

طرائق :2الدرس

الاستكشاف الجيولوجي

:الفكرة الرئيسة

تحتوي صخور القشرة الأرضية على خامات معدنية
عدّة، وتُستخدَم طرائق الاستكشاف الجيولوجي
المختلفة في البحث عنها؛ لاستثمارها والاستفادة
منها.

" الخامات المعدنية "

أدّت الزيادة في عدد سكان العالم وما تبعها من تطور
في النشاط الصناعي إلى ضرورة البحث عن مزيد
من الخامات المعدنية في صخور القشرة الأرضية؛

- . لسدّ الطلب المتزايد عليها .
- . إدخالها في عجلة التنمية .
- . النهوض بالاقتصاد العالمي .

فما المقصود بالخامات المعدنية؟ وما طرائق -
البحث عنها؛ لاستخراجها والاستفادة منها؟

بأنها تجمّعات معدنية تُعرّف **الخامات المعدنية** توجد بأشكال وحجوم متعدّدة في صخور القشرة الأرضية بتركيز تسمح باستثمارها اقتصادياً، وقد تكون هذه الخامات المعدنية **خامات فلزية** أو **خامات لافلزية**.

ما أهمية استخدام طرائق الاستكشاف الجيولوجي؟

تُستخدَم طرائق الاستكشاف الجيولوجي للبحث **(الخامات المعدنية) ؛ بغرض استثمارها عن اقتصادياً مثل**:

- . **خام الحديد**.
- . **خام النحاس**.
- . **خام الفوسفات**.

ما الخامات المعدنية التي يمتاز بها الأردن؟ -

يمتاز الأردن بوجود كثيرٍ من الخامات المعدنية بما فيها:

:الخاماتُ الفلزيّةُ، مثل 1.

- . خام الحديد.
- . خام النحاس.

:الخامات اللافلزيّة مثل 2.

- . الفوسفات.
- . الصخر الجيري النقي.
- . الصخر الزيتي.
- . اليورانيوم.

(9) انظر الشكل



الشكل (9): صخور جيرية من منطقة سواقة في
وسط الأردن تحتوي على خام **اليورانيوم**
أوضح المقصود بالخامات المعدنية: **أتحقّق**.

تجمّعات **معدنية** توجد بأشكال وحجوم **الإجابة**
متعدّدة في صخور القشرة الأرضية بتركيز تسمح
باستثمارها اقتصاديًا، وقد تكون هذه الخامات
المعدنية خامات فلزية أو خامات لافلزية.

" الاستكشاف الجيولوجي "

**ما المراحل التي تمرّ فيها عملية الاستكشاف -
الجيولوجي؟**

تمرّ عملية الاستكشاف الجيولوجي بمرحلتين
أساسيتين للبحث عن الخامات المعدنية والتوصّل إلى
أماكن توزّعها،

المرحلة الأولى. 1.

، وهي **Prospecting** تُسمّى **عملية التنقيب**
عملية مباشرة وغير مباشرة يحدّد عن طريقها
الأماكن المحتملة لتوزّع الخامات المعدنية، وذلك
باستخدام:

- . **الصور الجوية** .
- . **الخرائط الجيولوجية** .

- جمع عيّنات من الصخور والترّبة من سطح الأرض، ودراسة خصائصها الفيزيائية والكيميائية.

المرحلة الثانية .2

، وهي عملية **Exploration** تُسمّى الاستكشاف، يتوجه فيها الجيولوجيون إلى المناطق التي حددتها عمليات التنقيب؛ للبحث التفصيلي عن الخامات المعدنية التي يمكن أن تكون موجودة فوق سطح الأرض، أو تحته؛ لتحديد قيمتها الاقتصادية،

:وفي هذه العملية تُعرّف

. خصائص الصخور .

. التراكيب الجيولوجية المختلفة .

- احتمالية توافر المياه الجوفية في المنطقة؛ وذلك لتجنّب مشكلات عديدة يمكن مواجهتها أثناء عملية استخراج الخامات المعدنية .

ما طرائق الاستكشاف الجيولوجي؟ -

:يتمّ الاستكشاف بطريقتين هما

- . الاستكشاف الجيوفيزيائي.
- . الاستكشاف الجيوكيميائي.

الشكل (10): استكشاف اليورانيوم في منطقة وسط الأردن.



أفكر

كيف تساعد دراسة أنواع الصخور والتراكيب الجيولوجية المتوافرة في منطقة ما على تقليل الوقت والجهد في عملية الاستكشاف الجيولوجي للخامات المعدنية في تلك المنطقة؟

:الإجابة:

توجد بعض الخامات المعدنية في صخور معينة دون غيرها لذا عند البحث عن خام معين فإننا نبحث عن الصخر المناسب وليس جميع الصخور ما يقلل الوقت والجهد، كما أن الخامات المعدنية تنتشر في المناطق التي تكثر فيها التراكيب الجيولوجية كالصدوع والطيات لأنها تمثل أماكن مناسبة لترسيب الخام من المحاليل الحرمائية وهذا يوفر أيضا الوقت والجهد عند البحث عن الخامات المعدنية.

Geophysical الاستكشاف الجيوفيزيائي Exploration

ما الهدف من الاستكشاف الجيوفيزيائي؟ -

يهدف الاستكشاف الجيوفيزيائي إلى البحث عن الخامات المعدنية في المنطقة قيد الدراسة التي تحمل صفات فيزيائية مغايرة عن الصخور المضيفة لها،

ويعتمد الاستكشاف الجيوفيزيائي على

- الخصائص الفيزيائية لتلك الخامات، إذ تحدّد هذه الخصائص طريقة الاستكشاف الجيوفيزيائي المراد استخدامه للكشف عنها.**

ولتعرّف بعض هذه الخصائص الفيزيائية وطرق الاستكشاف الجيوفيزيائي المستخدمة في الكشف (1) انظر الجدول عن الخامات المعدنية.

الجدول (1)*: الخصائص الفيزيائية للخامات المعدنية وطرق الاستكشاف الجيوفيزيائي المستخدمة في الكشف عنها.

الخاصية	المادة المراد استكشافها (الصخر، المعدن)	طريقة المسح الجيوفيزيائي	الأعماق المقاسة
المغناطيسية	معدن الماغنيتيت، الصخور فوق القاعدية الغنية بالحديد.	المسح المغناطيسي	0 - 20 km
الموصلية الكهربائية	الكبريتيدات، الغرافيت، الماء المالح في شقوق الصخور.	المسح الكهرمغناطيسي والمسح الكهربائي	0 - 0.01 km
الكثافة	الكبريتيدات، الباريت، السلفايت.	المسح الجاذبي	أعماق ضحلة

الجدول (1)*: الخصائص الفيزيائية للخامات المعدنية وطرق الاستكشاف الجيوفيزيائي المستخدمة في الكشف عنها.

الإشعاعية	الصخور والمعادن التي تحتوي على كل من (البوتاسيوم، الفلسبار، اليورانيوم، الثوريوم)	المسح الإشعاعي	0 - 0.30 km
سرعة الموجات الزلزالية	الكبريتيدات الكتلية	المسح الزلزالي	0 - 10 km

الجدول للمطالعة الذاتية *

يتبين من الجدول (1) وجود عدة مسوح جيوفيزيائية تُستخدم في الكشف عن الصخور والخامات المعدنية: اعتمادًا على خصائص معينة

- **المسح المغناطيسي** يعتمد على الخاصية المغناطيسية للصخور والخامات المعدنية.
- **المسح الكهرومغناطيسي والمسح الكهربائي** يعتمدان على الموصلية الكهربائية لها.

- **المسح الجاذبي** يعتمد على خاصية الكثافة.
- **المسح الإشعاعي** يعتمد على الخاصية الإشعاعية.

- **المسح الزلزالي** يعتمد على خاصية سرعة انظر الشكل (11). الموجات الزلزالية فيها الذي يوضّح أحد أنواع المسح الزلزالي.

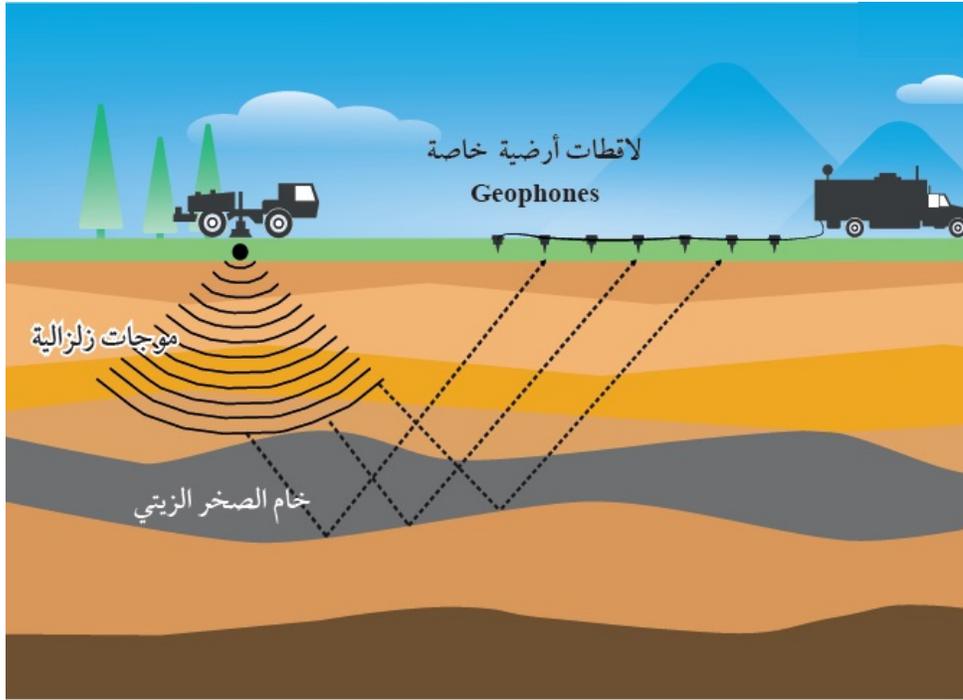
تُحلّل القيم الجيوفيزيائية المجموعة من المسوح المختلفة عن طريق إعداد خرائط كُنْتورية لها، وحصر المساحات التي تمثل **الشواذ الجيوفيزيائية** وبالتالي أماكن توزّع الخام،

ما المقصود بالشواذ الجيوفيزيائية؟ -

بأنّها القيم غير تُعرّف الشواذ الجيوفيزيائية الطبيعية المجموعة أثناء عملية المسح الجيوفيزيائي، إذ تختلف قيمتها عن القيم التي حولها في المنطقة، وتوصف الشاذة الجيوفيزيائية بأنها

- **موجبة** إذا كانت قيمتها أكبر من القيم الطبيعية في المنطقة.

- **سالبة** إذا كانت قيمتها أقل من القيم الطبيعية في المنطقة.



الشكل (11): آلية المسح الزلزالي.
أشرح كيف يُكشَف عن خام الصخر الزيتي بواسطة
المسح الزلزالي.

الإجابة:

يمثل الشكل أحد أنواع المسح الزلزالي الذي يسمّى
المسح الزلزالي الانعكاسي؛ لأنه يعتمد على
الموجات الزلزالية المنعكسة عن الطبقات
الصخرية والخامات المعدنية المراد الكشف عنها،

وفيه يتم توليد موجات زلزالية عند نقطة معينة باستخدام أجهزة التفجير أو المطرقة، تنتشر هذه الموجات المولدة في الصخور، ثم تنعكس عند الحدود الفاصلة بين الطبقات الصخرية أو حيثما وجد اختلافات في الكثافة نحو سطح الأرض، حيث يتم تسجيل زمن وصولها وسرعتها باستخدام اللاقطات الأرضية، وتعتمد سرعة الموجات الزلزالية المنعكسة على نوع الصخور وكثافتها، وعن طريق معرفة زمن وصول الموجات الزلزالية المنعكسة وكذلك سرعتها في الطبقات الصخرية، يتم حساب العمق وكذلك السمك بمختلف الطبقات الصخرية والتكوينات الجيولوجية تحت سطح الأرض.

أفكر

تدلّ الشواذّ الجيوفيزيائية على أماكن توزّع الخامات المعدنية. هل الشاذّة الجيوفيزيائية السالبة تعني أن القيم الجيوفيزيائية المجموعة ذات قيم سالبة؟

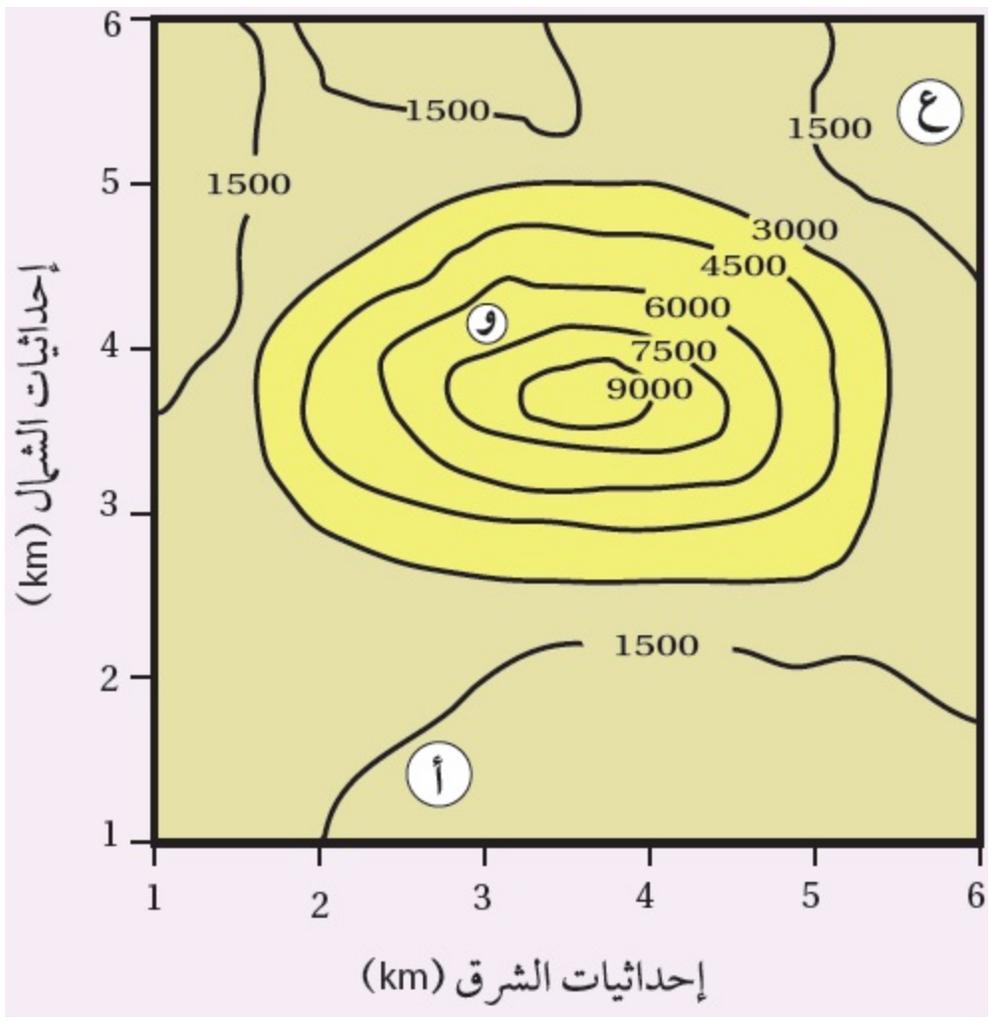
:الإجابة

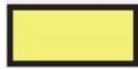
لا

تعني الشاذة الجيوفيزيائية السالبة أن القيم الجيوفيزيائية المجموعة في منطقة ما ذات قيم سالبة، وإنما يُطلق على الشاذة الجيوفيزيائية بأنها سالبة إذا كانت قيمتها أقل من القيم الطبيعية في المنطقة، فمثلاً إذا كانت القيم الطبيعية التي كشف عنها باستخدام المسح المغناطيسي تساوي 1500 غاما، فإن أي قيمة أقل من 1500 غاما تسمى شاذة جيوفيزيائية سالبة.

مثال

يمثل الشكل الآتي خريطة تساوي قيم جيوفيزيائية أدرسه جيداً، ثم (γ) مغناطيسية تُقاس بوحدة الغاما:
أجيب عن الأسئلة التي تليه





قيم شاذة

1. أحدد القيم الجيوفيزيائية الطبيعية.
2. أحدد القيم الجيوفيزيائية الشاذة.
3. **أستنتج** نوع الشاذة الجيوفيزيائية.
4. **أتوقع** أي المناطق (أ، و، ع) يُحتمل وجود الخام فيها.

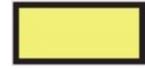
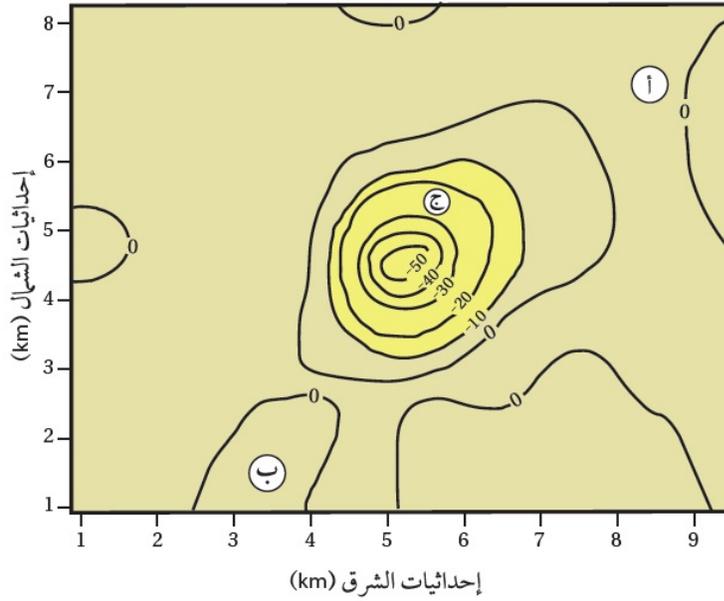
الحل:

1. القيم الجيوفيزيائية الطبيعية هي القيم الأقل من 3000γ .
2. القيم الجيوفيزيائية الشاذة هي القيم التي تزيد γ قيمتها على 3000.
3. نوع الشاذة موجبة؛ وذلك لأنها أعلى من القيم الجيوفيزيائية الطبيعية.

المنطقة (و) هي المنطقة التي يُحتمل وجود الخام فيها.

تمرين

يمثل الشكل الآتي خريطة تساوي قيم جيوفيزيائية ، سببها (mGal) جاذبية تُقاس بوحدّة المليغال وجود قبة ملحية تحت سطح الأرض. أدرسه جيدًا، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:



قيم

جيوفيزيائية شاذة

1. أحدّد القيم الجيوفيزيائية الطبيعية .
2. أحدّد القيم الجيوفيزيائية الشاذة .
3. **أستنتج** نوع الشاذة الجيوفيزيائية .
4. **أتوقع** أيّ المناطق (أ ، ب ، ج) يُحتمل وجود .
الخام فيها .

الحل:

1. (10-) أكبر من القيم الجيوفيزيائية الطبيعية هي .
مليغال)
2. (10-) القيم الجيوفيزيائية الشاذة هي أقل من .
مليغال)
3. نوع الشاذة: شاذة جيوفيزيائية سالبة؛ لأنه قيم .
الشاذة الجيوفيزيائية أقل من القيم الطبيعية .
4. المنطقة (ج) هي المنطقة التي يُحتمل وجود الخام .
فيها .

أحدّد الخصائص الفيزيائية للخامات :أتحقّق
المعدنية التي يعتمد عليها الاستكشاف الجيوفيزيائي
للبحث عنها .

الإجابة:

- . الخاصية المغناطيسية.
- . خاصية الموصلية الكهربائية.
- . خاصية الكثافة.
- . الخاصية الإشعاعية.
- . خاصية سرعة الموجات الزلزالية.

Geochemical الاستكشاف الجيوكيميائي Exploration

لماذا يعد الاستكشاف الجيوكيميائي من الطرق -
المهمة للبحث عن الخامات المعدنية؟

يُعدُّ الاستكشاف الجيوكيميائي من الطرق المهمة للبحث عن الخامات المعدنية، وخاصة **الفلزية** منها التي توجد بتركيز قليلة ولا يمكن الكشف عنها باستخدام الاستكشاف الجيوفيزيائي.

ويتم في هذا النوع من الاستكشاف إجراء تحليل كيميائي للصخور والتربة ورواسب الأنهار والبحيرات، بحيث تعطي نتائج التحليل شواهد جيوكيميائية تكون قيمتها أعلى دائماً من القيم الجيوكيميائية الطبيعية في المنطقة، وتدلّ على وجود

ال خامات المعدنية، وتبين تراكيزها وأماكن انتشارها في المنطقة

ما الطرائق التي يتم بها الاستكشاف الجيوكيميائي؟

يتم الاستكشاف الجيوكيميائي بطرائق متعددة منها

- الاستكشاف الجيوكيميائي باستخدام العينات الصخرية.
- الاستكشاف الجيوكيميائي باستخدام عينات التربة.
- الاستكشاف الجيوكيميائي باستخدام المياه الجوفية، وغيرها.

الاستكشاف الجيوكيميائي باستخدام العينات الصخرية

على ماذا تعتمد عملية الاستكشاف الجيوكيميائي باستخدام العينات الصخرية؟

تعتمد عملية الاستكشاف الجيوكيميائي باستخدام العينات الصخرية على تحليل المحتوى المعدني

الموجود في الصخور؛ لتحديد المناطق المناسبة لتوافر الصخور التي تحتوي على عناصر معينة بتركيز عالية تدلّ على وجود الخام، وتُسمى هذه العناصر **العناصر الدالة**؛ إذ تعطي قيمًا جيوكيميائية شاذة أعلى من القيم الجيوكيميائية الطبيعية المجاورة لها، فمثلا

وجود عناصر **النحاس والكبريت والزنك** بقيم شاذة قد تكون دالة على وجود **خام الذهب**، انظر الشكل (12)، وتُسمى القيمة التي تتغير عندها القيم الطبيعية إلى قيم شاذة **العتبة**.

وغالبًا ما يحدث انتشار للعناصر والغازات الدالة على الخامات المعدنية من الصخور المضيفة لها إلى المناطق المجاورة على شكل هالات تُسمى **هالات التشبث**، بحيث تتناقص قيم الشواذ الجيوكيميائية كلما ابتعدنا عن أماكن وجود الخامات المعدنية حتى تصبح مساوية للقيم الطبيعية.

أفكر

متى يلجأ الجيولوجيون إلى استخدام الاستكشاف الجيوكيميائي للبحث عن الخامات المعدنية؟

ولا عند وجود خامات معدنية بتركيز قليلة، **الإجابة** يمكن الكشف عنها باستخدام الاستكشاف الجيوفيزيائي.

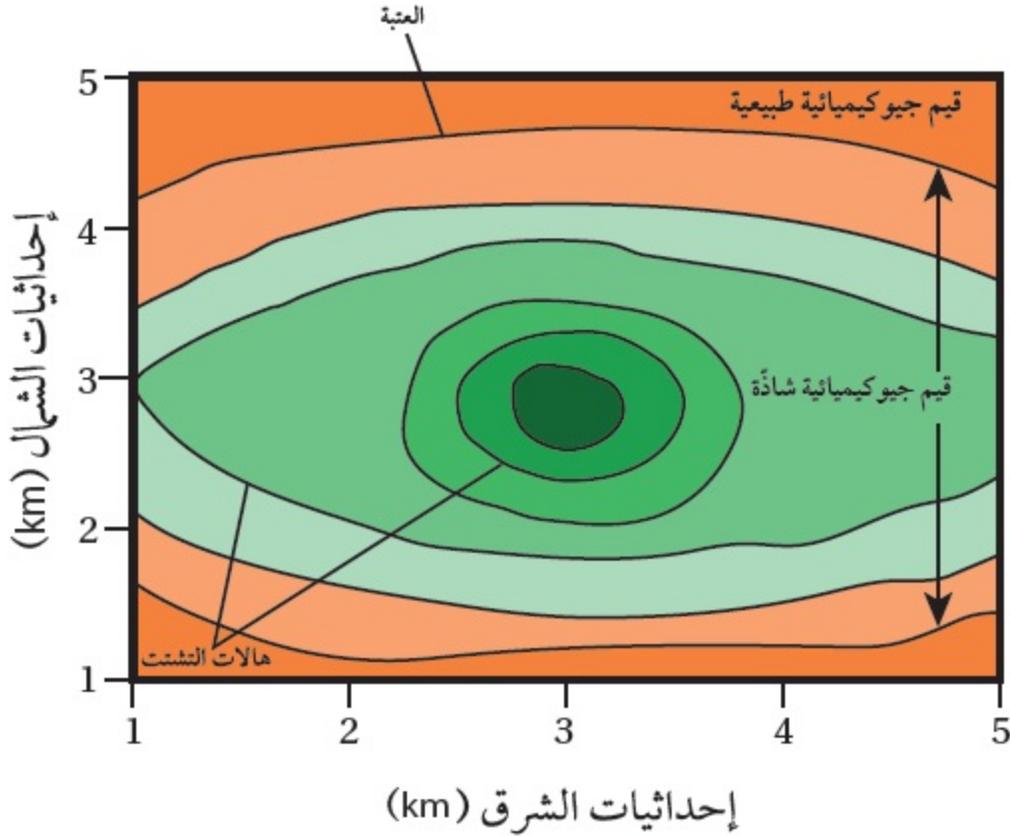
وقد تتشكل هالات التشبث أثناء تشكّل الخامات المعدنية من المحاليل الحرمائية التي تتخلل الصخور، إذ يقلّ تركيز الخامات المعدنية والعناصر الدالة عليها أثناء حركة هذه المحاليل الحرمائية بعيداً عن مركز الخام، وقد تتشكل نتيجة تعرّض الصخور المضيفة للخامات المعدنية والعناصر الدالة عليها لعمليات التجوية والتعرية المختلفة، ثم تُنقل إلى المناطق المجاورة ما يؤدي إلى انتشارها في مناطق (12) أوسع، انظر الشكل

ومن الأمثلة على هالات التشبث الهالة الموجودة في مقاطعة (أوتاوا) في الولايات المتحدة التي **الرصاص**، تحتوي على العناصر الآتية

حول m **والخارصين، والنحاس** وتمتدّ 30
الصخور التي تحتوي على خامات معدنية

وقد كشف المسح الجيوكيميائي في الأردن من قبل
عن وجود تراكيز (NRA) سلطة المصادر الطبيعية
عالية من الذهب على **الطرف الشمالي من الدرع**
العربي النوبي في جنوب الأردن، إذ ظهرت القيم
الشاذة الجيوكيميائية في الصخور البركانية الفلسية
في منطقة

- . وادي أبو خشبية،
- . وادي الحور .
- . وادي صبرا .



الشكل (12): هالات التشنت الجيوكيميائي. (يمثل كل لون تركيزاً مختلفاً للمعدن)

الرّبط بالبيئة

يتبع عمليّتي التنقيب عن المعادن واستكشافها عملية تُسمّى **التعدين**، وهي عملية استخراج الخامات المعدنية من باطن الأرض، وتشتمل هذه العملية على عمليات متعدّدة، منها:

الحفر وبناء الأنفاق .

- . إنشاء الخطوط الحديدية .
- . تركيب الآلات .
- . تشييد المباني .

:وتؤدي هذه العمليات المتعددة إلى

- . تدمير مواطن الكائنات الحية .
- . تلوث كل من المياه الجوفية والمياه السطحية .
- . تلوث التربة .
- . إضافة إلى الإضرار بصحة السكان الذين يقطنون في المنطقة القريبة منها .

وبعد الانتهاء من عملية الاستكشاف الجيوكيميائي، يبدأ تحليل البيانات الجيوكيميائية :المجموعة بطرائق عدّة، مثل

- . الطريقة الإحصائية .
 - . **Isopleth** أو رسم خرائط تساوي القيم .
- Maps ؛**

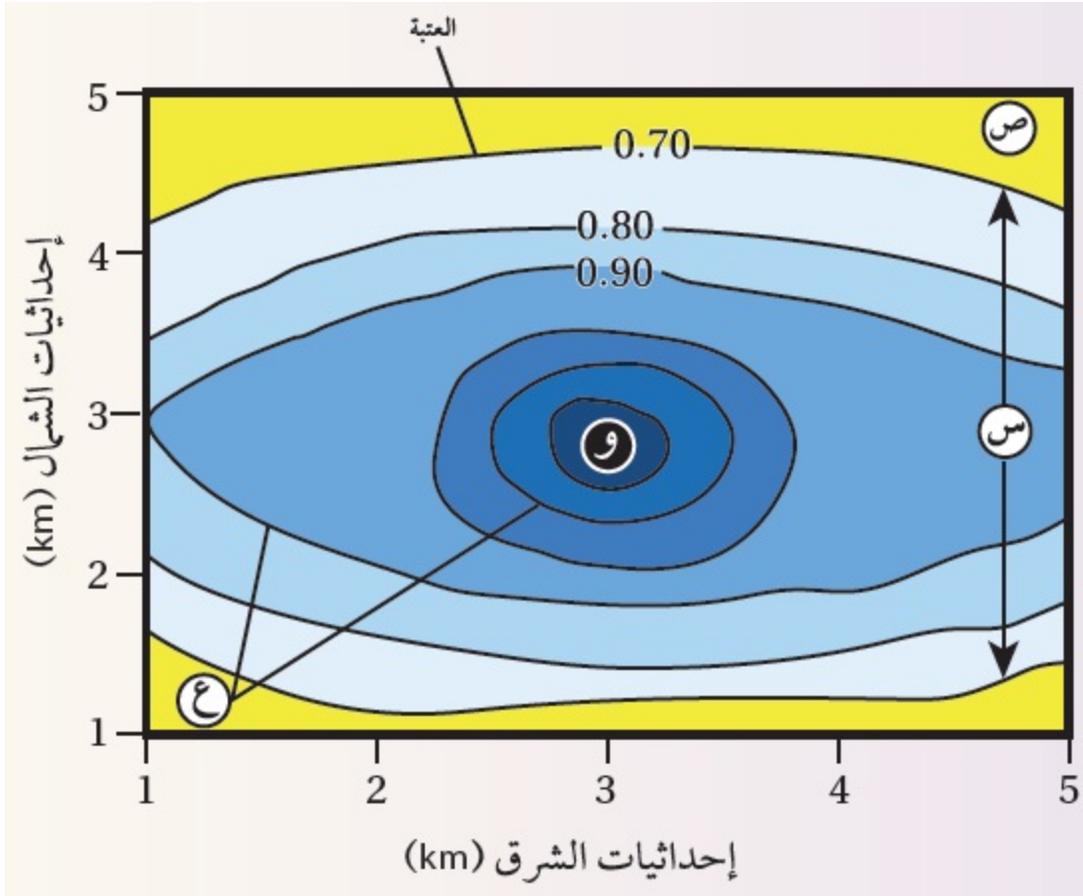
.وذلك لتحديد مواقع الخامات المعدنية

ولأتعرف كيفية تحليل البيانات الجيوكيميائية
برسم خرائط تساوي القيم الجيوكيميائية أنفذ
النشاط الآتي:

نشاط

تحليل بيانات جيوكيميائية باستخدام خرائط تساوي القيم

يوضح الشكل الآتي خريطة تساوي قيم جيوكيميائية
تمثل تحليلاً لبيانات تركيز أحد الخامات بالنسبة
المئوية (%) جمعت عن طريق الاستكشاف
الجيوكيميائي أثناء البحث عن ذلك الخام . أدرسه
:جيداً، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه



التحليل والاستنتاج:

1. أحدد قيمة العتبة في الشكل.
2. **أصف** تركيز الخام كلما ابتعدنا عن النقطة (و).
3. أبين ماذا تُسمّى القيم التي تمثلها كلٌّ من (س،
(ص).
4. **أفسر** كيف تتشكّل هالتا التشكّلت الجيوكيميائي
(ع).

الإجابة:

1. (0.70%) قيمة العتبة.
2. يقل تركيز الخامات المعدنية كلما ابتعدنا عن النقطة (و).
3. (س): قيم جيوكيميائية شاذة.
4. (ص): قيم جيوكيميائية طبيعية.
4. أفسر كيف تتشكل هالات التشثت الجيوكيميائي (ع).
 - . تتشكل هالات التشثت أثناء تشكّل الخامات المعدنية من المحاليل الحرمائية التي تتخلل الصخور، إذ يقلّ تركيز الخامات المعدنية والعناصر الدالة عليها أثناء حركة هذه المحاليل الحرمائية بعيداً عن مركز الخام.
 - . وقد تتشكل نتيجة تعرّض الصخور المضيئة للخامات المعدنية والعناصر الدالة عليها لعمليات التجوية والتعرية المختلفة، ثم تُنقل إلى المناطق

المجاورة ما يؤدي إلى انتشارها في مناطق
أوسع.

الإثراء والتوسّع

استكشاف اليورانيوم في الأردن

أظهرت أعمال المسح الإشعاعي الجوي وجود قيم
إشعاعية شاذة في مناطق عدة في المملكة الأردنية
الهاشمية، منها منطقة وسط الأردن، دلّت على وجود
خامات اليورانيوم فيها ضمن الصخور الجيرية
، في طبقتين km^2 الهشة، بمساحة تقدر حوالي 667

- . إحداهما سطحية،
- . والأخرى عميقة .

استُخدمت طريقتا الاستكشاف الجيوفيزيائي
والاستكشاف الجيوكيميائي في البحث عن خامات
اليورانيوم، إذ استُخدمت طريقة

الاستكشاف الجيوكيميائي في استكشاف
اليورانيوم في **الطبقة السطحية** عن طريق حفر
الخدائق الاستكشافية بعمق ستة أمتار لجمع
العينات الصخرية، ثم تحليلها مخبرياً؛ لتحديد

تركيز اليورانيوم والعناصر الأخرى المصاحبة
له

أما في **الطبقة العميقة** فقد استُخدمت .
طريقة **المسح الإشعاعي الجيوفيزيائي** عن
طريق حفر الآبار الاستكشافية وأخذ القراءات
الإشعاعية لأشعة غاما باستخدام مسابر
جيوفيزيائية، وبعد ذلك تحوّل قيم الإشعاع
المقيس إلى تركيز مكافئ لليورانيوم

وأثبتت أعمال الاستكشاف ودراسات تقدير الخامات
أن كميات اليورانيوم في منطقة وسط الأردن تقدر
بحوالي 41 ألف طنّ من أكسيد اليورانيوم
(U₃O₈) ، بمعدّل تركيز 154 جزءاً من المليون في
الطبقة السطحية، و 127 جزءاً من المليون في
الطبقة العميقة.

وتشكل كميات اليورانيوم المستكشفة فقط في منطقة
وسط الأردن ما نسبته % 1 من النسب العالمية
لموارد اليورانيوم.

الكتابة في الجيولوجيا

أكتب فقرة عن استكشاف اليورانيوم في الأردن، ثم أعرض ما كتبته على زملائي/ زميلاتي في الصف.

- يمكن أن يكتب فقرة على النحو الآتي:

يوجد خام اليورانيوم في مناطق عدة من المملكة الأردنية الهاشمية، مثل منطقة وسط الأردن، ضمن الصخور الجيرية الهشة تم الكشف عنها باستخدام عمليات المسح الإشعاعي الجوي بمساحة تُقدَّر بنحو 667 km²، في طبقتين: إحداهما سطحية، والأخرى عميقة.

وأثبتت أعمال الاستكشاف ودراسات تقدير الخامات أن كميات اليورانيوم في منطقة وسط الأردن تُقدَّر بنحو 41 ألف طنٍّ من أكسيد اليورانيوم بمعدّل تركيز 154 جزءًا من المليون في الطبقة السطحية، و 127 جزءًا من المليون في الطبقة العميقة.

وتشكل كميات اليورانيوم المستكشفة فقط في منطقة
وسط الأردن ما نسبته
1% من النسب العالمية لموارد اليورانيوم.