البيانات البديلة

أ/ أحمد عطية الجعفرى
مدير إدارة البيانات المناخية

بدأ تسجيل القياسات الموثقة لدرجات الحرارة العالمية فى عام ١٨٥٦م عندما بدأت الجمعية البريطانية للأرصاد الجوية فى جمع البيانات المناخية لبعض العناصر والظواهر الجوية أما الاحوال المناخية قبل ذلك التاريخ فيمكن تقديرها من واقع سجلات تاريخية وتشمل هذه السجلات التاريخية سجلات طبيعية (على سبيل المثال عينات الجليد)، سجلات بيولوجية (على سبيل المثال حلقات جذوع الاشجار)، وسجلات جيولوجية (على سبيل المثال رواسب المحيطات) ويطلق على البيانات التى يتم الحصول عليها من تلك السجلات « البيانات البديلة » نظراً لأنها تحل محل أو تمثل بديلاً للبيانات المناخية الفعلية ويعتبر تحليل البيانات البديلة مدخل للتعرف على مناخ العصور القديمة لكوكب الأرض.

أولاً: طرق تحليل بيانات السجلات الطبيعية

يعتبر الجليد مخزنا ممتازا لعينات من هواء العصور القديمة ففى الثلوج الهاطلة مباشرة تدور جزئيات الغازات بسهولة عبر المسامات بين بلورات الجليد ولكن الثقل الكبير للثلوج التى تتراكم فوق صفيحة جليد قطبية يضغط على الطبقات الأعمق مسببا تناقصا متزايدا فى حجم المسامات إلى أن يصبح الهواء محتجزاً كفقاعات متفرقة داخل الجليد على عمق يتراوح ما بين ٤٠ و ١٢٠ متراً.

يتكون الجليد الدائم الذى يغطى الجبال العالية والقلنسوة القطبية الجليدية من تراكم الثلج الساقط عليها على مدى مئات وآلاف السنين.

أخذت عينة جليد فى محطة فوستوك بالمنطقة القطبية الجنوبية وكان طولها ٢٠٨٣ متر وعمقها ٢,٢ كم وأحضرت على أجزاء بين عامى ١٩٧٠ إلى ١٩٧٤ وعامى ١٩٨٢ إلى ١٩٨٣. وتتيح لنا عينة الجليد الجوفية المستخرجة من فوستوك أن نلقى نظرة على المناخ فى بعض العصور القديمة لكوكب الارض ويتكون هذا الجليد كما هو الحال مع الماء والجليد كافة من الهيدروجين والأكسجين كما توجد به كميات صغيرة من شكل خاص ثقيل من الهيدروجين يدعى الدوتيريوم وقد لاحظ العلماء وجود علاقة بين درجة الحرارة وتركيز الدوتيريوم فى الجليد لذا يمكن استخدام مستويات الدوتيريوم الموجود فى الجليد القديم للتعرف على المناخ فى الماضى.

وتحتوى طبقات الجليد المتراكمة منذ العصور القديمة أيضا على الرماد البركانى كما تحتوى عينات الجليد الجوفية على فقاعات صغيرة من الهواء القديم والذى يمكن تحليله لاكتشاف تركيزات الغازات مثل ثانى أكسيد الكربون.

وتحتوى الألباب الجليدية أيضاً على سجل للهطولات إضافة إلى سجلات درجة الحرارة. وعلى سبيل المثال استخدم الباحثون سماكة الطبقة السنوية للجليد (بعد إجراء التصحيحات الضرورية لأية تشوهات نجمت عن جريان الجليد) لقياس كمية الثلج الهاطل فى تلك السنة. وقد كشفت هذه القياسات النقاب عن أن الهطولات خلال أبرد الفترات فى وسط جرينلاند كانت أقل مما هى عليه فى الوقت الحاضر بأربع أو خمس مرات.

وهناك مفاتيح أخرى للتعرف على المناخ القديم توفرها لنا المواد التى تذروها الرياح ويحتجزها الجليد فكلما ازدادت خشونة ذرات الغبار المحتجزة فى الجليد كان ذلك مؤشراً إلى أن سرعة الرياح كانت أشد وفى واقع الامر فإن بإمكان الباحثين أن يقتفوا أثر نماذج الدورة الجوية فى الماضى عن طريق استخدام تركيب الغبار لتحديد مصادره كما هو الحال عند تحليل الرماد البركانى لتحديد البركان الذى ثار وأطلق هذا الرماد أما المواد الأخرى التى عثر عليها بمقادير ضئيلة فى ألباب الجليد فتتضمن مواد كيميائية من طحالب بحرية ونظائر مشعة أنتجتها فى الهواء إشعاعات كونية.

ثانياً: طرق تحليل بيانات السجلات البيولوجية

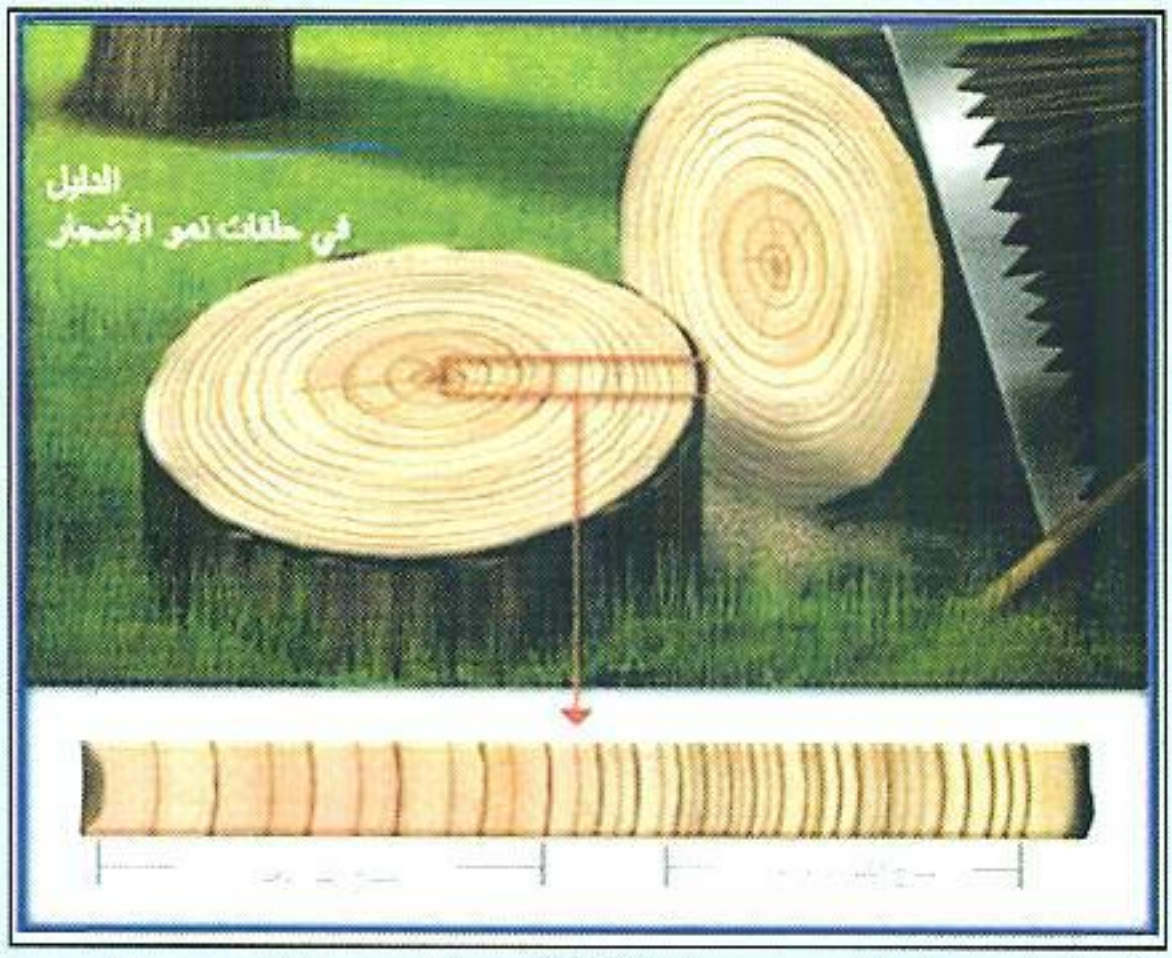
الأحافير هى أثر أو بقايا نبات أو حيوان كان يعيش منذ آلاف أو ملايين السنين، بعض هذه الأحافير أوراق نبات أو أصداف أو هياكل، كانت قد حفظت بعد موت النبات أو الحيوان وبعضها الأخر آثار ومسارات أقدام نتجت عن الحيوانات المتنقلة.

توجد معظم الاحافير فى صخور رسوبية تشكلت هذه الاحافير من بقايا نباتات أو حيوانات طمرت فى الرسوبيات مثل الطين أو الرمل المتجمع فى قاع الانهار والبحيرات والمستنقعات والبحار. وبعد مرور آلاف السنين فأن ثقل الطبقات العليا الضاغطة على الطبقات السفلى يحولها إلى صخور وهناك عدد قليل من الأحافير التى تمثل نباتات أو حيوانات كاملة لأنها حُفظت فى طبقات الجليد المتراكمة.

لقد استخدمت الأحافير بصورة ناجحة فى تعيين مناطق المناخ المختلفة لكافة الأعمار الجيولوجية فاستكشاف أحافير فى طبقات صخرية ومقارنتها بمثيلاتها من الاحياء التى تعيش حاليا فى أجواء معروفة مكننا من استنتاج الأجواء المناخية للمناطق التى توجد بها الاحافير فمثلاً: بمقارنة أحافير استخرجت من صخور واقعة فى المناطق الباردة حالياً ويعود عمرها إلى ما قبل عشرة ملايين سنة بمثيلاتها لأحياء تعيش حالياً فى بحار دافئة فإننا نستدل على أن هذه الأحافير هى لأحياء عاشت فى منطقة دافئة قبل عشرة ملايين سنة مع إنها الآن باردة.

حلقات الاشجار

حلقات النمو فى الاشجار تزيد تبعاً للنمو السنوى للشجرة بمقدار حلقة واحدة سنويا فى غالب الأحوال وبملاحظة الحلقات حول الجذع نستطيع تبين الظروف المناخية التى نمت بها الشجرة فالحلقة العريضة تشير إلى موسم نمو كبير ووفرة فى الامطار وإرتفاع فى درجات الحرارة والحلقات الضيقة تشير إلى موسم جفاف وإنخفاض فى درجات الحرارة (شكل رقم ١) ويمكن استخدام أنماط العرض وكثافة الخشب والتركيب النظائرى للهيدروجين والاكسجين لحلقات الاشجار لتقدير درجات الحرارة وكميات الامطار السنوية.



شكل (١)

الأدلة المستمدة من المرجان

يمتلك المرجان هياكل صلبة من كربونات الكالسيوم وتنمو الشعاب رأسياً ببطء شديد بمعدل يتراوح من ٠.٢ إلى ٧. ٠سم فى السنة ويستمر نمو المرجان لمئات السنين مما يجعله من أكثر المخلوقات المسنة فى المملكة الحيوانية كما تكوّن بعض أنواع المرجان حلقات سنوية من كربونات الكالسيوم أثناء نموها وكما هو الحال مع حلقات الأشجار يمكن أن تستخدم لتقدير درجات الحرارة وعندما تكون درجة حرارة البحر دافئة سينمو المرجان أسرع مما لو كانت درجة الحرارة باردة، ولذا ففى السنوات الدافئة ستكون حلقات النمو أعرض، وفى السنوات الباردة ستكون الحلقات رفيعة، كما يمكن استخدام نظائر الأكسجين الموجود فى كربونات الكالسيوم فى تقدير درجة حرارة المياه أثناء نمو المرجان.

ثالثاً: طرق تحليل بيانات السجلات الجيولوجية

السجل الجيولوجى هو الترتيب الزمنى الذى ينظم طبقات الصخور والأحداث والأحافير حسب تتابعها خلال التاريخ الجيولوجى من الأقدم إلى الاحدث (شكل رقم٢) ولمعرفة طبيعة التغيرات الحاصلة فى عصور جيولوجية سحيقة فى القدم يعتمد الجيولوجيون على عدد من الأدلة منها: أدلة الصخور الرسوبية وأدلة المتحجرات.

(١) أدلة الصخور الرسوبية:

لكل نوع من الصخور أو الترسبات بيئة ترسيبية خاصة بها كثيراً ما ترتبط بالظروف المناخية السائدة فى مكان الترسيب. من الأمثلة على ذلك:

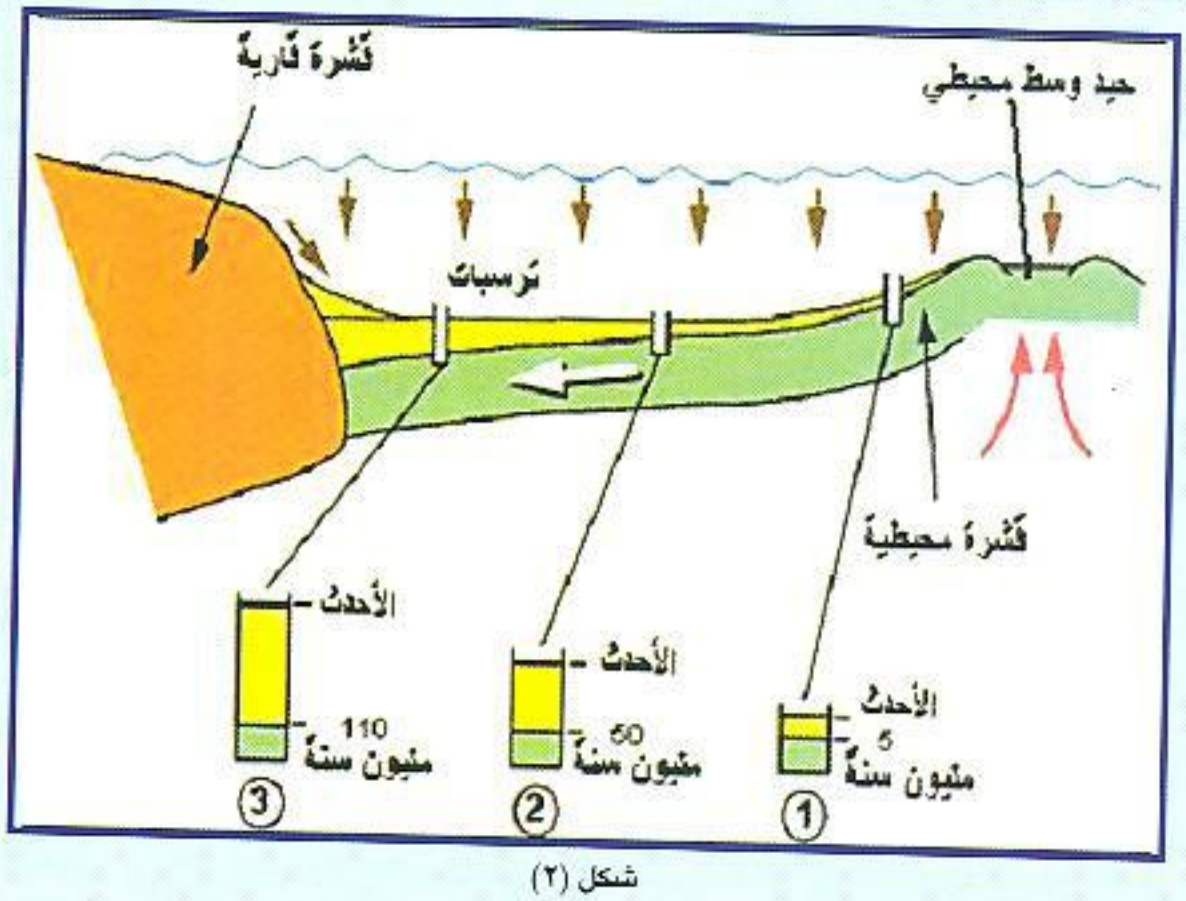
- ترسبات الطمى الجليدى تكون على شكل طبقات متعاقبة الطبقة الأكثر سمكاً تدل على ارتفاع فى درجة الحرارة والعكس صحيح.
- صخور المنخربات: تتكون فى المناطق الاستوائية الحارة وفى بحيرات قليلة العمق وأظهرت دراسة حفريات حيوانات دقيقة الحجم تعرف باسم المنخريات وهى حيوانات بحرية مثقبة

الأصداف عثر عليها فى الطين فى تنزانيا أن المحيطات تعرضت لانخفاض فى الحرارة قبل ٣٥ سنة ربما بعد تحولات فى مدار الأرض حول الشمس وفى درجات الحرارة المنخفضة تحتوى أصداف المنخربات على قدر أقل من الماغنيسيوم مما عليه فى المياه الدافئة.

- ترسبات الطبقات الحمراء: تتكون بصورة رئيسية فى المناطق الرطبة والحارة وحيث تساقط الأمطار موسمى. فالحرارة والرطوبة تهيىء الجو المثالى للأكسدة المستمرة بحيث يغير الحديد إلى أكسيده الأحمر.

(٢) أدلة المتحجرات:

إننا فى استخدامنا للمتحجرات كدليل على المناخ القديم نستند على افتراض علمى هو أن الحيوانات والنباتات الحالية بمختلف أنواعها وأجناسها لم تتبدل بيئتها والمناخ الذى يلائمها عن بيئتها ومناخها الحالى، أى أنها كانت تعيش بنفس الظروف الطبيعية عبر مختلف الأزمنة الجيولوجية وحيث أن الأحياء تتأقلم أحياناً على بيئات متباينة فإن الجيولوجيين ينصحون الذين يستخدمون المتحجرات لتحليل المناخ أو البيئة فى الماضى الجيولوجى

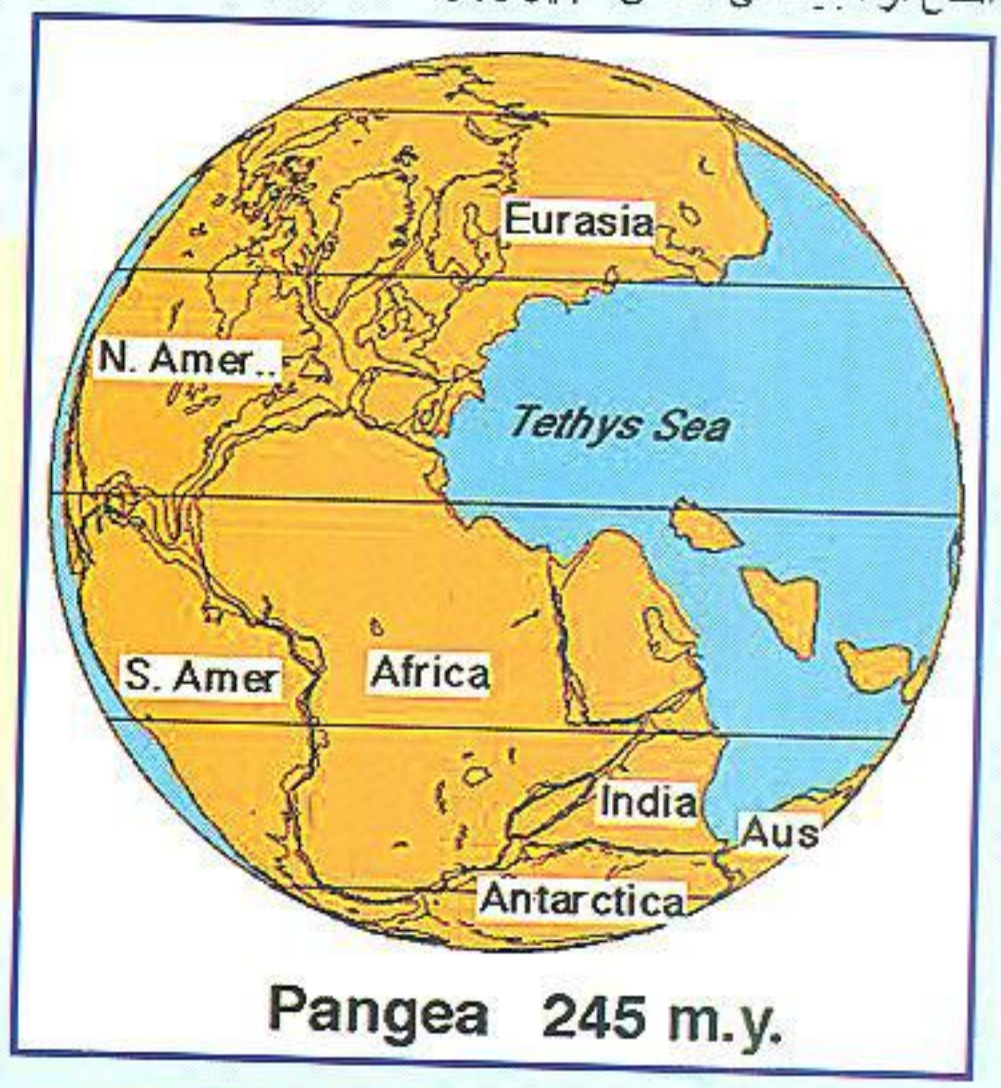


شكل (٢)

أن يجمعوا كل ما يمكنهم من أدلة عضوية (حيوانية ونباتية) وكذلك تحليل نوعية الصخور للخروج باستنتاج علمى رصين فى دراستهم.

تعتبر دراسة بعض أنواع الصخور الرسوبية (من تحليل البيانات البديلة) مؤشر لمعرفة المناخ الذى كان سائداً أثناء ترسيبها. وعلى سبيل المثال فإن طبقات الرمل الأحمر تترسب فى المناطق الدافئة والقاحلة أما فى المناطق الباردة فإنه يترسب خليط من الجلاميد والرمل والغرين والطين المعروف باسم التليت (هو صخر رسوبى يترسب مباشرة من المثالج وأغطية الجليد).

ووجود طبقات من الرمل الأحمر التابع للعصر الترياسى فى نجلترا يدل على أن إنجلترا كانت فى العصر الترياسى فى مناطق تتمتع بمناخ دافىء وقاحل ومعنى هذا أنها كانت فى موقع قريب من خط الاستواء ثم زحفت إلى مكانها الحالى. وكانت والصحراء الكبرى فى يوم ما جنوب خط الاستواء فى منطقة جليدية ضمن قطعة هائلة من اليابسة كونت قارة عملاقة سميت قارة بانجى (شكل رقم٣) يدل على أن مناخ هذه المناطق كان بارداً ومتجمداً ثم زحفت وتباعدت حتى وصلت إلى موقعها الحالى.



شكل (٣)

النظائر المشعة المستعملة لتحديد أعمار الصخور:

- تحتوى معظم صخور القشرة الأرضية على مواد مشعة تتحلل بصفة دائمة منتجة كميات متفاوتة من عناصر مختلفة فى فترة زمنية تسمى فترة عمر النصف.

ـ يستعمل الكربون ١٤ المشع لتعيين أعمار المواد التى تعود إلى الخمسين ألف سنة الماضية وذلك نظراً لصغر نصف الحياة للكربون المشع إذ يبلغ ٥٧٧٠ سنة لذلك يستخدم الكربون ١٤ المشع فى تقدير أعمار الصخور الحديثة حيث يتحلل بسرعة وفى خلال ٦٠ ألف سنة يتحول إلى نيتروجين ١٤ المشع ومن (شكل ٤) يتضح الآتى:

١ـ تتكون النيوترونات بتأثير الأشعة الكونية على طبقات الجو العليا.

٢ـ تتصادم النيوترونات بالنتروجين فتحوله إلى كربون ١٤ كما فى المعادلة.

$$^{14}_{6}C \rightarrow ^{14}_{7}N + ^{0}_{-1}B$$

٣ـ يستقر الكربون ١٤ فى النهاية فى أنسجة النباتات من عملية التمثيل الضوئى ثم ينتقل بعد ذلك لعظام الحيوانات التى تتغذى على هذه النباتات.

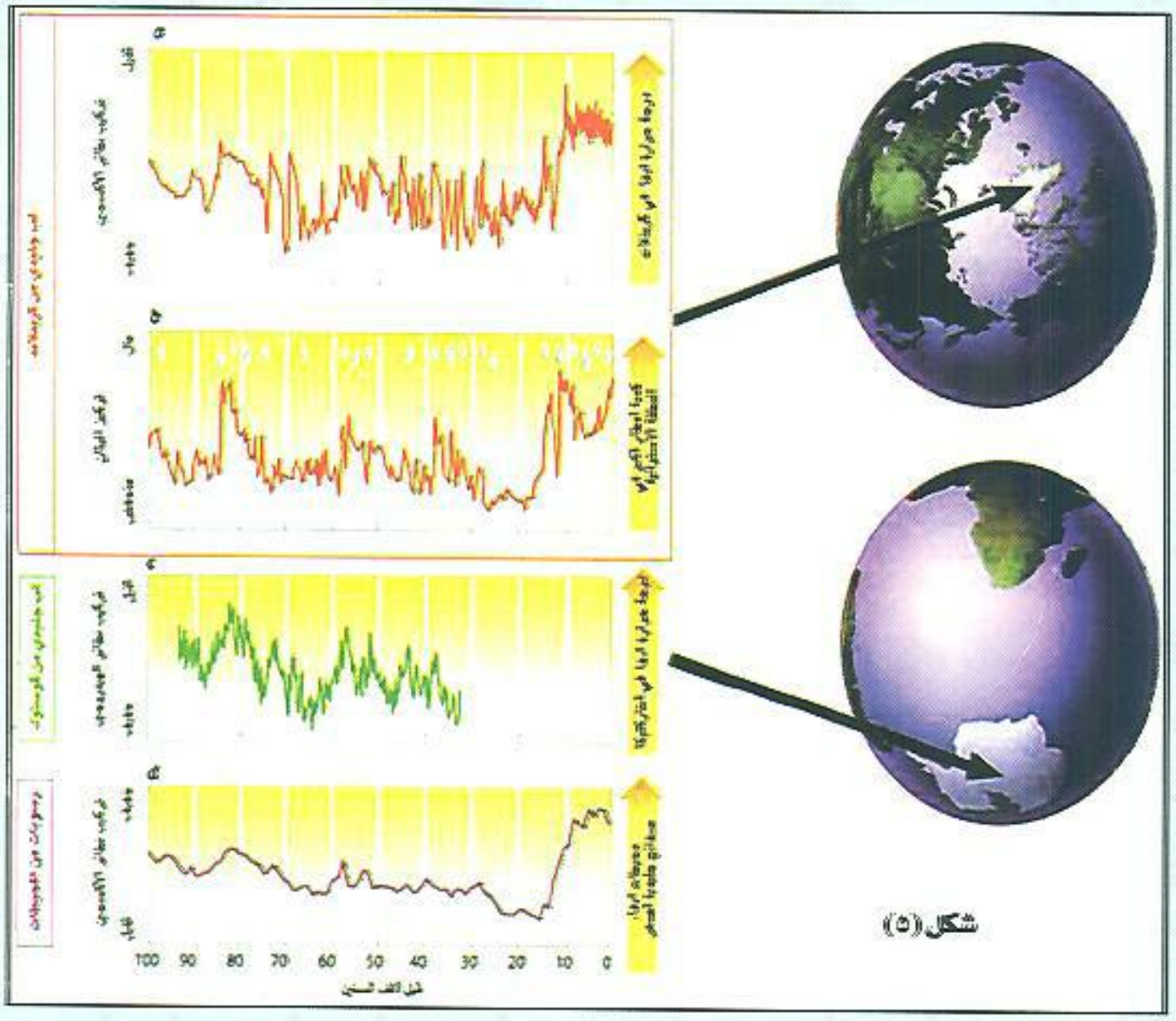
٤ـ عندما يموت الكائن الحى لا يتجدد الكربون المشع فى جسمه فيبدأ فى التحول إلى نيتروجين كما فى المعادلة السابقة.

ـ من المعروف أن الماء يأتى على شكل نظائر «خفيفة» و«ثقيلة».. والنظائر الخفيفة تحتوى فى تركيبها على مجرد هيدروجين وأكسجين عاديين، فى حين أن النظائر الثقيلة إما أن تتضمن هيدروجين له نيوترون مضاف «النيوتريوم» الهيدروجين الثقيل» أو أكسجين مع نيوترون واحد أو

شكل (٤)

الثمين الضائعين (أكسجين ١٧ أو أكسجين ١٨). فى العمليات الفيزيائية الخاصة بعمليتى التبخير والتكثف ففى حالة التبخير فإن النظائر الأخف تتبخر أولاً أى أن هناك عملية تجزئة فى التركيب النظائرى للماء، وبخار الماء المتصاعد من هذا التجزؤ يعتمد تماماً على درجة الحرارة بمعنى أنه إذا كانت درجة حرارة الماء السائل منخفضة فإن بخار الماء المتصاعد بكميات قليلة فى النظائر الأثقل، أما إذا كانت درجة حرارة الماء السائل مرتفعة فإن بخار الماء المتصاعد بكميات كبيرة فى النظائر الأثقل أى أن عملية التجزئة تعتمد على درجة الحرارة التى تمت فيها العملية الفيزيائية والعكس صحيح فى عملية التكثف حيث إن النظائر الأثقل تتكثف أولاً.

ـ أجريت قياسات أجراها العلماء لدرجات الحرارة (a) وكمية غاز الميثان الغائرة فى الجو (b) أثناء تفحصهم ألياً جليدية من جرينلاند نتائج أبحاث أجريت فى وقت سابق على المناخ فى قوستوك بالقارة القطبية الجنوبية (c) وأيضاً كذلك حجم الجليد الكلى حول العالم وقد تم تحديد هذا الحجم من تحليلات أجريت لرسوبيات أخذت من قاع أعماق المحار (d) كما فى شكل رقم (٥).



شكل (٥)