نثرها وحقول الاستغلال والتكرير، هي مناطق البيئة المضطربة. في ظل ظروف معينة، تتعرض صحة الإنسان للخطر بسبب الهواء والماء والتربة، وتلوثها بالعناصر السامة بيئياً، ولكن أيضاً من خلال الكوارث في المناجم التي يسببها الميثان.

15. في الوقت الحاضر، يعتبر اليورانيوم، كونه مادة خام نشطة، مسؤولاً تماماً عن التلوث الإشعاعي السابق والحاضر والمستقبلي للكوكب، وهو التلوث الذي يعد أكثر المشكلات إثارة للقلق في الوقت الحاضر. عند أخذ السلامة وصحة السكان في الاعتبار، بالنسبة لهذه المشكلة العالمية، إلى جانب المكون البشري لمستوى إشعاع الغلاف الحيوي، يكون النشاط الإشعاعي الطبيعي للغلاف الصخري مسؤولاً (تأثير الجرعات الصغيرة في مناطق الهالات الكيميائية؛ ومخاطر الرادون، إلخ). لوحظ أيضاً الآثار الإيجابية لظواهر النشاط الإشعاعي في الخدمات الصحية، بما في ذلك أيضاً تأثيرات الرادون الإيجابية أثناء العلاج بالمياه المعدنية.

16. الشرط المسبق للوجود الكلي الذي لا غنى عنه، والعناصر الدقيقة في السلسلة الغذائية للنباتات والحيوانات والبشر هي وجودها في الصخور والتربة والمياه. ويمكن استنتاج مدى اتساع نطاق تأثير العناصر على الجسم، بما في ذلك أيضاً التأثيرات العديدة للتغذية غير المنتظمة.

نظراً لوجود احتياجات للسكان والعلاج الصحي، يجب رفع معرفة العناصر المذكورة والعديد من العناصر الأخرى للوسط الجيولوجي إلى المستوى المناسب. بعد كل شيء، نحن نشهد ليس على أسئلة توفير واستخدام وحماية الإمكانات الجيولوجية، ولكن أيضاً على نتائج مختلف القوى والعمليات والأحداث





الجيولوجية والدور البيولوجي والطبي للعناصر الكلية والعناصر الدقيقة، والموجودة عملياً في الحياة اليومية في جميع أنحاء العالم؛ حول هذه الأسئلة، الجميع معني، فالناس العاديون يناقشون الأمر في الصحف المختلفة، دون الإشارة إلى أن مثل هذه الأسئلة هي من مجال الجيولوجيا.

يجب أن تفرض علوم الأرض والانضباط الطبي على وجهات النظر الصحيحة المتعلقة بالطبيعة وعلاقتها من خلال مهمتها الاجتماعية، من أجل دعم تعليم السياسيين والاقتصاديين ورجال الأعمال، وأيضاً مجموعة واسعة من السكان. كذلك، من خلال الأنشطة والنتائج العلمية المناسبة، للمساهمة في تصحيح بعض المقاربات في علاج الإنسان والشفاء الصحي بشكل عام.

دعونا نستنتج أن المعرفة الجيدة لعناصر البيئة الجيولوجية مهمة جداً، وضرورية إذا أردنا القيام بأنشطة وقائية في مجال الكفاح من أجل السكان الأصحاء.

من بين كل شيء، يجب تحديد حواجز شاذة غير مناسبة للعيش، وكذلك طرائق تحسينها، وبعبارة أخرى: ما هي المناطق المناسبة بيئياً.

تتمثل مهمة الجيولوجيا الطبية التطبيقية في الإجابة عن مثل هذه الأسئلة، والتي يمكن القيام بها إذا استفادت من مواد التمويل والمعلومات والمعرفة، وإذا حددت مناطق معينة وفقاً لمكونات جيولوجية مثيرة للاهتمام تميزت بمحتويات مناسبة لبعض العناصر.





• دور الجيولوجيا الطبية في البيئة والصحة

يقدم العالم نظاماً بيئياً عالمياً، حيث تخضع جميع الكائنات الحية، بما في ذلك البشر، إلى بعض النظم البيولوجية. عندما تكيف الإنسان مع تأثيرات الوسط الطبيعي (الجيولوجي)، تسبب الإنسان بنشاطه في حدوث تغييرات جوهرية داخل النظام دون التنبؤ الضروري، مما أدى إلى اضطراب المزيد والمزيد من الروابط البيئية وتسببت في أضرار لا يمكن إصلاحها تقريباً للبيئة، حيث جرى الحفاظ على التوازن البيولوجي خلال عدة آلاف السنين حتى ذلك الحين.

هذا هو السبب في أن معرفة علم البيئة، وهو أحد التخصصات الأساسية ذات الطابع متعدد التخصصات، اكتسب أهمية بارزة للأنشطة التطبيقية في مجال الحفاظ على البيئة الصحية وحفظها.

من أجل حماية البيئة بكفاءة، إلى جانب الحاجة إلى تكثيف وتنسيق الأنشطة من جميع البلدان على كوكب الأرض، حدثت ضرورة لاتخاذ إجراءات واسعة في مجال التعليم وتخصص الأطباء والجيولوجيين والمهن الأخرى، إنهم شركاء متساوون في حل المهام المعقدة لحماية البيئة.

مع التطور السريع غير المرئي للحضارة، تصبح البيئة الجيولوجية جزءاً لا يتجزأ من البيئة، مثل الغلاف المائي والغلاف الجوي والمحيط الحيوي، وتدخل أكثر فأكثر في التفاعل مع النشاط البشري وتنتج أساساً مادياً للتغيير المباشر للمادة والطاقة بين الإنسان والطبيعة.

لذلك، ظهرت أربع مجموعات مختلفة نوعياً من العلاقات بين البشر والبيئة الجيولوجية المناسبة في الخطة الأولى:





1. يجري الحصول على المواد الخام الأساسية والموارد الحيوية اللازمة للتنمية الاجتماعية والاقتصادية من الغلاف الصخري.
2. العمليات الجيوديناميكية الطبيعية تعرض الأرواح البشرية والقيم الرأس مالية للخطر.
3. يضطر الإنسان أكثر فأكثر إلى ضمان التفاعل المتناغم للمباني والمنشآت الأخرى مع البيئة الجيولوجية مسبقاً ومنطقياً.
4. صار البشر أكثر وعياً بضرورة حماية البيئة الجيولوجية من التلوث والاضطراب.

لقد تميزت أهمية العوامل الجيولوجية خلال الستينات من القرن العشرين، عندما حدثت الحاجة إلى تقييم التأثير البشري على البيئة (تقييم الأثر البيئي)، كنتيجة لمستوى أعلى من المعرفة المتعلقة بضرورة حماية البيئة.

في ذلك الوقت، خلصت حكومة الولايات المتحدة الأمريكية إلى أنه من الضروري إنشاء آلية لصنع القرار، مما يضمن نوعاً من التحليل لجميع المشروعات الكبيرة بغض النظر عن وجهة نظر التأثير على البيئة. في يناير 1970، قبل القانون المسمى قانون السياسة البيئية الوطنية (NEPA) من قبل الإدارة.

يجري تقييم التأثيرات المحتملة على البيئة من خلال تطبيق المنهجية الأكثر ملاءمة. من الضروري تقييم التأثيرات الآتية من مجال الجيولوجيا:

1. ضياع وتلف الأشياء الجيولوجية والحفرية وغيرها من الأشياء من التراث الجيولوجي.





2. التأثير على الصخور والتربة (التغيرات في التشكل المحلي، وتآكل التربة، والكتل الصخرية وانزلاق التربة؛ وتأثير الانبعاثات وهطول الأمطار على التربة؛ والتخلص من النفايات).

3. التأثير على المياه (التغيرات في نظام المياه الجوفية والمياه السطحية؛ وتأثير التلوث والنفايات والتخلص من النفايات).

4. تأثير وجود المواد الخام المعدنية واستغلالها (العواقب الناتجة عن استغلال المواد الخام والمياه والطاقة وغيرها من الإمكانيات الجيولوجية).

قبل البدء في تحليل دور الاستكشاف الجيولوجي الطبي، سنناقش تجارب الجغرافيا الطبية.

يجري التقييم الجغرافي الطبي للأنظمة الإقليمية للبيئة المحيطة وفقاً لتصنيفات مكونات (عوامل) البيئة المحددة وفقاً لوجهات نظر مختلفة:

- ❖ حسب دورية التأثير على النشاط الحي للبشر.
- ❖ وفقاً لإمكانية رفض تأثيرات العوامل البيئية على النشاط الحيوي للبشر.
- ❖ وفقاً لإمكانية التفاعل مع المكونات الأخرى للبيئة وتعزيز أو إضعاف تأثيرها على النشاط الحيوي.
- ❖ حسب درجة المشاركة المباشرة في التأثير على العمل والراحة وصحة السكان.



ويمكن أن تكون شدة تأثير المكونات البيئية على صحة السكان: 1. ضعيفة؛
2. متوسطة 3. قوية؛ 4. حرجة أو مقيدة.

تعتبر المعالم الحرجة أو المقيدة للبيئة، والتي يمكن أن تعقد أو حتى تجعل العمل مستحيلًا، والحياة اليومية وبقية البشر، مثيرة للاهتمام بشكل خاص. هذا هو السبب في الحاجة إلى أنظمة خاصة للتأمين على الحياة.

في الوقت الحاضر، يمكن القول إن هناك نوعين من التقييمات المقارنة للخصائص الإقليمية التي تشير إلى العمل والحياة اليومية والراحة وصحة السكان التي يجري تمييزها في الجغرافيا الطبية:

❖ **النوع الأول:** تقييم الكمية أو نصف الكمية للعوامل مع وجود معالم عددية صحيحة كافية. حيث يأخذ هذا النوع من التقييم بشكل كبير من النظافة ويشير إلى جوانب مميزة من حياة السكان.

❖ **النوع الثاني:** التقييم النسبي المعطى على رقم النقطة، والذي ينطبق على حالات العمليات التي تقع في إطار علم النفس البيئي المتكامل.

النهجان المذكوران مترابطان بشكل وثيق. ومن بين جوانب النشاط السكاني: تغذية السكان، كمية العزل الحراري للشقق والملابس، نفقات البناء، إلخ.

من بين الطرائق التقليدية، تستخدم طريقة المقارنة، مع التقييم المقارن للعمليات الجغرافية المختلفة والأحداث وفقاً لمستوى صحة السكان كجزء لا يتجزأ من الجغرافيا الطبية لفترة طويلة.





الجيولوجيا الطبية في منطقة الشرق الأوسط

لقد أعلنت منطقة الشرق الأوسط عن بعض الأمراض المستوطنة التي تكون أكثر وضوحاً مما هي عليه في أجزاء أخرى من العالم وفي بعض الحالات شوهدت فقط في هذه المنطقة.

تشتهر منطقة الشرق الأوسط ببيئتها القاحلة وشبه القاحلة مع عواصف ترابية ورملية متكررة وشديدة. وقد أثر ذلك على صحة الإنسان في المقاطعات الجنوبية لإيران مثل مقاطعة خوزستان الجنوبية الغربية ومحافظة سيستان وبلوشستان الجنوبية الشرقية.

تشمل الآثار الصحية للعواصف الترابية في مقاطعة خوزستان الربو في بعض المدن، وخاصة بالنسبة للأشخاص المصابين بأمراض الجهاز التنفسي والقلب والأوعية الدموية المزمنة.

وعلى الرغم من العواصف الترابية والرملية تهدد حياة أكثر من 3 ملايين من سكان مقاطعة خوزستان، لا توجد دراسات مفصلة عن طبيعة ونوع والآثار الصحية للغبار والرمال المنبعثة من الرياح.

كما أن منطقتين رئيسيتين في العراق، هما بغداد والبصرة، تتعرضان بشكل متكرر للعواصف الترابية والرملية، ولكن لم يجر إيلاء اهتمام كبير لدراسة الأثر الصحي للعواصف الترابية والرملية في العراق.

لقد جرى توضيح العديد من الأمثلة من أنحاء الشرق الأوسط على سمية العناصر مثل الزرنيخ والفلور وأوجه النقص، وخاصة نقص اليود. سنركز





هنا على المشكلات الصحية الناتجة عن التسمم بالزرنيخ في المنطقة ونوضح حالات اضطرابات نقص اليود الموجودة منذ فترة طويلة في الشرق الأوسط.

تواجه العديد من المناطق في الشرق الأوسط مستويات عالية من الفلور الطبيعي في مياه الشرب. فقد عثر على مستويات الفلور الطبيعي في مياه الشرب تصل إلى 3 ملغ/ لتر في منطقة صحراء النقب في فلسطين. في بعض أجزاء المملكة العربية السعودية مثل منطقة حائل، يُلاحظ وجود ارتباط قوي بين مستويات الفلور في مياه الآبار المستخدمة للشرب وشدة التسمم بالفلور في الأسنان.

أبلغ عن وجود تسمم فلور مستوطن في منطقة مكة أيضاً. هناك أيضاً بعض المدن في إيران حيث تؤدي المستويات العالية من الفلور في مياه الشرب إلى الإصابة بالتسمم بالفلور.

لقد وصفت العلاقة بين التعرض للرادون والتأثيرات الصحية في الشرق الأوسط. أظهرت العديد من الدراسات الوبائية وجود علاقة بين التعرض للرادون وسرطان الرئة. كما أجريت دراسات للحالات والشواهد في رامسار في شمال إيران مما يشير إلى وجود علاقة عكسية بين التعرض للرادون السكني وسرطان الرئة.

كما أبلغ عن حالات أكل التراب **Geophagia** المرتبطة بنقص الحديد والزنك وقصر القامة وتأخر النضج الجنسي وتضخم الكبد والطحال وتأخر عمر العظام من دول الشرق الأوسط. وهذا يشمل شيراز في إيران وأجزاء من السعودية وأطفال عرب من قطاع غزة.





• الهباء الجوي المعدني

الهباء الجوي المعدني **Minerogenic Aerosols** هو خليط غير متجانس من الجسيمات العالقة في الهواء والتي يمكن أن تكون صلبة أو سائلة أو كليهما، عضوية وغير عضوية، ومتفاوتة الحجم والشكل.

تشمل مصادر هذا الهباء العواصف الرملية والترابية، واحتراق الوقود الأحفوري، والهباء الجوي الصناعي من أنشطة البناء والتعدين ومعالجة المعادن، سواء الحرائق الطبيعية أو التي من صنع الإنسان (على سبيل المثال، حرائق آبار النفط في الكويت عام 1991 وحريق منجم الكبريت بولاية المشرق في شمال العراق عام 2003)، وحرق النفايات، وتفجير الذخائر والأجهزة المتفجرة، وخاصة ذخائر اليورانيوم المستنفد.

تشتهر منطقة الشرق الأوسط ببيئتها القاحلة وشبه القاحلة مع وجود عواصف ترابية ورملية متكررة وشديدة. تعتبر شبه الجزيرة العربية واحدة من خمس مناطق في العالم يكون فيها توليد العواصف الترابية كثيفاً بشكل خاص وتتميز بتوزيع واسع للرواسب الريحية.

وهذا ينطبق أيضاً على جنوب غرب و جنوب إيران. حتى وقت قريب، كان هذا مرتبطاً في الغالب بعمل الرياح استجابة لتقلب درجات الحرارة وهطول الأمطار وغياب الغطاء النباتي في ثلثي هذه المنطقة.

ومع ذلك، ومع الاستخدام المكثف للموارد الطبيعية، والتوسع الحضري، والتصنيع، والنزاعات المسلحة، والأنشطة البشرية الأخرى، صار الاضطراب السطحي للأرض أمراً لا مفر منه، وتزايدت وتيرة العواصف الترابية والرملية

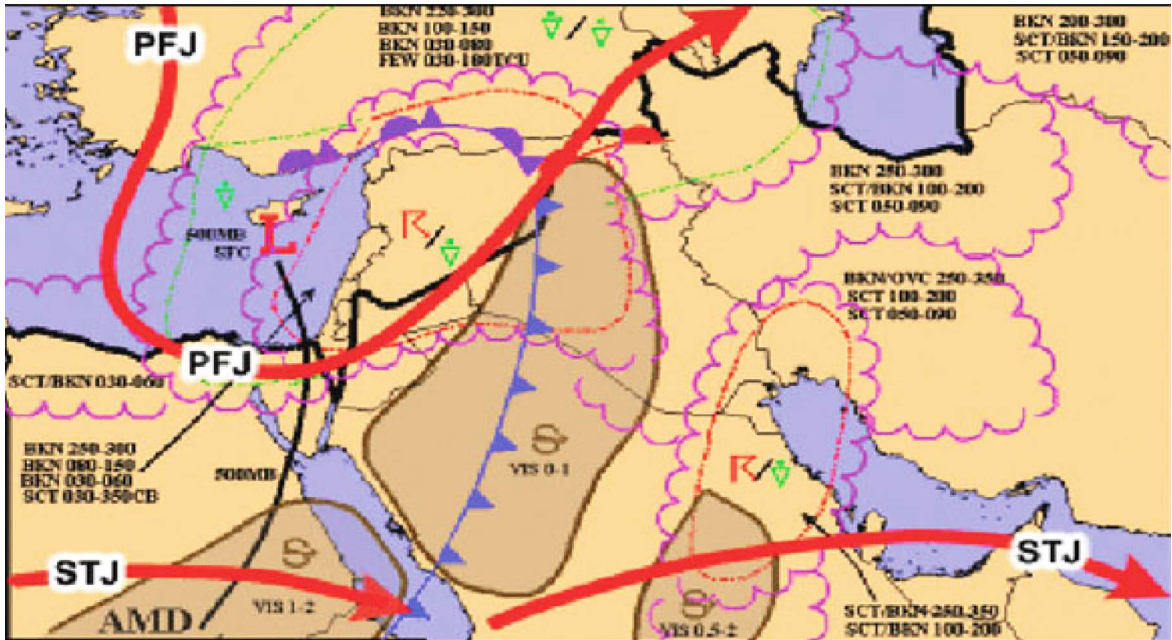




وشدتها وتعقيدها ومدتها بشكل كبير، مما ألحق أضراراً جسيمة بالاقتصاد والمجتمع والصحة العامة.

تحدث العواصف الترابية والرملية في الشرق الأوسط عندما يندفع التيار النفث شبه الاستوائي لأعلى من جنوب شبه الجزيرة العربية ويدفع تيار نفث أمامي قطبي من القارة الأوروبية ويسود غالباً في فصلي الربيع والصيف عندما تهيمن الرياح الشمالية الغربية.

توضح الرياح العاتية ونقص رطوبة التربة جميع المعايير اللازمة لتكوين العواصف الترابية. في الوقت الحاضر، يؤدي الاضطراب البشري المنشأ لسطح الأرض إلى زيادة انتشار الصحاري في الشرق الأوسط.



توضح خريطة طقس الشرق الأوسط ظروف حدوث العواصف الترابية قبل الجبهة.





تعد معرفة المصدر وعملية التوزيع عاملاً رئيسياً في رسم أنماط التوزيع وتوقع المناطق المتأثرة حيث تتعرض الحياة للخطر. تجلب العاصفة الترابية الميكروبات والحشرات والجزيئات العضوية وغير العضوية، وكذلك المواد الكيميائية العضوية مثل الأصباغ والمبيدات الحشرية التي تؤدي إلى مجموعة واسعة من أمراض الجهاز التنفسي والأمراض المعدية.

تتباين الآثار الصحية للرمال والغبار المنفوث بالرياح وكذلك الهباء الجوي المعدني على وظائف الرئة والقلب والأوعية الدموية للإنسان مع عدد من العوامل الأخرى التي تشمل حجم الجسيمات وتكوينها ومستويات ومدة التعرض والحالة الصحية للسكان المعرضين.

قد تصل الجسيمات التي يقل قطرها عن 10 ميكرومتر إلى الجزء العلوي من الشعب الهوائية والرئة بينما يمكن للجسيمات الدقيقة أن تخترق بعمق أكبر وقد تصل إلى المنطقة السنخية في الرئتين.

الآثار الصحية هي أيضاً تابعة للنطاق الزمني، والذي يتراوح من التعرض طويل الأمد (أشهر إلى سنوات) الذي يؤثر على حدوث الأمراض المزمنة والحساسية إلى التعرض قصير الأمد (أيام) الذي يتسبب في أحداث صحية حادة.

على كلا المقياسين، قد تتراوح الآثار الصحية في شدتها من الإكلينيكية إلى المميتة. إذ تتناقص نسبة السكان المتضررين مع زيادة شدة التأثير. تشمل الآثار الصحية المحددة للتعرض المزمّن زيادة أعراض الجهاز التنفسي السفلي، ومرض الانسداد الرئوي المزمن (COPD)، وانخفاض وظائف الرئة، وانخفاض متوسط العمر المتوقع (المرتبط بشكل أساسي بالوفيات القلبية التنفسية).



تؤثر كمية الغبار وأنواع الجسيمات المتضمنة على مدى خطورة إصابة الرئة. الغبار إما عضوي أو غير عضوي. يتكون الغبار العضوي من جزيئات من أصل بيولوجي وحيواني وميكروبي ويحوي على البكتيريا والفطريات. ينتج التهاب الأسناخ التحسسي عن الغبار العضوي. داء النوسجات (عدوى ناتجة عن تنفس أبواغ الفطريات، والتي توجد غالباً في فضلات الطيور والخفافيش)، ومرض البيغاء (أو البيغائية هي التهاب رئوي نادر ناجم عن المتدثرة البيغائية *Chlamydia Psittaci*، وهي بكتيريا موجودة في الطيور بشكل رئيسي، مثل البيغاوات العادية والبيغاوات القرمزية وبيغاوات الدراء وطيور الحب، كما توجد في الطيور الأخرى أيضاً، مثل الحمام وطيور البرقش (الحسون) والدجاج والديك الرومي)، وحمى كيو (مرض معدي ناجم عن الكوكسيلا البورنيتية، وهي بكتيريا تصيب الإنسان وحيوانات أخرى، من أبقار وغنم وماعز، وكذلك الكلاب والقطط)، هي أمراض يمكن أن يصاب بها الأشخاص إذا استنشقوا مواد عضوية مصابة ببعض الكائنات الحية الدقيقة.

يمكن أن يتشكل الغبار أيضاً من المواد الكيميائية العضوية (مثل الأصباغ ومبيدات الآفات). يمكن أن يحدث الغبار غير العضوي من طحن الصخور أو المعادن أو التربة. ومن أمثلة الغبار غير العضوي السيليكا والأسبستوس والفحم. يختلف تأثير الجسيمات غير العضوية عند استنشاقها باختلاف حجم وطبيعة الجسيمات.

التغيرات التي تحدث في الرئتين تختلف باختلاف أنواع الغبار. على سبيل المثال، تتميز الإصابة الناجمة عن التعرض للسيليكا بجزر من الأنسجة الندبية محاطة بأنسجة الرئة الطبيعية. تذوب بعض الجسيمات في مجرى الدم. ثم يحمل الدم المادة في جميع أنحاء الجسم حيث قد تؤثر على الدماغ والكلية والأعضاء الأخرى.

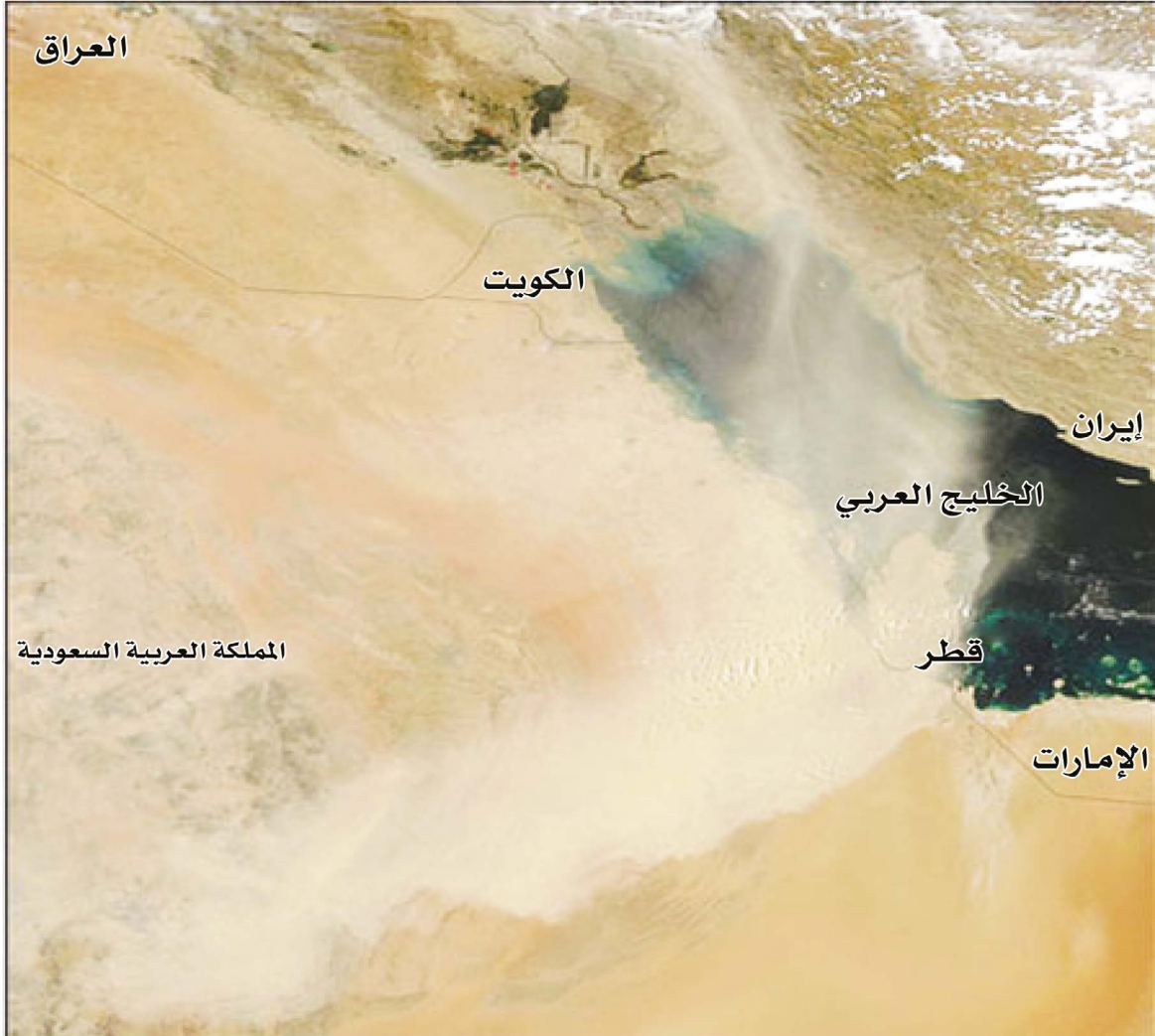




تتوفر معلومات قليلة عن التركيب المعدني لجزيئات الرمل والغبار في الشرق الأوسط. وقد أشار الباحثون إلى أن الرمل والغبار في وسط وجنوب العراق يتكون من 8-45% كربونات، 18-63% كوارتز، 4-27% فليسبار، 1-16% ميكا، و 1-8% جبس بالإضافة إلى 4-28% شظايا صخرية متعددة المعادن.

من الناحية التركيبية، يتكون معظم التساقط من رمل ناعم جداً (62-125 ميكرومتر) وطمي خشن (62 - 31 ميكرومتر). بدلاً من ذلك، يتكون الغبار المتساقط فوق البحر الميت من أملاح قابلة للذوبان، كربونات (9.47-6.7%)، أباتيت (5-1%) (مشتق من نشاط تعدين الفوسفات على بعد 45 كم)، ومعادن طينية.





عمود غبار هائل انطلق من جنوب وسط المملكة العربية السعودية في اتجاه عكس عقارب الساعة فوق وسط وجنوب العراق، وجنوب غرب وجنوب إيران، والخليج العربي في 18 أبريل 2008. الغبار يخطئ بصعوبة الإمارات العربية المتحدة ويترك الجزء الشرقي من الخليج العربي واضحاً. يبدو الغبار كثيفاً بشكل خاص فوق قطر.





• الزرنـيـخ

الزرنـيـخ هو عنصر موجود في كل مكان في البيئـة، ويمكن انتشاره بسبب العمليات الطبيعية والأنشطة البشرية المختلفة. الزرنـيـخ متحرك نسبياً عند قيم الأس الهيدروجيني PH (وهو القياس الذي يحدد ما إذا كان السائل حمضياً أم قاعدياً أم متعادلاً) النموذجية للمياه الطبيعية (الأس الهيدروجيني 6.5-8.5) وتحت ظروف الأكسدة والاختزال. ومع ذلك، يُظهر الزرنـيـخ أقصى قدر من الحركة في ظل ارتفاع درجة الحموضة وظروف الأكسدة وتحت ظروف اختزال شديدة.

مع أن معظم مشكلات الزرنـيـخ البيئية ناتجة عن التعبئة في ظل الظروف الطبيعية، إلا أن التأثيرات البشرية كانت مهمة محلياً بسبب أنشطة مثل التعدين، واحتراق الوقود الأحفوري، واستخدام كيمائيات الزرنـيـخ.

قد يكون تعرض الإنسان للزرنـيـخ من خلال عدد من المسارات، بما في ذلك الهواء والغذاء والماء والتربة. من بين هؤلاء، تمثل مياه الشرب أكبر تهديد لصحة الإنسان، حيث تميل تركيزات الزرنـيـخ المائي الأعلى إلى أن توجد في المياه الجوفية بسبب عمليات التفاعل الطبيعي بين الماء والصخور والنسب العالية للمواد الصلبة / المحاليل الموجودة في طبقات المياه الجوفية.

قد يتسبب التعرض المزمـن للزرنـيـخ في حدوث اضطرابات جلدية (تجلط وتقرن)، واعتلال عضلة القلب المزمـن (خاصة عيوب الدورة الدموية الدقيقة قبل السريرية وقصور الشرايين)، والتهاب خلالي مع تليف، وارتفاع ضغط الدم، وداء السكري، وانخفاض محتمل في معدل الذكاء، ومجموعة متنوعة من السرطانات التي تصيب الجلد والرئتين والمثانة والكلى والكبد. قد تؤدي سمية





الزرنِيخ الحادة إلى التهاب عضلة القلب السام. قد يتسبب الزرنِيخ أيضاً في موت الخلايا العصبية المبرمج في الدماغ والذي يؤدي إلى مرض ألزهايمر.

يرتبط انتشار الزرنِيخ بالتمعدنات المعدنية في منطقة شرق إيران (مقاطعات خراسان رضوي وخراسان الجنوبية)، وإيران الوسطى الصغيرة (كتلة لوت) (مقاطعتا يزد وكرمان)، ومنطقة جبال البرز (خراسان الشمالية، وكلمستان، ومازاندرا). ومنطقة سنندج - سرجان (أذربيجان شرق، وأذربيجان غرب، ومحافظة كردستان)، والدرع العربي.

يرتبط الزرنِيخ أيضاً بمعادن الكبريتيدات الموجودة في رواسب الفحم والبيتومين في منطقة وسط إيران (كتلة لوت) ومنطقة جبال البرز ومع الينابيع الحارة في منطقة سنندج - سرجان، وإيران الوسطى الصغيرة وحزام زاغروس (الذي يشمل كرمانشاه، إيلام، ورسجان، وخوزستان، وشرمحل بختاري، وكوجيلويه، وبوشهر، وفارس، وهرمزجان).

في النمذجة الإحصائية للتلوث العالمي بالزرنِيخ الجيوجيني في المياه الجوفية، اعتبرت منطقة الشرق الأوسط ذات درجة الحموضة العالية / ظروف الأكسدة السائدة حيث يكون الزرنِيخ قابلاً للذوبان في حالته المؤكسدة.

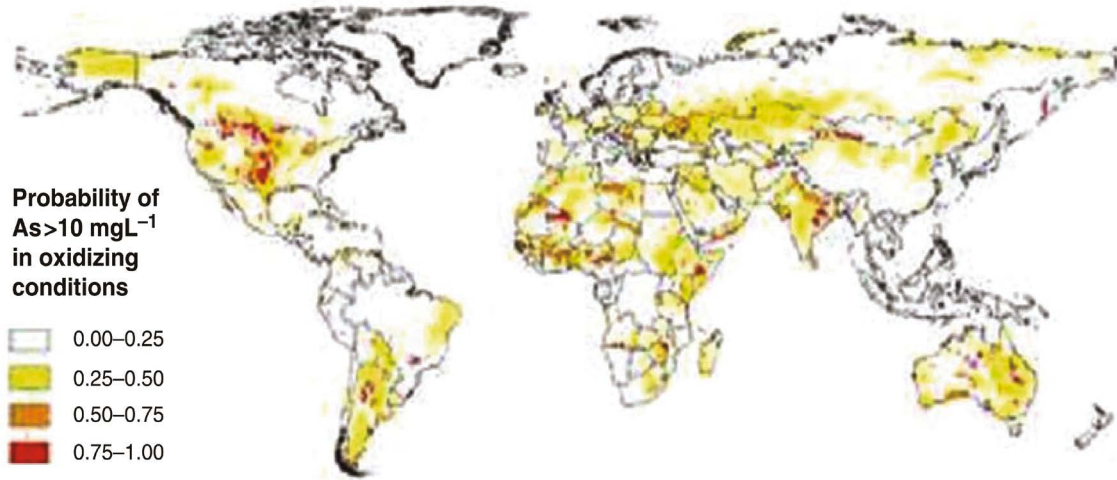
أشار النموذج الإحصائي إلى أن أجزاء كبيرة من منطقة الشرق الأوسط تحتمل $0.25 - 0.50$ أكبر من 10 ميكروغرام/ لتر مع احتمال أعلى من 0.50 إلى 0.75 في الحجاز (الدرع العربي)، والجزء الأوسط من الهضبة العربية (قوس حائل)، وشريط في شمال والعراق يتوافق مع تضاريس متبخرة.





أعلى احتمال يتوافق مع شريط داخل الجزء الأوسط من سهل بلاد ما بين النهرين يضم محافظتي بغداد وبابل بالإضافة إلى مجتمعات ما قبل الكمبري النارية للدرع العربي وربما مجموعة حضرموت (باليوسين - إيوسين) في الأجزاء الشمالية والشرقية من اليمن، على التوالي.

ومع ذلك، فإن هذا النموذج مشكوك فيه على الأقل داخل سهل بلاد ما بين النهرين. لأنه جيولوجياً لا تتوفر التضاريس التي تتكون من سلاسل سميكة جداً من الرواسب الحديثة وعدم وجود مصادر محتملة للزرنوخ الجيني، وليس هناك تحليلات متاحة للمياه الجوفية لدعم الزرنوخ.



الاحتمال العالمي للتلوث بالزرنوخ الجيني في المياه الجوفية لظروف عالية الأس الهيدروجيني / الأوكسدة حيث يكون الزرنوخ قابل للذوبان في حالته المؤكسدة.





• اليود

لطالما عُرف اليود كعنصر أساسي للإنسان، وللثدييات بشكل عام، حيث يتركز في الغدة الدرقية. وهو أحد مكونات هرمون الغدة الدرقية.

ينتج عن الحرمان من اليود سلسلة من اضطرابات نقص اليود **Iodine Deficiency Disorders (IDD)**، وأكثرها شيوعاً هو تضخم الغدة الدرقية المتوطن، وهي حالة تتضخم فيها الغدة الدرقية في محاولة لتكون أكثر كفاءة. يمكن أن يؤدي نقص اليود أثناء نمو الجنين وفي السنة الأولى من العمر إلى حدوث قماءة متوطنة، وهو مرض يتسبب في توقف النمو والتطور العام إلى جانب تلف الدماغ. ومع ذلك، فإن المشكلة الأكثر خطورة هي أن نقص اليود يضعف نمو الدماغ عند الأطفال حتى في حالة عدم وجود تأثير جسدي واضح. في الواقع، اقترح أن نقص اليود هو السبب الأكثر شيوعاً للتخلف العقلي الذي يمكن الوقاية منه.

لطالما اعترف بتضخم الغدة الدرقية المتوطنة والقماءة إلى جانب اضطراب نقص اليود المرتبط به على أنها مشكلات صحية خطيرة، ومن ثم نفذ الكثير من العمل بشأن المسببات والتوزيع الجغرافي لهذه الأمراض. صار من المتفق عليه عموماً أن السبب الرئيسي لاضطراب نقص اليود هو نقص اليود في النظام الغذائي.

كان اليود أول عنصر تُعرف عليه على أنه ضروري للإنسان، وكان تضخم الغدة الدرقية المتوطن أول مرض يرتبط بالكيمياء الجيولوجية البيئية. يبقى اليود قصة النجاح الكلاسيكية في الجيولوجيا الطبية فيما يتعلق بصحة الإنسان.





تميل مناطق تضخم الغدة الدرقية المتوطنة حيث يتركز نقص اليود إلى أن تكون محددة جغرافياً. ومن ثم، عثر على العديد من أكثر حالات الإصابة بتضخم الغدة الدرقية المتوطنة والقماءة في السلاسل الجبلية العالية، ومناطق ظل المطر، والمناطق القارية الوسطى.

ينتج هذا التوزيع للاضطرابات النمائية الدولية عن الكيمياء الجيولوجية الفريدة لليود. يتركز معظم اليود في مياه البحر ومشتق من التطاير من المحيطات مع الانتقال اللاحق إلى اليابسة.

نظراً لأن معظم اليود الموجود في التربة مستمد من الغلاف الجوي ومن البيئة البحرية في نهاية المطاف، فمن المحتمل أن يكون لقرب منطقة ما من البحر تأثير قوي على محتوى اليود في التربة في تلك المنطقة. ينتج عن هذا أيضاً تباين جغرافي كبير في محتوى اليود في التربة.

تؤثر اضطرابات نقص اليود في الشرق الأوسط على تلك الأجزاء البعيدة عن التأثير البحري، بما في ذلك الأراضي الداخلية القارية، والمناطق الجبلية، ومناطق ظل المطر مثل جبال البرز في شمال إيران، وجبال طوروس-زاغروس في شمال شرق العراق وشمال غرب إيران، ولبنان، والجبال المناهضة للبنان في غرب سوريا ولبنان وجبال الحجاز وعسير في غرب المملكة العربية السعودية وامتدادها الجنوبي في اليمن.

في كل هذه الأجزاء، يمكن تفسير اضطراب نقص اليود وفقاً للتفسيرات الكلاسيكية لانخفاض إمدادات اليود ومن ثم انخفاض توافر اليود. ومع ذلك، لا يمكن تفسير انتشار اضطراب نقص اليود في هذا السياق في حالة واحدة على الأقل حيث تعاني منطقة ساحلية قريبة من اضطراب نقص اليود.





من المحتمل أن يخضع ذلك للكيمياء الجيولوجية لليود وتوافره البيولوجي. ترتبط قدرة التربة على الاحتفاظ باليود بالتركيب مع المادة العضوية وتعتبر أكاسيد الحديد والألومنيوم أهم مكونات الاحتفاظ.

لذلك فإن التربة الرملية الناقصة في هذه المكونات والسائدة في المناطق الساحلية تعاني من نقص اليود. مثال آخر للسيطرة البيئية على مرض نقص اليود هو الارتباط القوي الواضح بين بعض مناطق تضخم الغدة الدرقية مع حجر الأساس الصخري من حجر الجير المكشوف على نطاق واسع في شمال غرب إيران، وشمال شرق العراق، وجبال لبنان.

يحدث اضطراب نقص اليود في بعض تضاريس الحجر الجيري مع ارتفاع معدل اليود نسبياً في التربة. هذا يعني أن اليود غير متوفر بيولوجياً.

في مراجعة لأمراض نقص اليود في الشرق الأوسط أجريت عام 2001، أشار الباحثون إلى أنه قبل عام 1987، لم يجر التعرف على اضطراب نقص اليود كمشكلة صحية خطيرة في الشرق الأوسط.

في منتصف الثمانينات من القرن الماضي، كان يُنظر إلى اضطرابات نقص اليود في الشرق الأوسط على أنها مقتصرة على مناطق جغرافية معينة، ومن ثم فهي ليست مشكلة صحية عامة ذات مصلحة وطنية.

في آسيا، حيث يوجد أكبر تجمع عالمي للسكان المتأثرين باضطراب نقص اليود، أدى إغناء الملح وتوزيع الزيت المعالج باليود والتدريب والتعليم إلى تحسينات في بعض البلدان.

تظهر الخرائط الآتية آثار تنفيذ برامج القضاء على نقص اليود، بما في ذلك شراء معدات معالجة الملح باليود.





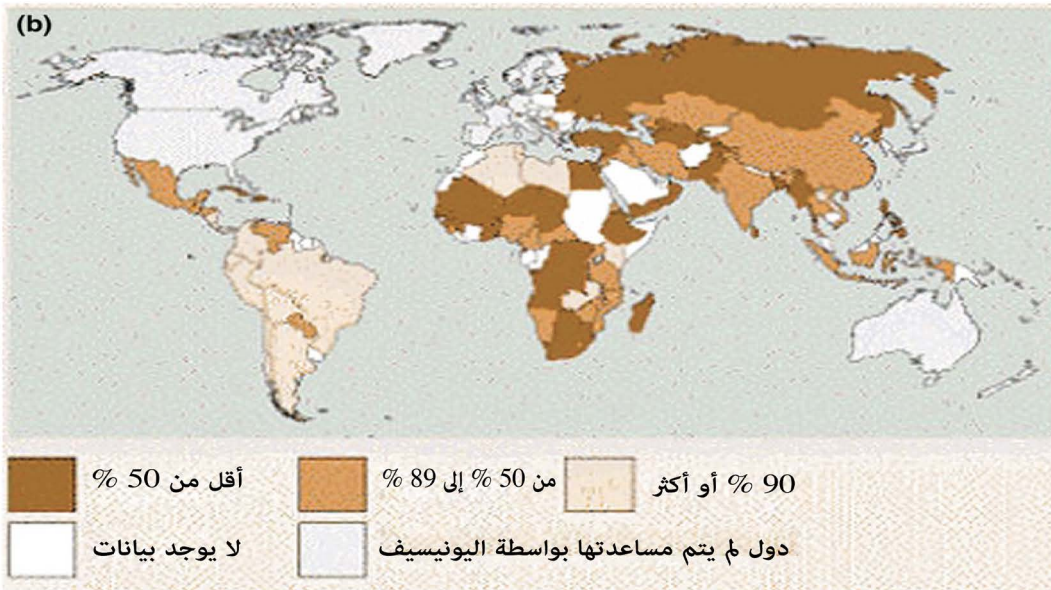
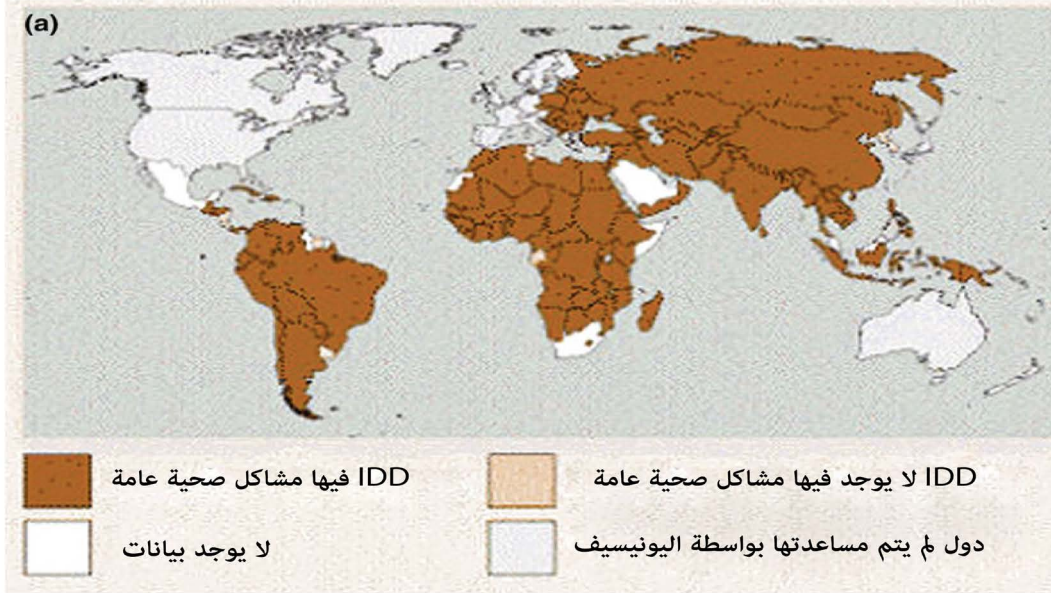
أصدر المجلس الدولي للسيطرة على اضطرابات نقص اليود (ICCIDD) تقارير وطنية وإقليمية مفصلة عن حالة اضطراب نقص اليود في الشرق الأوسط.

مع الإعلان عن خلو إيران من اضطرابات نقص اليود منذ عام 2001 مع انخفاض إجمالي معدل تضخم الغدة الدرقية (TGR) من 68.0% في عام 1989 إلى 54.6% في عام 1996 و9.8% في عام 2001، إلا أن بعض التحقيقات الخاصة باضطراب نقص اليود لا تزال جارية.

درس الباحثان منجم زاده ومقدان عام 2008 انتشار تضخم الغدة الدرقية بين الأطفال الذين تتراوح أعمارهم بين 11 و16 عاماً في مدينة الأحواز، مقاطعة خوزستان، جنوب غرب إيران. حيث تكون مجتمع الدراسة من 1950 طفل (1050 ذكور و900 إناث)، 146 طفل مصاب بتضخم الغدة الدرقية. كان معدل انتشار تضخم الغدة الدرقية 4.4% و11.1% للذكور والإناث على التوالي.

لاحظت الدراسة وجود اختلاف كبير في الطول والوزن بين طلاب الصف الأول من تضخم الغدة الدرقية (83 حالة) وتلاميذ الصف الثاني (55 حالة) و(8 حالات) تضخم الغدة الدرقية.





(a) الانتشار العالمي لأمراض نقص اليود (نحو 1990)؛ (b) نسبة الأسر التي تستهلك الملح المعالج باليود (1992-1996).





أجرت دراسة تحقيقاً شاملاً لتضخم الغدة الدرقية ومسبباته في بغداد والبصرة أكبر مدن العراق والمناطق الريفية المحيطة بها. وغطت الدراسة فحص تضخم الغدة الدرقية لعدد **11852** فرداً في بغداد و**4789** فرداً في البصرة يمثلون نحو **1%** من سكان المناطق التي شملها المسح.

كانت غالبية المواد الدراسية من طلاب المدارس الابتدائية والثانوية. وخلصت الدراسة إلى أن بغداد متوطنة في تضخم الغدة الدرقية بينما البصرة ليست كذلك، وأوضحت، على أساس امتصاص الغدة الدرقية لليود والنويدات المشعة، أن هناك شغفاً باليود في الغدة الدرقية كمحاولة للتعويض عن نقص في المعروض من الغدة الدرقية. بالإضافة إلى ذلك أشارت الدراسة إلى أن نقص فيتامين **A** قد يكون عاملاً آخر.

في أحدث دراسة للكيمياء الجيولوجية الرسوبية والبيئية لليود في العراق، أشارت إلى أن محتوى اليود في وحدات الصخور المكشوفة في الموصل والمناطق المجاورة يتراوح بين **3.1** و**9.0** ميكروغرام/ غرام في حين أن متوسط محتواه في التربة والرواسب هي **10.7** و **14.0 - 16.2** ميكروغرام/ غرام على التوالي.

في الماء، تراوح متوسط محتوى اليود بين **0.39** ميكروغرام/ غرام في مياه الأمطار (انخفاض المحتوى مع سقوط المطر المتتالي)، **0.63** ميكروغرام/ غرام في الينابيع المعدنية، **0.5** ميكروغرام/ غرام في الآبار الضحلة، و**0.44** ميكروغرام/ غرام في نهر دجلة.

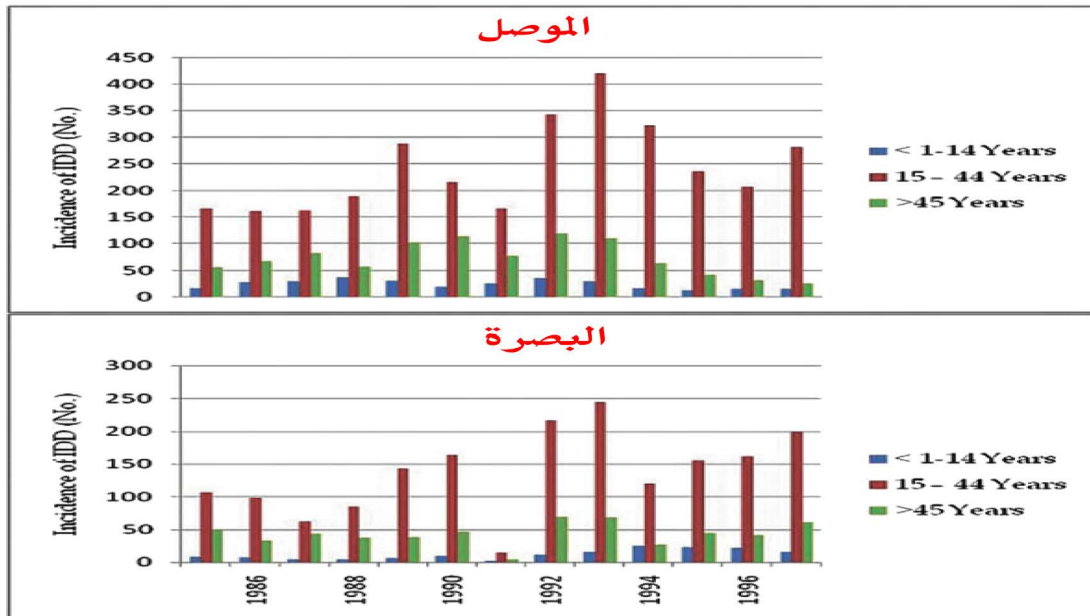
حددت الدراسة مصادر مختلفة لليود في التربة بما في ذلك اليود المغسول من جسيمات الغبار الجوي (الترسيب الرطب)، واليود المحرر من الهيدروكربونات المرتبطة بنشاط الينابيع المعدنية، واليود المذاب من الوحدات الصخرية المكشوفة وغير المكشوفة، واليود المضاف بوساطة الغبار المتساقط (الترسيب الجاف)، والأنشطة البشرية.





ومع ذلك، اعتبرت الدراسة أن الغلاف الجوي هو المصدر الرئيسي لليود في التربة والمياه مع هطول الأمطار الجافة والرطوبة التي تصل إلى 3.26 و 0.05 ملغ/ لتر م² / عام. أظهرت الدورة البيئية وجود حواجز جيوكيميائية تقلل من الحركة، ومن ثم، التوافر البيولوجي لليود.

وقارنت الدراسة نسبة الإصابة باضطراب نقص اليود في الموصل مع تلك الموجودة في البصرة على بعد نحو 950 كم جنوباً، وخلصت إلى أن معدل الإصابة بنقص اليود في الموصل يقارب ضعف معدل الإصابة به في البصرة معتبراً أن عدد السكان متماثل تقريباً.



حدوث اضطرابات نقص اليود في الموصل والبصرة، العراق. لا يزال مرض نقص اليود مستوطناً في الموصل، وهي منطقة تضخم الغدة الدرقية تاريخياً في العراق. في البصرة، وهي منطقة معتدلة نسبياً من اضطرابات عوز اليود، تدهور الوضع في أعقاب حرب الخليج الأولى بسبب التغيرات البيئية والسببية التي انعكست في حدوث مضاعف تقريباً من اضطرابات نقص اليود.





يفسر ذلك جزئياً بالمحتوى العالي من اليود في مياه الشرب في البصرة (0.54 ميكروغرام/ غرام) مقارنة بالموصل (0.26 ميكروغرام/ غرام) ومع ذلك، أدركت الدراسة زيادة حادة في حدوث اضطرابات نقص اليود في البصرة في الفترة 1997-1991 على الأرجح بسبب التغيرات البيئية والمسببات التي أعقبت حرب الخليج عام 1991 وفرض العقوبات الدولية على العراق منذ عام 1990.

في الأردن، أجريت دراسة حول انتشار مرض نقص اليود بين 210 (110 إناث و100 ذكور) من تلاميذ المدارس الذين تتراوح أعمارهم بين 8-10 سنوات في محافظة الطفيلة، جنوب الأردن. وقد قُدر مستوى إفراز اليود في البول لـ 76 طفلاً يعانون من تضخم الغدة الدرقية (48 إناث و28 ذكراً). أشارت الدراسة إلى أن معدل الإصابة بتضخم الغدة الدرقية يبلغ 36.2% مع انتشار تضخم الغدة الدرقية بين الإناث أكثر من الذكور. ومع ذلك، فإن هذا التكرار أقل من رقم 76.1% المسجل في عام 1993.

في الأراضي الفلسطينية المحتلة، أجري فحص لقصور الغدة الدرقية الخلقي (CH) بين السكان العرب في الضفة الغربية كجزء من برنامج فحص حديثي الولادة.

في الفترة من يونيو 1990 إلى فبراير 1994، فُحص 49694 رضيعاً، اكتشف 24 منهم فقط مع CH، بنسبة 1:2.070 مقارنة بنسبة 1:1447 في القدس الشرقية في الفترة نفسها تقريباً.

وأوضحت الدراسة ارتفاع معدل زواج الأقارب بين السكان العرب الذي يؤدي إلى خلل في تكوين الهرمونات وإلى عوامل بيئية، ربما نقص اليود أو السيلينيوم.



• الفلور

الفلور عنصر أساسي في النظام الغذائي للإنسان. لطالما ارتبط نقص الفلور بحدوث تسوس الأسنان. ومع ذلك، يبدو أن الجرعات المثلى من الفلور في البشر تقع ضمن نطاق ضيق جداً.

الآثار الضارة لابتلاع جرعات زائدة موثقة جيداً أيضاً. ارتبط الابتلاع المزمن للجرعات العالية بتطور التسمم بالفلور في الأسنان، وفي الحالات القصوى، التسمم بالفلور الهيكلي.

تمتد تركيزات أيونات الفلور في المياه الطبيعية لأكثر من أربعة مراتب من حيث الحجم، مع أن القيم تقع عادةً في نطاق 0.1-10 ملغ/ لتر. عندما تكون التركيزات عالية، يمكن أن تشكل مياه الشرب المصدر المهيمن للفلور في النظام الغذائي للإنسان.

غالباً ما يُعتقد أن التركيزات في مياه الشرب التي تبلغ نحو 1 ملغ / لتر هي الأمثل؛ ومع ذلك، يعتبر الاستخدام المزمن لمياه الشرب بتركيزات أعلى من نحو 1.5 ملغ/ لتر ضار بالصحة. حددت منظمة الصحة العالمية (1993) القيمة الإرشادية للفلور في مياه الشرب بالمقدار 1.5 ملغ/ لتر.

غالباً ما ترتبط تركيزات الفلور العالية بالمياه الجوفية حيث يتراكم الفلور نتيجة تفاعل الصخور المائية. ومع ذلك، في معظم المياه الجوفية تكون أقل من التركيزات العليا التي تعتبر ضارة بالصحة.

مع أن الآثار الصحية غير المؤكدة للفلور في مياه الشرب بتركيزات منخفضة (0.7 ملغ/ لتر أو أقل)، فإن الآثار المزمنة للتعرض للفلور المفرط في مياه الشرب مثبتة جيداً.





أكثر الأعراض شيوعاً هو تسمم الأسنان بالفلور (مينا مرقّشة). مع زيادة التعرض للفلور، يمكن أن يحدث تسمم بالفلور في الهيكل العظمي. يتجلى هذا في المراحل المبكرة على شكل تصلب العظام، الذي ينطوي على تصلب العظام وتكلسها ويسبب الألم والتصلب ونمو العظام غير المنتظم. في أسوأ حالاتها، تؤدي الحالة إلى تشوه شديد في العظام والوهن.

لقد وصف التسمم بالفلور بأنه مرض متوطن في المناخات المدارية. أحد أسباب ذلك هو درجة الحرارة. حيث يشرب الناس في المناطق الاستوائية المزيد من الماء، ومن ثم تناول المزيد من الفلور.

أبلغ عن انتشار التسمم بالفلور في الأطفال الذين يعيشون على ارتفاع 2800 متر (مع 2.5 ملغ فلور / لتر في مياه الشرب) أعلى من الأطفال الذين يعيشون على ارتفاع 1750 متراً (مع المستوى نفسه من الفلور في ماء الشرب). يعتبر التسمم بالفلور الشديد في الأسنان مستوطناً في أجزاء من العالم حيث توجد تراكيزات عالية جداً من الفلور بشكل طبيعي في مياه الشرب.

في منطقة الشرق الأوسط، توجد رواسب الفلوريت داخل منطقة سنندج - سيرجان (صخور متحولة ذات أجسام نارية متداخلة) (مقاطعات كردستان والمركز)، مجال وسط إيران (البلوري السفلي) (مقاطعات سمنان ويزد)، وداخل درع ما قبل الكمبري (صخور القاعدة المتبلورة) (الحجاز).

من المحتمل أن يكون الفلوريت المنتشر مرتبطاً بالرواسب البركانية لحزام زاغروس المطوي في شمال وشرق العراق وغرب إيران والتسلسلات الصخرية والمتبخرة لحوض بلاد ما بين النهرين.

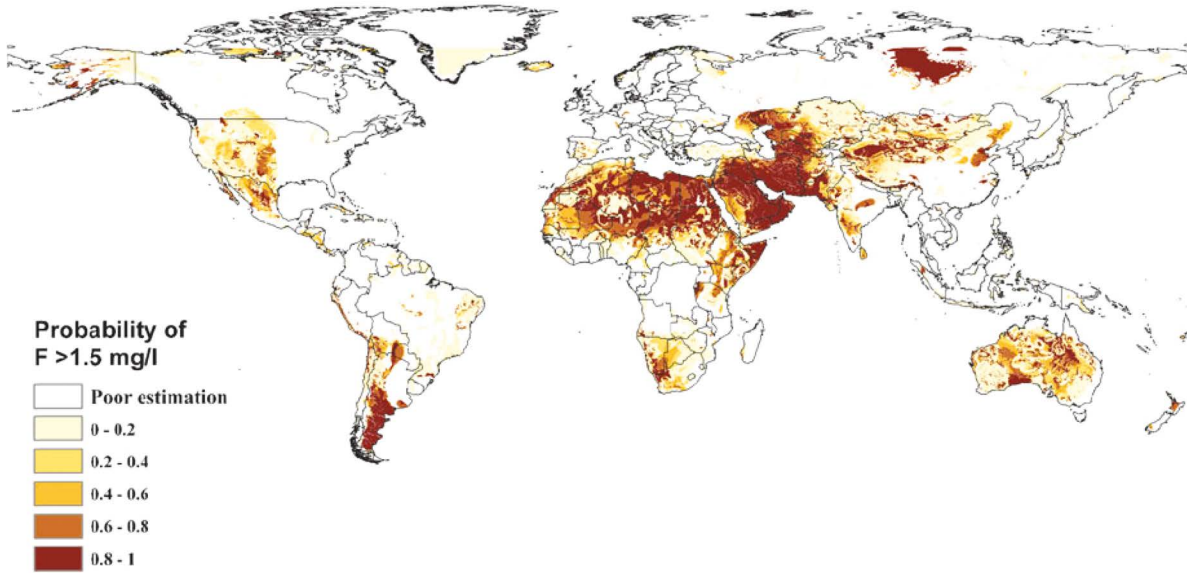




أنشأ بعض الباحثين نموذجاً إحصائياً للتلوث العالمي بالفلور في المياه الجوفية بهدف توفير خريطة احتمالية عالمية تشير إلى مخاطر تلوث المياه الجوفية بالفلور.

يشير النموذج إلى أن منطقة الشرق الأوسط بها احتمال $1-0.8$ لتركيزات الفلور التي تتجاوز 1.5 ملغ/ لتر. ومع ذلك، يعتمد نموذج الاحتمالية هذا على نقاط جرى قياسها لـ 92 عينة في إيران (نطاق $1.49-41.71$ F- ملغ/ لتر، متوسط 4.7 ملغ/ لتر مع 98% من التركيزات أقل من 1.5 ملغ/ لتر) و 12 عينة من فلسطين (المدى $0.02-0.56$ ملغ/ لتر، الوسيط 0.13 ملغ/ لتر) مع جميع التركيزات أقل من 1.5 ملغ/ لتر.





الاحتمال المتوقع لتركيز الفلور في المياه الجوفية يتجاوز إرشادات منظمة الصحة العالمية لمياه الشرب البالغة 1.5 ملغ/ لتر.

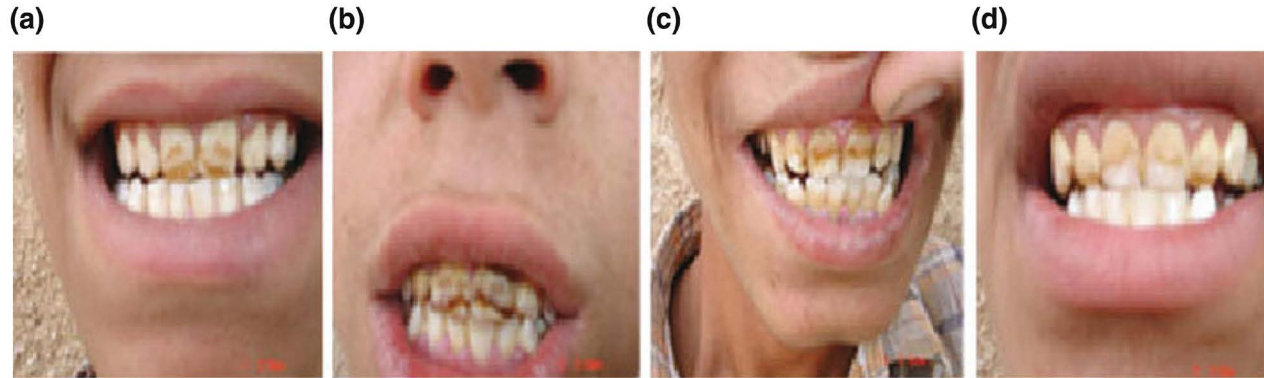
يوجد الفلور في كل من المياه السطحية والجوفية. ومع ذلك، في المياه العذبة السطحية، عادة ما تكون تركيزات الفلور منخفضة (0.01-0.3 ملغ/ لتر). في المياه الجوفية، يعتمد التركيز الطبيعي للفلور على الخصائص الجيولوجية والكيميائية والفيزيائية للخزان الجوفي، ومسامية وحموضة التربة والصخور، ودرجة الحرارة، وعمل العناصر الكيميائية الأخرى، وعمق الآبار.

بسبب العدد الكبير من المتغيرات، يمكن أن تتراوح تركيزات الفلور في المياه الجوفية من أقل بكثير من 1 ملغ/ لتر إلى أكثر من 35 ملغ/ لتر. يوضح الشكل الآتي البلدان التي تعاني من التسمم بالفلور المتوطن بسبب الفلور الزائد في





مياه الشرب. تتوافق الخريطة جيداً مع خريطة الاحتمالية المتوقعة لتركيز الفلور في المياه الجوفية باستثناء شبه الجزيرة العربية.



أمثلة على تسمم الأسنان بالفلور في ثلاث قرى في منطقة داهستان في إيران مع وجود 1.87-2.07 ملغ/ لتر فلور في مياه الشرب. (a): العمر: 8، الجنس: ذكر، القرية: دالكي؛ (b): العمر: 9، الجنس: أنثى، قرية: دالكي؛ (c): العمر: 10 سنوات، الجنس: ذكر، القرية: تانغي إرام؛ (d): العمر: 11، الجنس: أنثى، القرية: بوشكان.

• الإشعاع الطبيعي

تشمل مصادر الإشعاع الطبيعي الرادون وأشعة غاما الأرضية والأشعة الكونية. تشكل المصادر الجيولوجية النسبة الأكبر من مصادر الإشعاع الطبيعي حيث تساهم نظائر الرادون بنحو 60% منها.

الرادون هو غاز طبيعي مشع ينتج عن الاضمحلال الإشعاعي للراديوم والذي بدوره مشتق من الاضمحلال الإشعاعي لليورانيوم. يتحلل الرادون لتشكيل جسيمات ألفا وبيتا المشعة وإشعاع غاما.





الجيولوجيا هي أهم عامل يتحكم في مصادر وتوزيع غاز الرادون. ترتبط المستويات العالية نسبياً من الرادون بأنواع معينة من الصخور الأساسية (بعض الغرانيت، وصخور الفوسفات، والصخر النفطي الغني بالمواد العضوية المرتبطة بالترسبات غير المجمعة).

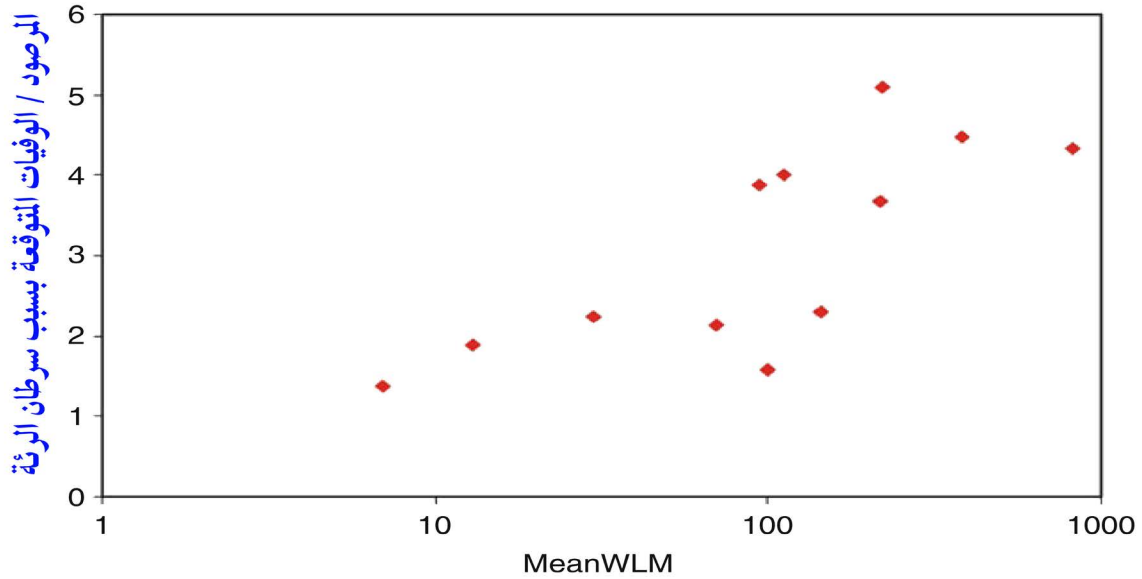
يتعرض كل شخص في الحياة اليومية لغاز الرادون. الرادون ومنتجاته المتحللة معروفة كمواد مسرطنة للرئة. أجريت دراسة الآثار الصحية الناتجة عن التعرض للرادون جيداً في مجتمعات التعدين وقدمت دليلاً ثابتاً على الصلة بين التعرض للرادون وسرطان الرئة.

بالإضافة إلى عمال مناجم اليورانيوم وغيرهم من عمال مناجم الصخور الصلبة، يتعرض العاملون في صناعة النفط والغاز لمستوى عالٍ من غاز الرادون عن طريق الاستنشاق.

عدد العمال الخاضعين للتعرض للإشعاع الطبيعي المعزز تقنياً أعلى بكثير في الشرق الأوسط وآسيا الوسطى مقارنة بعدد العمال في جميع المناطق الأخرى مجتمعة .

لكن الدراسات حول الآثار الصحية الناتجة عن التعرض لغاز الرادون لدى العاملين في صناعة النفط والغاز في الشرق الأوسط محدودة بسبب نقص المعلومات.





الوفيات الزائدة من سرطان الرئة بين عمال المناجم المعرضين لمستويات عالية من غاز الرادون. مستوى عمل WLM بالشهر، وحدة التعرض لغاز الرادون.

سنتناول فيما يأتي بعض دول منطقة الشرق الأوسط التي أجريت فيها دراسات تتعلق بانتشار الرادون وأثره على الصحة العامة:

1. المملكة العربية السعودية

في المملكة العربية السعودية، أوضح الباحثون عام 2008 أن الدراسات الوبائية التفصيلية لا تزال قيد التنفيذ، فلا شك في أن حالات سرطان الرئة أعلى بكثير من المعايير المتوقعة في غرب المملكة العربية السعودية، وربما تكون مرتبطة بـ $Rn-222$.

البيانات الخاصة بالمملكة العربية السعودية قليلة ومتباعدة. أجرى الباحثان أبو جراد والجار الله (عام 1986) الدراسة الأولى على الرادون الداخلي في 400





منزل في جميع أنحاء المملكة العربية السعودية وأشار إلى أن تراكيز مناطق الرادون تتراوح من 5 إلى 36 بيكريل/ متر³ بمتوسط 16 بيكريل/ متر³.

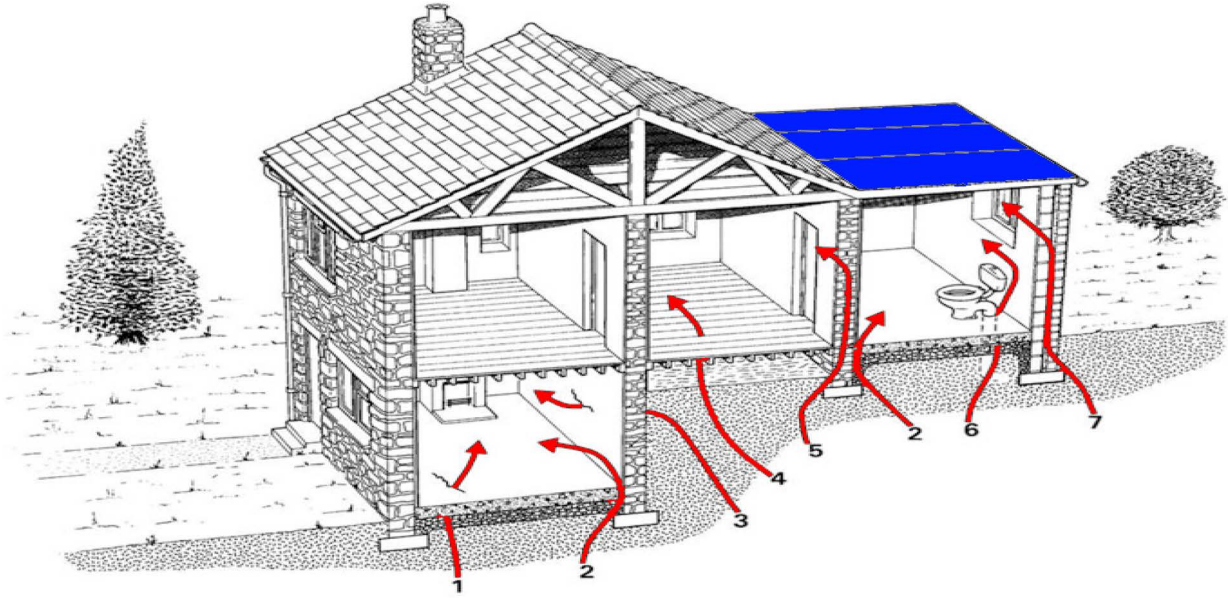
ثم قام الباحث الجار الله (في عام 2001) بقياس انبعاث غاز الرادون لـ 50 عينة مختارة من مواد البناء المستخدمة في المملكة العربية السعودية ووجد أن الغرانيت هو المصدر الرئيسي للإشعاع ومصدر الرادون الداخلي.

كما أبلغ الباحث الغرابي (في عام 2004) عن جرعة أشعة غاما الداخلية في مدينة الطائف في الحجاز تراوحت بين 90 و 221 nGy h⁻¹ (نانو غراي في الساعة) للفترة الزمنية من سبتمبر 2002 إلى سبتمبر 2003 وأن الجرعة المقاسة تختلف باختلاف نوع المنزل والموسم.

جرى قياس أعلى متوسط قيمة $192 \pm 7 \text{ nGy h}^{-1}$ داخل شقق مصنوعة من الأسمنت والطوب (157-221 nGy h⁻¹) وأدنى متوسط قيمة $92 \pm 6 \text{ nGy h}^{-1}$ في المنازل الطينية (58-117 nGy h⁻¹). ويبلغ متوسط معدل جرعة أشعة غاما الداخلية التي يتلقاها سكان مدينة الطائف 138 nGy h^{-1} والجرعة السنوية المقابلة لها هي $1211 \mu\text{Gy y}^{-1}$ (ميكرو غراي في السنة).

ثم قام الباحثان الجارالله وفضل الرحمن (في عام 2006) بدراسة تراكيز الرادون في الأماكن المغلقة في 136 مسكناً بمنطقة الجوف شمال المملكة العربية السعودية، وأشاروا إلى أن متوسط وتراكيز غاز الرادون الدنيا والحد الأقصى والانحراف المعياري كانت: 35، 7، 168، و 30 بيكريل / متر³ على التوالي.

كما أشار العمل التمهيدي الأخير الذي قام به إليوت وهاشم إلى أن Rn-222 يحتمل أن يكون خطراً جداً. حيث قاما بفحص الغرانيت المعدني في جبل صايد المكون من جسم مشع من aplite-pegmatite على بعد 35 كم شمال شرق مهد الذهب (شمال 23°، شرق 40° 57).



الطرائق التي يدخل الرادون من خلالها إلى المسكن كما تشير إلى ذلك الأسهم الحمراء.

تراوحت قيم الرادون في غاز التربة من 55 إلى 35، 182 pCi L^{-1} (بيكو كوري في اللتر) مع القيم العالية جداً المرتبطة بالظمي المشتق مباشرة من جسم .aplite-pegmatite

من الواضح أن مستوى Ra-222 في منازل القرية سيئة التهوية على طول قيعان الوديان.

وأشار الباحث هشام (في عام 2006) إلى أن هيئة المساحة الجيولوجية السعودية بدأت في رسم خرائط الرادون الجيولوجية للصخور والتربة منذ عام 2000.





لقد استخدمت البيانات الجيولوجية والهيكلية جنباً إلى جنب مع بيانات القياس الإشعاعي من المسح المحمول جواً والتحليلات الجيوكيميائية لـ **280** عينة لوصف الوجود المحتمل لغاز الرادون.

أيضاً جرى تضمين بيانات نفاذية التربة لإظهار تنقل الغاز في التربة. واستخدمت جميع البيانات السابقة لإنشاء المسودة الأولى للخريطة الأساسية المحتملة للدرع العربي (القاعدة المتبلورة).

تُظهر الخريطة النهائية مناطق الاهتمام، بما في ذلك حائل في الجزء الشمالي من المملكة العربية السعودية، والتي تتكون أساساً من الصخور الغرانيتية الحاملة لليورانيوم.

كان الحد الأقصى لتركيز الرادون للبيانات المجمعة **105** بيكريل / لتر والحد الأدنى **20** بيكريل / لتر على عمق **50** سم من سطح الأرض.

تظهر الخريطة النهائية علاقة جيدة مع تركيز الرادون في التربة. يجب القيام بمزيد من العمل لاستكمال المناطق المتبقية، قبل الإنتاج النهائي لخريطة مخاطر غاز الرادون في ذروة المشروع.

2. الأراضي الفلسطينية

أجري مسح الرادون في فلسطين بين عامي 1998 و2003 لتحديد المناطق المعرضة لغاز الرادون في فلسطين. حسب المسح أن متوسط تركيز الرادون الوطني هو **47** بيكريل / متر³، وحدد ست مناطق على أنها معرضة لغاز الرادون، وخلص إلى أن هناك علاقة قوية بين الظروف الجيولوجية وتركيز الرادون الداخلي.





تتزامن معظم التضاريس الإشعاعية ذات الخلفية الطبيعية العالية التي تغطي نحو 10% من الأراضي مع تعرض منطقة جبل المشارف، وهي وحدة صخرية (سينومانيان - باليوسين) تتميز بطبقات الفوسفوريت بكميات ملحوظة (90-100 جزء في المليون) من اليورانيوم.

ترتبط مستويات الإشعاع المرتفعة التي تصل إلى 3.0 mGy y^{-1} في مناطق أخرى بتركيزات عالية من الثوريوم والبوتاسيوم في التربة والنتوءات البازلتية الصغيرة في وسط وشمال فلسطين.

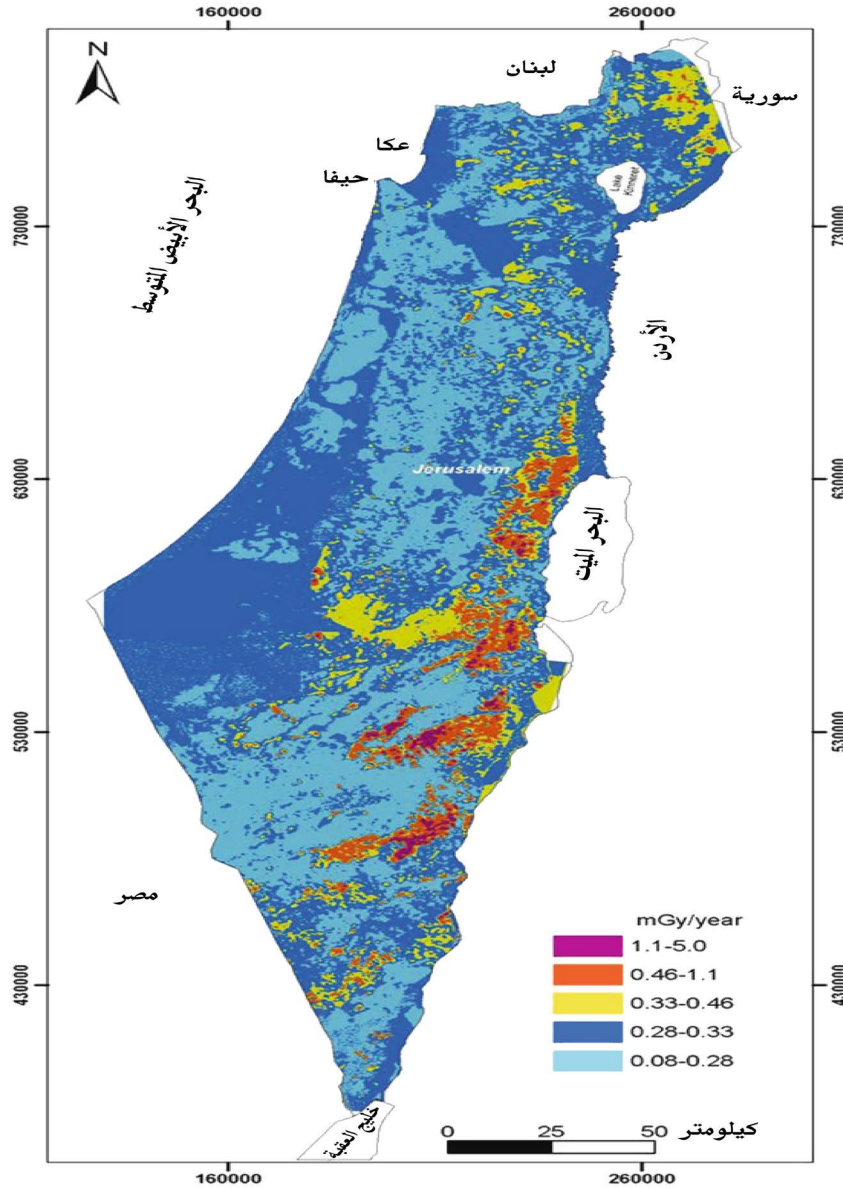
مع أن مكاشف الفوسفوريت الغني باليورانيوم تقع في معظم الحالات في المناطق الصحراوية، إلا أن بعض المدن المكتظة بالسكان تقع في هذه المناطق مثل عراد والجزء الشرقي من القدس.

لقد سجلت مستويات عالية من الرادون في هذه المجتمعات الحضرية. ومع ذلك، فإن تحليل نظم المعلومات الجغرافية للبيانات المتعلقة بالصحة للفترة 1984-1999 لم يكشف، حتى الوقت الحالي، عن أي علاقة بين التوزيع الجغرافي للأمراض الخبيثة وتضاريس إشعاع الخلفية الطبيعية العالية أو مستويات عالية من الرادون.

في الأردن، جرى بناء بعض المناطق الأكثر اكتظاظاً بالسكان على صخور تعادل مجموعة جبل المشارف (أي عمان، عاصمة الأردن)، حيث يعيش جزء كبير من السكان في مساكن في الطابق الأرضي.

في جميع أنحاء المنطقة، يجب مراقبة العاملين في صناعة تعدين الفوسفات، وكذلك الأشخاص الذين يعيشون في مساكن مؤقتة على مستوى الأرض.





خريطة معدل الجرعات الأرضية الطبيعية وتشير إلى أن متوسط معدل الجرعة لكامل الأراضي الفلسطينية هو $0.28 \text{ mGy year}^{-1}$ ، مع 20% من الأراضي تتراوح بين 0.47 و $5.1 \text{ mGy year}^{-1}$.





3. سوريا

في سوريا، أجري استقصاء على الصعيد الوطني لمستويات غاز الرادون في المنازل السورية في الفترة 1991-1993، والتي أشارت إلى أن متوسط تركيز الرادون هو 45 بيكريل/ متر³، وكانت أعلى القيم المسجلة في محافظة دمشق في الجنوب. وخلصت الدراسة إلى أن المنازل القديمة المبنية بالطين بدون بلاط أظهرت تركيزات أعلى من الرادون. ومع ذلك، لا يوجد مؤشر على التأثير الصحي المرتبط بالتعرض للرادون.

4. اليمن

أجرى المسح داخلياً لغاز الرادون في 241 مسكناً موزعة في ذمار وتعز والحديدة في اليمن وأشار إلى أن تركيزات الرادون تتراوح من 3 إلى 270 بيكريل/ متر³ بمتوسط 42 بيكريل/ متر³ وأن تركيز الرادون يزداد مع الارتفاع حيث تحدث أعلى التركيزات في ذمار، وهي مدينة جبلية، وأدناها في ميناء الحديدة.

• أكل التربة (الجيوفاجيا)

يمكن تعريف أكل التربة **Geophagia** على أنها ابتلاع متعمد للتربة. كثير من الناس حول العالم يمارسون أكل التراب.

قد يجري تحفيز أكل التربة بسبب النقص الغذائي، وهي ظاهرة ثقافية تنتقل من جيل إلى جيل، واستهلاك التربة لأسباب فسيولوجية ونفسية لإشباع الشهية، أو كوسيلة لإزالة السموم من الأطعمة التي تحوي على مواد سامة.



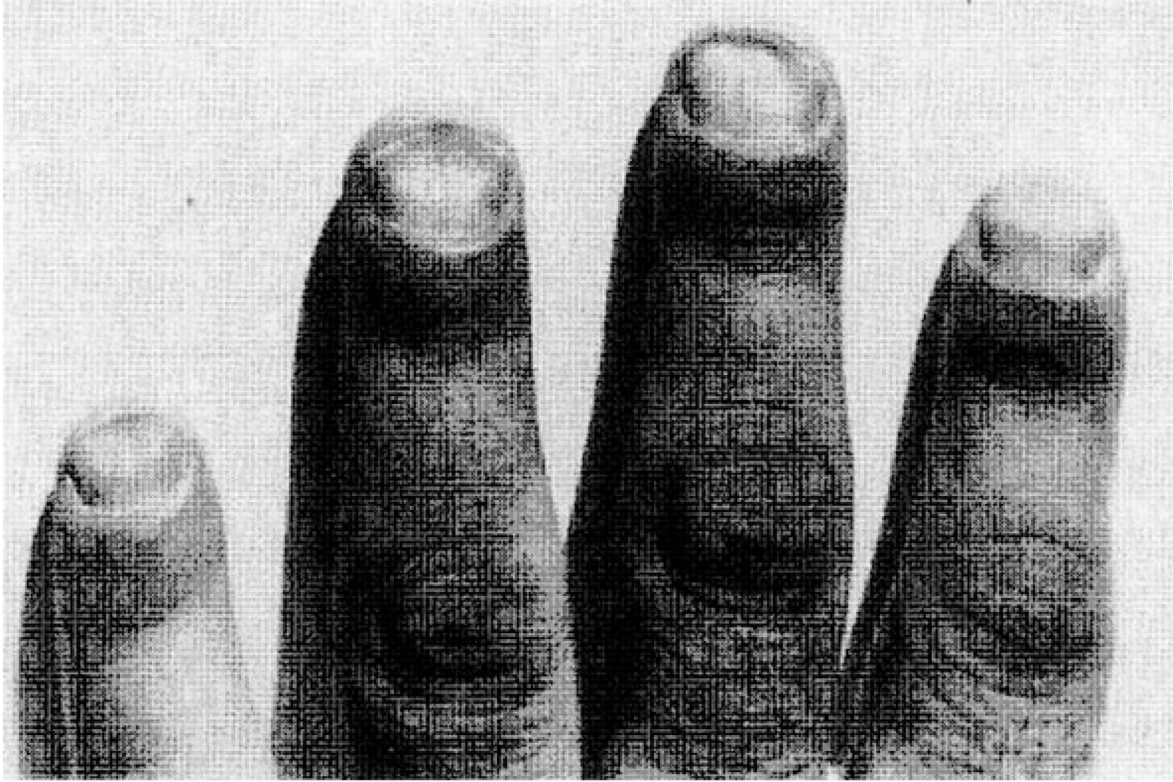


يمكن اعتباره أيضاً عرضاً سلوكياً لاضطرابات الدماغ الهيكلية. عادة ما يرتبط تناول التربة بخطر الإصابة بأمراض الإنسان. الأمثلة هي مسببات الأمراض مثل التيتانوس والتهابات الديدان.

المظاهر السريرية لأكل التربة لفترات طويلة هي نقص الحديد وفقر الدم صغير الخلايا وتضخم الكبد والطحال وقصر القامة وتأخر البلوغ والاضطرابات العقلية. المظاهر الشعاعية لأكل التربة هي تأخر نضج الهيكل العظمي، ومادة ظليلة في الجهاز الهضمي (الرصاص). بالإضافة إلى ذلك، يرتبط أكل التربة بشكل واضح بكل من نقص الحديد والزنك. استمر الجدل حول ما إذا كان البيكا (أي شهوة أكل الأجسام الغريبة) هو سبب أو نتيجة النقص.

أبلغ عن أكل التربة المرتبطة بنقص الحديد والزنك وقصر القامة وتأخر النضج الجنسي وتضخم الكبد والطحال وتأخر عمر العظام من دول الشرق الأوسط. وهذا يشمل قرى في تركيا، والقرى المحيطة بشيراز في إيران، وبين البالغين في المملكة العربية السعودية، والأطفال العرب من غزة.





حالة تقعر الأظافر (Koilonychia) (المعروف أيضاً باسم الأظافر الملعقة)، موجودة في غالبية المرضى المصابين بفقر الدم الناجم عن نقص الحديد الشديد، وقد يرافق ذلك قصور الغدد التناسلية، والتقرم، وتضخم الكبد والطحال، وأكل التراب، لوحظ في القرويين في إيران الذين يعانون من سوء التغذية.





آفاق مستقبل الجيولوجيا الطبية

العديد من مخاوف الصحة البيئية الناشئة، مثل جائحة **كوفيد-19**، وتأثيرات تغير المناخ، وتلوث الهواء، والمستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية (PPCPs)، والبلاستيك، إلى جانب الملوثات القديمة مثل الرصاص، هي بعض المجالات التي يمكن للجيولوجيا الطبية أن تجعلها ذات مساهمات قيمة.

يجب أن يتعاون علماء الجيولوجيا الطبية مع علماء آخرين بما في ذلك خبراء في العلوم الإنسانية والسلوكية والاجتماعية لإيجاد حلول للمشكلات وتطوير طرائق للتخلص من الآثار السلبية أو تقليلها. نعرض أدناه مناقشة موجزة لبعض الملوثات الرئيسية وآفاق تطوير البحث في مجال الجيولوجيا الطبية.

أصبحت المواد البلاستيكية، بما في ذلك المواد البلاستيكية الدقيقة (قطع البلاستيك الدقيقة التي يقل طولها عن 5 ملم) موجودة في كل مكان في جميع أنحاء العالم وموجودة في الهواء وفي التربة الأرضية والمسطحات المائية وفي المحيط. نتيجة لذلك، توجد اللدائن الدقيقة في الأطعمة التي تستهلكها الحيوانات والبشر.

المعرفة الحالية حول الآثار الصحية للبلاستيك محدودة جداً. يمكن لعلماء الجيولوجيا الطبية تقييم مصير وتأثيرات المواد الكيميائية الضارة، مثل المعادن السامة والديوكسينات ومبيدات الآفات وغيرها من الملوثات التي تلتصق بالجسيمات البلاستيكية الدقيقة.

يتطلب المصير النهائي للجسيمات البلاستيكية الدقيقة في البيئة، إلى جانب المشكلات الصحية الناجمة عن ابتلاع أو استنشاق البلاستيك الدقيق، تحقيقاً شاملاً واستشارة بشأن التدابير الوقائية.





يقدم تغير المناخ فرصة أخرى لأبحاث الجيولوجيا الطبية. تؤدي الزيادة الأخيرة في تواتر وشدة الفيضانات والجفاف الناتجة عن تغير المناخ إلى إصابات جسدية ووفيات وأمراض نفسية.

من المرجح أن يزداد تلوث الهواء والماء بسبب تغير المناخ، مما يؤدي إلى زيادات كبيرة في المشكلات الصحية المتعلقة بالتلوث. من المعروف أن الجفاف يسبب تشققات في التربة ويقلل من قدرتها على الاحتفاظ بالمياه.

في الظواهر المناخية المتطرفة، عندما يتبع الجفاف هطول أمطار غزيرة، يقل التسلسل، مما يؤدي إلى إرسال جريان محمل بالملوثات إلى مناطق نظيفة أو غير ملوثة.

بالإضافة إلى ذلك، ونظراً لأن الجفاف يتسبب في زيادة تبخر المياه، فإن المسطح المائي الملوث قد يتعرض لتركيزات أعلى من المواد السامة، مما يؤدي إلى تدهور خطير في جودة المياه المتبقية.

سيكون الأشخاص الذين يشربون هذه المياه سيكنون عرضة لمشكلات صحية خطيرة، ما لم يجر التدخل في الوقت المناسب لتوفير إمدادات مياه بديلة.

من شأن الفيضانات الكبيرة الناجمة عن العواصف المطيرة الشديدة أن تجعل مرافق النفايات السامة، والمقالب، ومخلفات المناجم، وبرك الصرف الصحي الزراعية، وخزانات تخزين المواد الكيميائية التي كانت في السابق آمنة من الفيضانات أن تجعلها غير آمنة.

قد يؤدي غمر هذه المرافق إلى إطلاق ونقل الملوثات إلى أماكن أبعد. ومن ثم، فإن إعادة تقييم احتمالية مخاطر الفيضانات لمثل هذه المواقع مطلوب.





هذا مجال آخر حيث يمكن لعلماء الجيولوجيا الطبية وعلماء الأرض تقديم مساهمات قيمة.

التلوث قاتل خفي، فهو بطيء، وغالباً ما يكون غير محسوس، ولكنه قاتل، إذا لم يعالج في الوقت المناسب. صار التلوث مشكلة صحية خطيرة على مستوى العالم ويقدر أنه مسؤول عن 8.3 مليون حالة وفاة مبكرة سنوياً ويحتل المرتبة الأولى في الوفيات المرتبطة بالبيئة.

يعد التلوث وخفض التلوث من التحديات الخطيرة التي تواجه المجتمع الحديث، ولكن لم يجر تناول هذه القضية بشكل كافٍ في جداول أعمال التنمية في العديد من البلدان ولم تحظ بعد باهتمام كبير في مناقشات الصحة البيئية العالمية.

بينما التلوث التقليدي، الذي يشمل تلوث المياه من الصرف الصحي غير الآمن واستخدام الوقود الحيوي في المنازل سيئة التهوية، هو المسؤول بشكل أساسي عن الوفيات المبكرة في البلدان النامية، وهو المسؤول عن التلوث الصناعي والحضري، الذي يشمل التربة والتلوث الكيميائي، وتلوث الهواء المحيط، وتلوث مكان العمل (المسماة 'التلوث الحديث')، هي أيضاً الأسباب الرئيسية للوفيات المرتبطة بالتلوث في البلدان المتقدمة.

يقل التلوث التقليدي مع تحسن الظروف الاقتصادية، لكن التلوث الحديث في ازدياد. يقدر أحد التقديرات العدد السنوي للوفيات المبكرة من التلوث الحديث بنحو 5.3 مليون حالة وفاة. تفتح العلاقة غير المفهومة ولكن المعقدة بين التلوث والصحة وتغير المناخ طرائق بحث جديدة لعلماء الجيولوجيا الطبية.





أدى التخلص التدريجي من البنزين الحاوي على الرصاص إلى خفض مستوى الرصاص في الدم بشكل كبير؛ ومع ذلك، المصادر الأخرى للرصاص التي تشمل منشآت التعدين والصهر والتصنيع النشطة والمتروكة؛ وإعادة تدوير البطاريات، والفخار المزجج بالرصاص، لم يدرس بشكل كافٍ ولم يجر تقييم تأثيرهما الصحي بشكل كامل.

وبالمثل، فإن الزئبق المنبعث من محطات الطاقة التي تعمل بالفحم، والتعدين الحر في للذهب في العديد من البلدان النامية يؤثر على صحة الإنسان والبيئة ويدعو إلى إجراء بحث منهجي. كما أن التأثيرات الصحية لـ **PPCPs** والنويدات المشعة ليست معروفة جيداً وتتطلب بحثاً مركزاً.

يجري بنجاح دمج بيانات الأقمار الصناعية مع نظم المعلومات الجغرافية في التخفيف من الأمراض المنقولة بالمياه والأمراض الأخرى، كما هو الحال مع الكوليرا والفيضان في بنغلاديش.

من المتوقع أن يؤدي الجمع بين أدوات الذكاء الاصطناعي (**AI**) وبيانات الاستشعار عن بعد والتوافر الواسع للهواتف المحمولة إلى حلول مبتكرة لمشكلات الصحة العالمية.

يمكن نشر الطائرات بدون طيار لرسم خرائط للمناطق التي يتعذر الوصول إليها للتحقق من مصادر التلوث المحتملة. يجب أن يؤدي الجيولوجيون الطبيون أدواراً نشطة في جميع هذه البرامج.

أدت جائحة كوفيد-19- الحالية التي اجتاحت العالم مع نحو 585 مليون حالة إصابة وأكثر من 6.42 مليون حالة وفاة (حتى 6 أغسطس 2022) إلى تدمير الحياة الحديثة وتوقف الاقتصاد العالمي.





بينما يجري البحث المكثف في جميع أنحاء العالم للإجابة على الأسئلة الرئيسية حول طريقة انتقال الفيروس الجديدة، وأفضل الممارسات السريرية، وتطوير لقاح، فإن عدد الإصابات والوفيات آخذ في الارتفاع.

يتعاون خبراء من العلوم الطبية (علم الفيروسات، والأمراض المعدية، وعلم الأوبئة، وطب الطوارئ، والتخصصات ذات الصلة) وعلوم الأرض (نظم المعلومات الجغرافية، والاستشعار عن بعد، وعلوم المناخ، وما إلى ذلك) لتوفير معلومات قيمة على أساس مستمر.

بالإضافة إلى ذلك، يجري الإبلاغ عن النتائج الجديدة ومشاركتها من قبل الباحثين كل يوم. طورت ريتا كولويل، المحرر المؤسس لمجلة **GeoHealth**، نموذجاً تنبؤياً لـ **SARS-CoV-2**، الفيروس الذي يسبب كوفيد-19، لتتبع تفشي المرض في المستقبل باستخدام بيانات الأقمار الصناعية والمعلومات الجغرافية.

يمكن أن تستمر الكيمياء الجيولوجية في تقديم رؤى عميقة حول صحة الإنسان والحيوان والنبات حيث تشتمل جميعها على عناصر رئيسية وثنائية ونزرة. يعد توفرها الحيوي وتوزيعها أمراً بالغ الأهمية لحياة صحية. يجب أن يوسع علماء الجيولوجيا الطبية دراساتهم لكشف أدوار العناصر النزرة على المستوى الخلوي في الكائنات الحية.

يتمثل التحدي الرئيسي للجيولوجيا الطبية في زيادة مشاركة المتخصصين في الرعاية الصحية. مع حقيقة أن الأطباء وغيرهم من مجالات العلوم الصحية يحضرون بشكل متزايد اجتماعات الجيولوجيا الطبية الكبرى، إلا أن العدد لا يزال منخفضاً.



الجيولوجيا الطبية

يجب أن يسعى علماء الجيولوجيا الطبية بنشاط إلى التعاون في المشروعات البحثية من خلال تقديم محاضرات وندوات في المؤسسات والمؤتمرات الطبية، والمشاركة بشكل أكبر مع وكالات الصحة العامة. يجب إعطاء الأولوية لإدراج الدورات الدراسية في الجيولوجيا الطبية لمهنيي الرعاية الصحية في تدريبهم الأكاديمي.





الموسوعة العمري في علوم الأرض





المراجع

Hasan, Syed, et al., (2013), **Geology and health: A brief history from the Pleistocene to today**, Special Paper of the Geological Society of America 501, DOI:10.1130/2013.2501 (06).

Hasan, Syed E., (2021), **Medical Geology**, Encyclopedia of Geology, Elsevier, Amsterdam.

Ibaraki, Motomu and Hiroko Mori, (2017), **Editors, Progress in Medical Geology**, Lady Stephenson Library, Newcastle upon Tyne, NE6 2PA, UK.

Komatina, M.M., (2004), **Medical Geology: Effects of Geological Environments on Human Health**, Elsevier B.V. Amsterdam.

Selinus, Olle, Editor, (2013), **Essentials of Medical Geology**, Springer, Dordrecht.







أ.د. عبد الله بن محمد العمري

www.alamrigeo.com E.mail : alamri.geo@gmail.com Cell : +966505481215

المناصب الإدارية والفنية

- ❖ دكتوراه في الجيوفيزياء عام 1990 م من جامعة مينيسوتا - أمريكا.
- ❖ المشرف على مركز الدراسات الزلزالية- جامعة الملك سعود.
- ❖ المشرف على كرسي استكشاف الموارد المائية في الربع الخالي.
- ❖ المشرف على مركز الطاقة الحرارية الأرضية بجامعة الملك سعود.
- ❖ رئيس الجمعية السعودية لعلوم الأرض.
- ❖ رئيس قسم الجيولوجيا والجيوفيزياء - جامعة الملك سعود.
- ❖ مؤسس ورئيس تحرير المجلة العربية للعلوم الجيولوجية AJGS.
- ❖ رئيس فريق برنامج زمالة عالم مع جامعة أوريغون الحكومية ومعهد ماكس بلانك الألماني.

الاستشارات والعضويات

- مستشار مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية.
- مستشار هيئة المساحة الجيولوجية وهيئة المساحة العسكرية والدفاع المدني.
- مستشار مدينة الملك عبدالله للطاقة الذرية والمتجددة.
- مستشار هيئة الرقابة النووية والإشعاعية.
- باحث رئيس في عدة مشاريع بحثية مدعومة من مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية وشركة أرامكو.
- باحث رئيس في مشاريع مدعومة من وزارة الطاقة الأمريكية وجامعة كاليفورنيا ومعهد ليفرمور الأمريكي LLNL.
- عضو الجمعية الأمريكية للزلازل.
- عضو الاتحاد الأمريكي للجيوفيزياء.
- عضو الاتحاد الأوروبي للجيولوجيين.
- عضو لجنة كود البناء السعودي وعضو المنتدى الخليجي للزلازل GSF.
- عضو لجنة تخفيف مخاطر الزلازل في دول شرق البحر الأبيض المتوسط RELEMR.
- باحث رئيسي ومشارك في مشاريع بحثية مع جامعات الاباما وبنسلفانيا وأوريغون الأمريكية.
- ضمن قائمة (المنجزون البارزون العرب) من قبل منظمة ريفاسيمنتو الدولية.
- ضمن قائمة Who's Who في قارة آسيا للتميز العلمي.
- ضمن قائمة Who's Who في العالم للإسهامات العلمية.

النشر العلمي والتأليف

- ❖ نشر أكثر من 200 بحثاً علمياً في مجلات محكمة.
- ❖ ألف 35 كتاباً علمياً.
- ❖ أصدر موسوعة رقمية في علوم الأرض من 14 مجلداً و 107 ملفات علمية.

المشاريع البحثية

- ❖ أنجز 40 مشروعاً بحثياً محلياً و 16 مشروعاً بحثياً دولياً و 74 تقريراً فنياً.

المؤتمرات والندوات

- ❖ شارك في أكثر من 125 مؤتمراً محلياً ودولياً و 75 ندوة وورشة عمل متخصصة.

التعاون الدولي

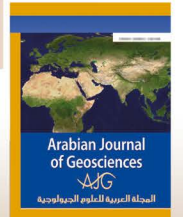
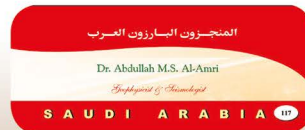
- ❖ باحث رئيسي في 13 مجموعة عمل أمريكية وألمانية.

الجوائز

- ❖ حصل على جائزة المراعي للإبداع العلمي عام 2005 م.
- ❖ حصل على جائزة التميز الذهبي من مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية عام 2006 م.
- ❖ حصل على جائزة أبها التقديرية للإسهامات العلمية عام 2007 م.
- ❖ حصل على جائزة جامعة الملك سعود للتميز العلمي عام 2013 م.
- ❖ حصل على جائزة الاتحاد الأمريكي للجيوفيزياء للتعاون الدولي والنشاط البحثي عام 2013 م.
- ❖ حصل على جائزة جامعة السلطان قابوس للإسهامات العلمية عام 2013 م.
- ❖ حصل على جائزة الملك سعود لإدراج المجلة العربية للعلوم الجيولوجية في قائمة ISI.
- ❖ حصل على جائزة أفضل رئيس تحرير مجلة علمية عام 2017 من الناشر الألماني SPRINGER.
- ❖ حصل على جائزة ألبرت نيلسون ماركيز للإنجاز مدى الحياة عام 2018 من منظمة Who's Who العالمية.

درع التكريم

- ❖ حصل على 85 درعاً تكريمياً وشهادات تقدير من المملكة وعمان والكويت والإمارات والأردن ومصر وتونس والجزائر وألمانيا وأمريكا.





موسوعة أمري في علوم الأرض



Al-Amri's Encyclopedia of Earth Sciences



المد
والجزر



المعادن
والتعدين



التركيب
الداخلي للأرض



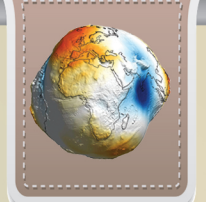
الجاذبية
الأرضية وتطبيقاتها



شكل
الأرض وحركاتها



تقدير
عمر الأرض



الأغلفة
المحيطة بالأرض



جيولوجية
القمر



البراكين
وسبل مجابقتها



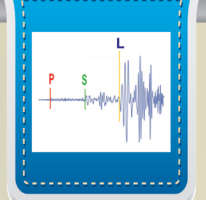
تقييم
مخاطر الزلازل



الزلازل
والتفجيرات



موجات
التسونامي



التصحّر
والجفاف



الأمطار
السيول والسدود



الانزلاقات
والانهيارات والفيضانات



التشجير
التحديات والحلول



التغيرات المناخية
والاحتباس الحراري



المشاكل
البيئية وحلولها



دليل كتابة
الرسائل والنشر العلمي



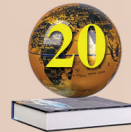
الجيولوجيا
الطبية



الجيوفيزياء
النووية



هل انتهى
عصر النفط؟



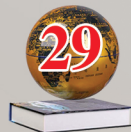
الطاقة
الحرارية الأرضية



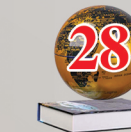
مستقبل
الطاقة في عالمنا



300 سؤال وجواب
في الجيوفيزياء
التطبيقية



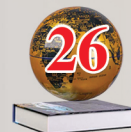
303 سؤال وجواب
في علم الزلازل
والزلزالية الهندسية



380 سؤال وجواب
في المخاطر
الجيولوجية



358 سؤال وجواب
في الثروات
الطبيعية



325 سؤال وجواب
في علم الصخور
والجيوكيمياء



321 سؤال وجواب
في تطور
الأرض



www.alamrigeo.com

