عندما غطى الجليد الأرض

إعداد / أحمد عطية الجعفري

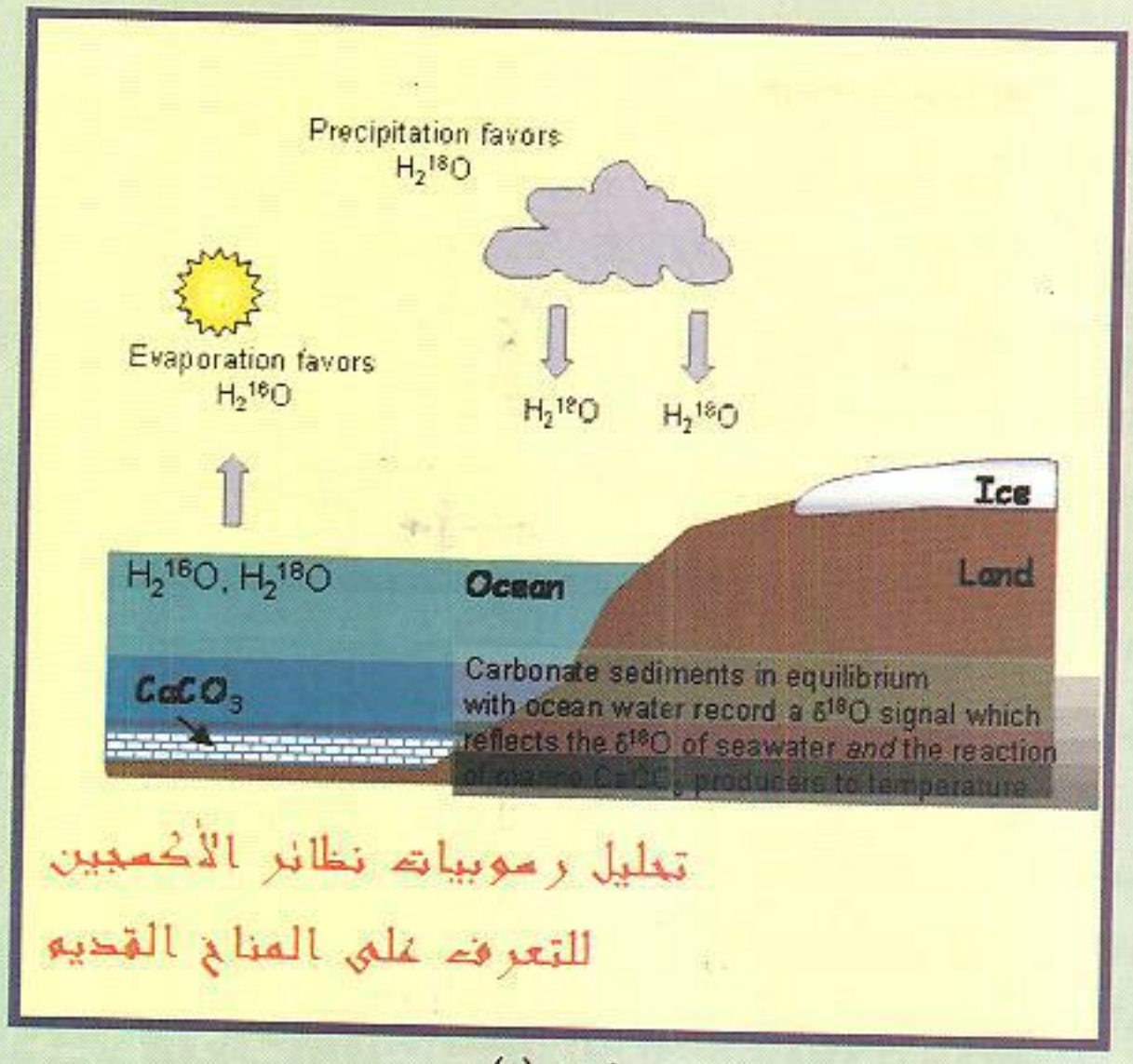
مدير إدارة البيانات المناخية - الإدارة العامة للمناخ

التاريخ المناخي للأرض في العصور القديمة مليء بالإثارة والأحداث الهائلة نتيجة للتحولات والتقلبات المناخية ومن تلك الاحداث حدثاً جليدياً خطيراً حدث خلال الفترة منذ (٧٥٠ : ٥٨٠) مليون سنة مضت حيث هطلت ثلوج شديدة مما أدى إلى تغطية معظم أجزاء الأرض (اليابس والمحيطات) بغطاء جليدي كثيف بغض النظر عن بضعة فتحات على المسطحات المائية كانت الحياة قادرة على الاستمرار بالوجود فيها. وقد تم إطلاق مصطلح « الأرض كرة ثلجية » على هذا الحدث هذا الإستنتاج ناتج من تحليل البيانات البديلة التي تبدو واضحة في تسجيلات العديد من الصخور الرسوبية القارية وكذلك رسوبيات قيعان المحيطات وهي تغطي مراحل زمنية كبيرة ومازالت محفوظة في أماكن مختلفة من نصفي الكرة الشمالي والجنوبي على السواء في كندا وجنوب إفريقيا وغرب أستراليا وجنوب الصين.

من تلك البيانات البديلة تحليل بيانات نظائر الأكسجين ١٦ و١٨ ومن المعروف إن جزيئات نظير الأكسجين ١٨ تتجه إلى البقاء في مياه المحيطات وعلى هذا الأساس تكون نسبة الأكسجين ١٨ في الأمطار والثلوج والجليد المتكون من هذه الهطولات التي تسقط على القارات أقل من نسبتها في مياه المحيطات. فعندما تبدأ فترة جليدية تتكون طبقات من الجليد القاري من الهطولات الناجمة عن مياه المحيطات التي تكون قد اغتنت بالأكسجين ١٨ ونجد هذا التركيب مسجلا في كربونات الكالسيوم (شكل رقم ١) التي تدخل في تركيبها جزئي الأكسجين الموجودة في الصخور الرسوبية القارية وكذلك رسوبيات قيعان المحيطات فكلما كانت نسبة الأكسجين ١٨ إلى الأكسجين ١٦ أكثر ارتفاعا

كانت الجليديـــات القارية أكثر انتشارا في الزمن الذي ترسبت فيه الرواسب. تعرف الجليديات بأنها الكتل الجليدية الضخمة الناتجة عن تراكم الثلج وتكدسه وإعادة تبلوره حتى يصـــل إلى حجم معين يبدأ معه في التشكل والحركة تحت تأثير وزنه الكبير.

منذ حوالي ٧٥٠ مليون سنة مضـــت قامت قـــوى تكتونية بتفكيـــك التجمـــع القـــاري العمـــلاق المســـمى بروديـنيا الذي أدى إلى تباعد نسبي بين القواعـــد القاريـــة والمحيطية ومع ضـــعف الفـــترة الدافئة الســـابقة لذلك الحدث (الفترة الجليدية العظمي) وبدء تبريد واســـع النطـــاق تـــلاه هطول للأمطار والثلـــوج بغزارة ثم بـــدأ الغطاء الجليـــدي ينتشر على ثلاث مراحل زمنية كبيرة جداً وهي مرحلة **Sturtian** التي حدثت منـــذ حوالي ٧١٠ مليون سنة مضت تكونت من حلقات جليديـــة متعددة بما في ذلـــك التجلـــد القريب من خط الاستواء ثم حدث تراجع نسبي للغطاء الجليدي ليعاود الانتشـــار مرة ثانية لمرحلة **Marinoan** التـــي حدثت منذ حوالي ٦٣٥ مليون ســـنة مضت وتشير بعض التقديرات إلى أن متوســـط درجة الحرارة قـــد وصـــل إلى - ٥٠ درجـــة سيلزية شكل (٣) وعند إنتشار الغطاء الجليدي عندما يصـــل الجليـــد إلى خـــط العرض ٣٠ عن الاســـتواء تنهـــار الحرارة بسرعة بحيـــث يغطي الجليد معظم الأرضـــ بسرعة ويؤخذ بعين الاعتبار مقدار الانعكاس المتزايد لأشعة الشمس بفضل تقدم الغطاء الجليدي شكل (٤) بشكل طبيعي يجري امتصاص ثلث أشـــعة الشـــمس من قبل غطاء الأرض الجـــوي وقشرة الأرضـــ وفي المقابل ينعكس عن الأرض أشعة بحيث تصبح الحرارة متوازنة. عندما يتمدد الجليـــد مـــن القطـــب باتجاه الاســـتواء تتزايد كمية الأشعة المنعكسة بواسطة الجليد مما يـــؤدي إلى مزيد مـــن التبريد (التغذية المرتدة الموجبة) ثم حـــدث تراجع نســـبي للغطاء الجليدي ليعاود الانتشار مرة ثالثة لمرحلة **Varangian**

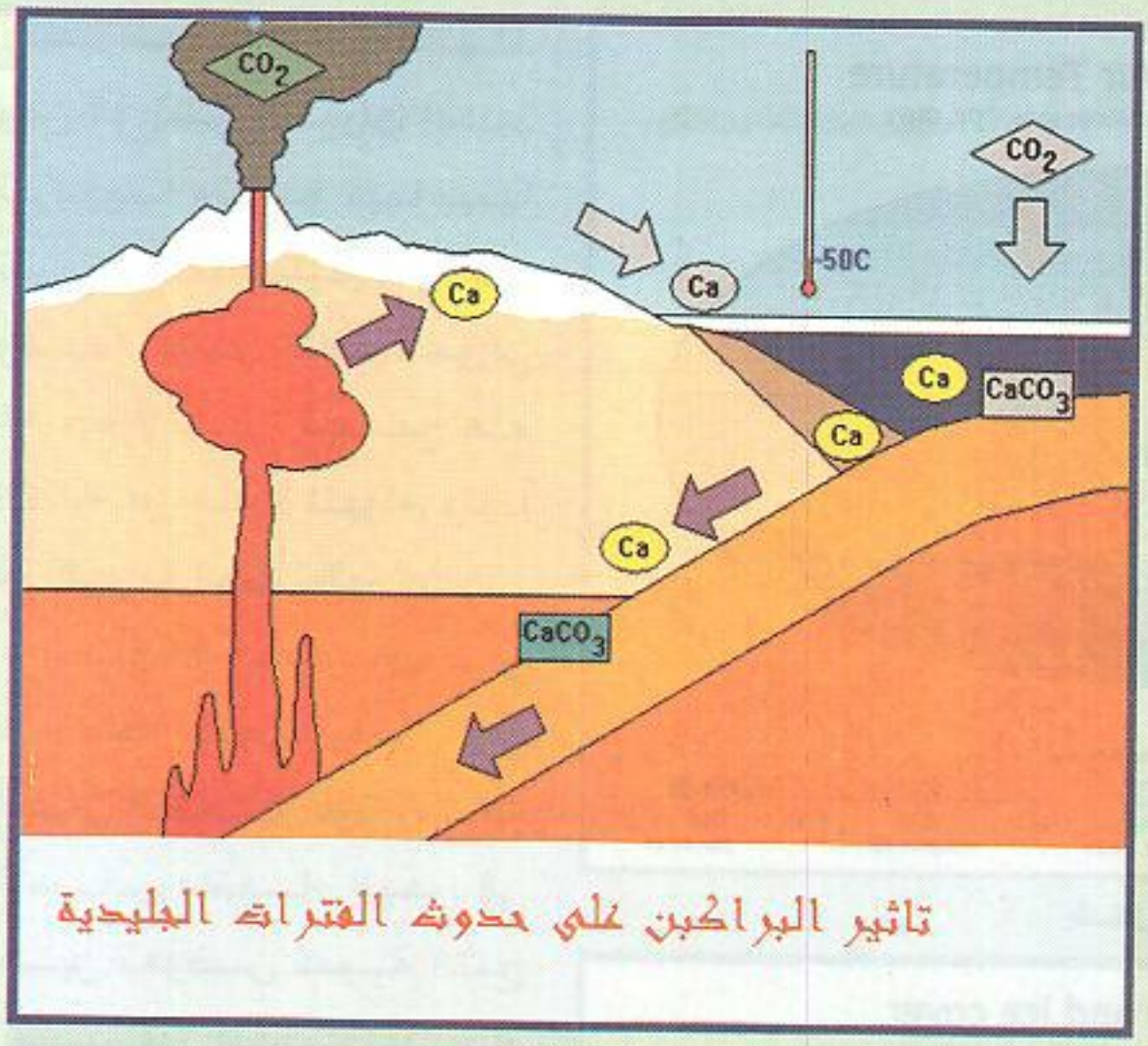


شكل (١)

التي حدثت منذ حوالي ٦٠٠ مليون سنة مضت ثم حدث تراجع كبير جداً للغطاء الجليدي لتبدأ فترة دافئة جديدة.

من الأسباب التي أدت إلى حدوث هذه الفترة الجليدية العظمى التغير في الإشعاع الشمسي حيث يرجح العلماء أنه حدث انخفاض في الإشعاع الشمسي بنسبة ١٪ وذلك بسبب تغير الدمار البيضاوي حول الشمس وتغير محور الدائرة لدوران الشمس مما قلل من نسبة الإشعاع الشمسي،والتغير في محور دوران الأرض حيث أن محور الأرض زاد من ٢٣,٥ درجة إلى ٢٤,٥ درجة في ذلك العصر مما أدى إلى انعدام الفروق في درجات الحرارة على مستوي الكرة الأرضية.واعتراض بعض الغبار البركاني مسار الأشعة الشمسية شكل (٢)

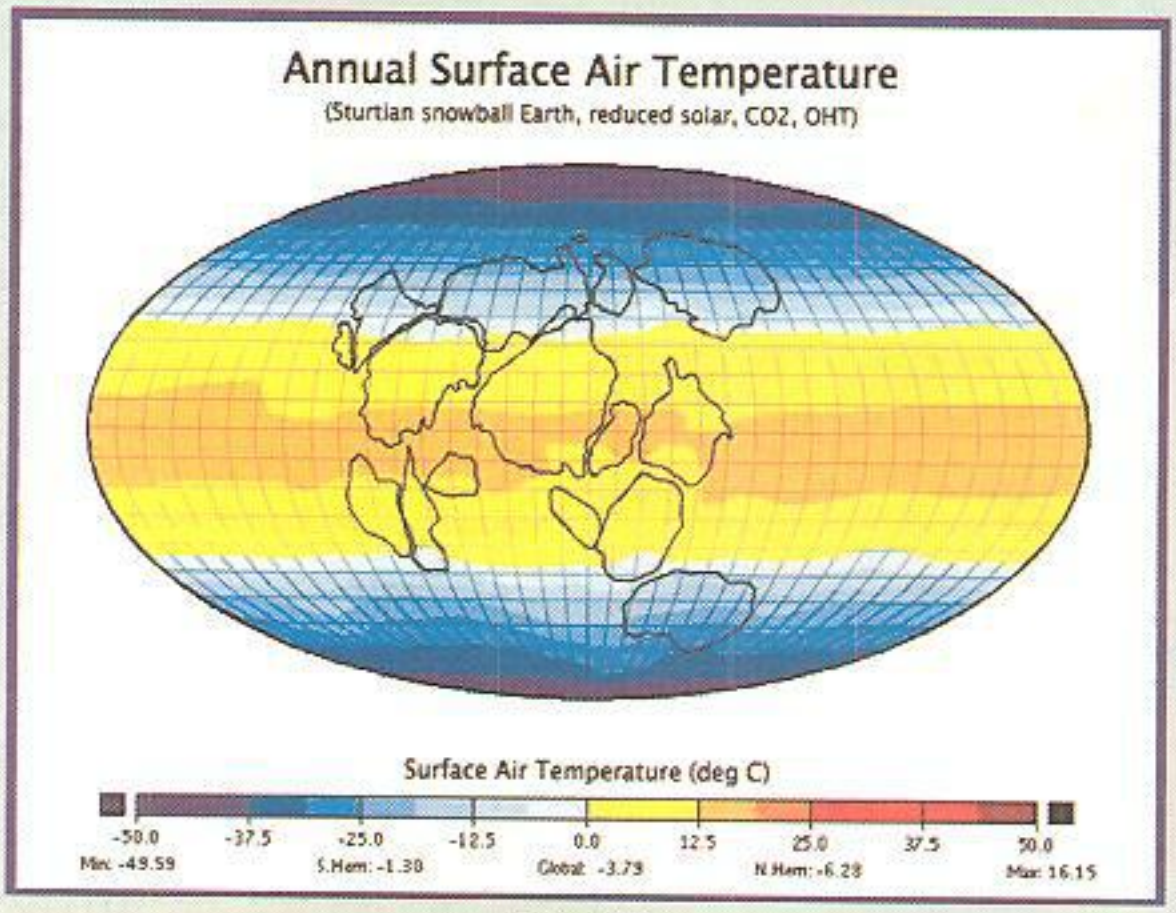
والتغذية المرتدة الموجبة للغطاء الجليدي وتزايد نسبة الأكسجين الناتجة من الكائنات وحيدة الخلايا التي انتشرت بأعداد كبيرة في تلك الفترة،



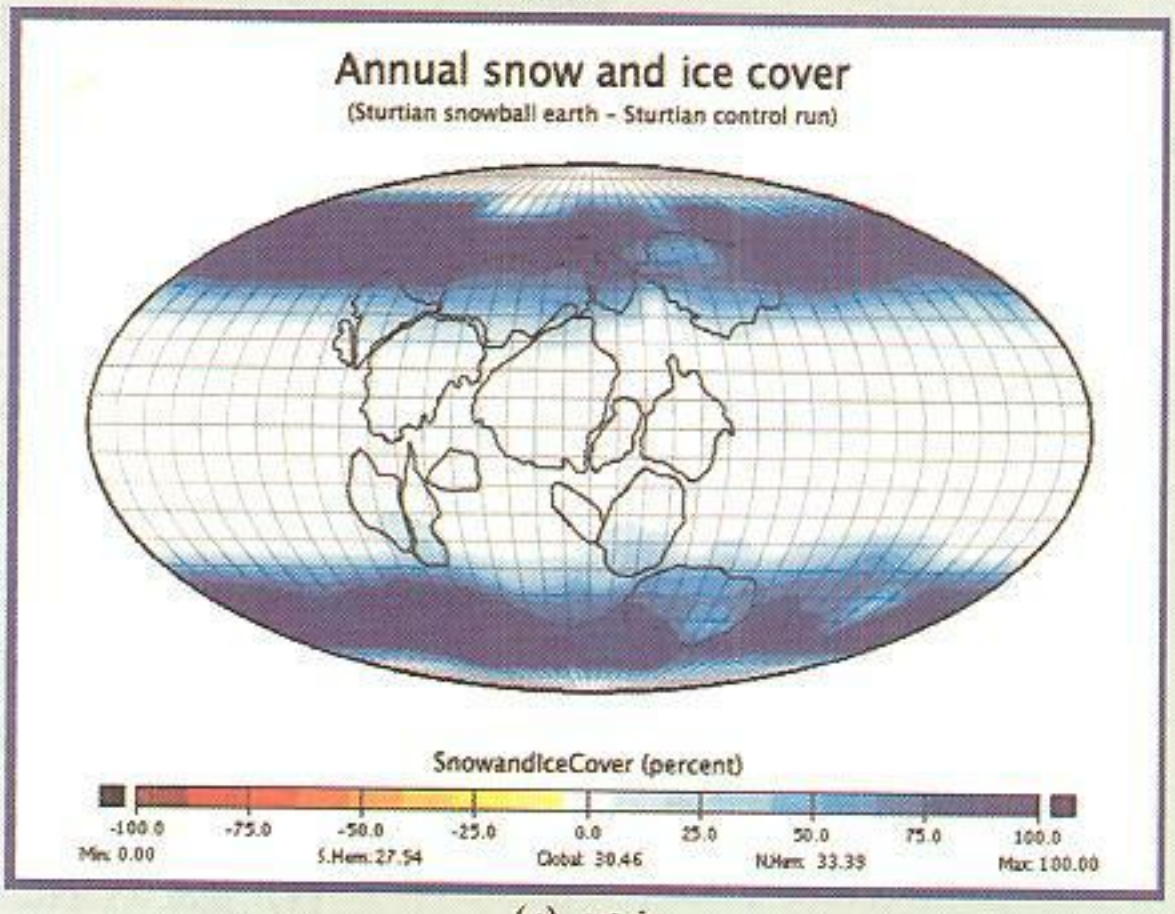
تاثير البراكين على حدوث الفترات الجليدية

شكل (٢)

تعرف الجليديات بأنها الكتل الجليدية الضخمة الناتجة عن تراكم الثلج وتكدسه، وإعادة تبلوره حتى يصل إلى حجم معين يبدأ معه في التشكل والحركة تحت تأثير وزنه الكبير، تتحرك الكتل الجليدية بصفة عامة من مناطق القطب الشمالي أو الجنوبي باتجاه خط الاستواء، أو من المناطق المرتفعة إلى المناطق الأقل ارتفاعا، مما يتسبب في تعرية المناطق المرتفعة ونشر غطاء سميك من الرواسب الجليدية المختلفة على المناطق المنخفضة. يتشكل الجليد نتيجة لتراكم رقائق الثلج الخفيفة وتجمدها على شكل جزيئات حبيبية غير متماسكة بصورة جيدة (كتل حبيبية جليدية تبلغ كثافتها حوالي ٥٥ جم / سم٣)، تسمح بمرور الماء أو الهواء من خلالها ومع زيادة التراكمات الثلجية يزداد التماسك بين تلك الحبيبات مؤديا إلى خروج كميات كبيرة من الهواء



شكل (٣)



شكل (٤)

المحبوس بين جزيئاتها، ومن ثم تنمو بلورات الجليد تدريجيا وتترابط فيما بينها تشكل كتلة جليدية واحدة. وعندما تبلغ كثافتها حوالي ٨٤ جم / سم٣ تصبح هذه الكتلة غير منفذة للهواء، وتبدأ في الحركة تحت تأثير وزنها.

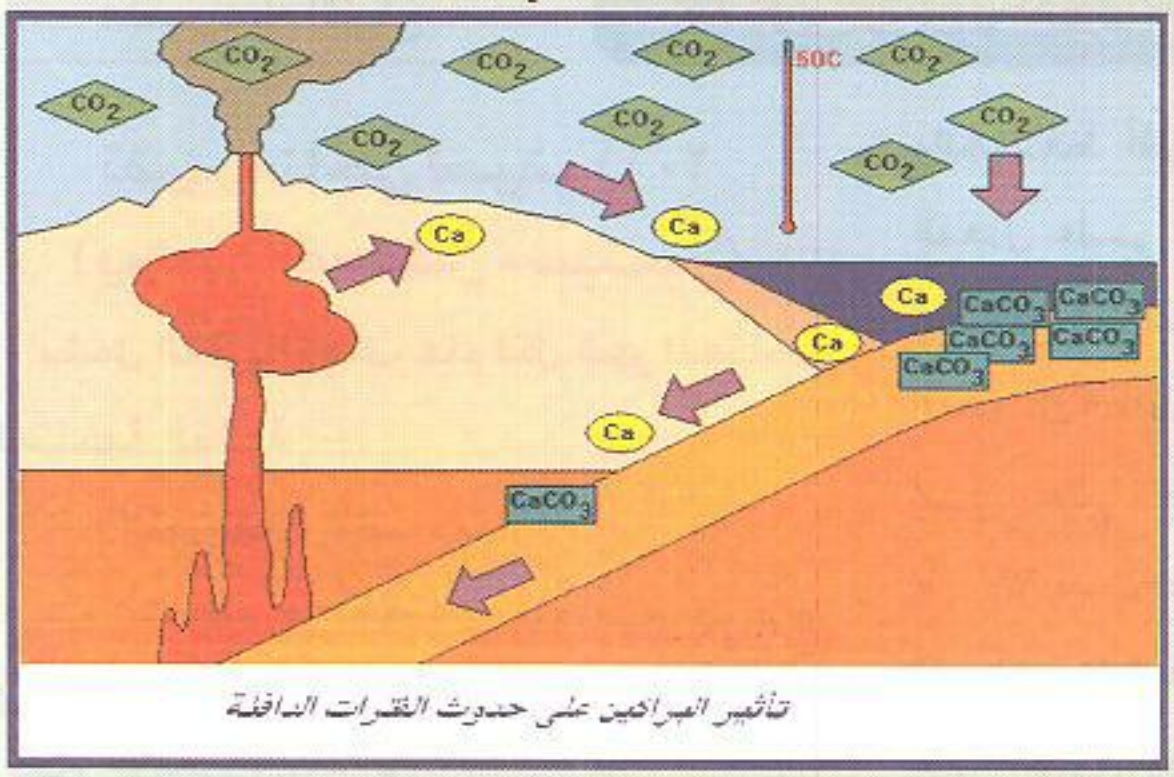
شكل (٥) يبيّن كيف أنّ مسطحا جليديا ينساب إلى أسفل المنحدر فوق صخر الأساس باتجاه البحر، في حين تعوّض كمية الثلج المتساقط الناجم عن مياه البحر المتبخرة جزءا من كتلة الجليد على سطحه.

وهي أحزمة نقل للجليد تتحرك بحركة سريعة نسبيا، وهذا الجليد ينفصل عن المسطح الجليدي المجاور، ويتحرّك هذا المسطح الجليدي باتجاه البحر، ولو بحركة أبطأ. وحينما تترك قاعدة الجليد المتحرّك »خط القاعدة الصخرية« **grounding line** (يدعى الجليد العائم عندئذ رفا جليديا **ice shelf**)، يزيح هذا الجليد كتلة من المياه تعادل وزنه، وبذلك يرفع مستوى سطح البحر. لم ترفع تلك العمليات، طوال معظم آلاف السنين الماضية، مستوى سطح البحر أو تقلّص حجم المسطحات الجليدية وذلك بسبب التوازن بين تبخّر ماء البحر وكمية الثلج المتساقط على اليابسة وبين

تصريف الجليد في البحر.

وعندما يملك المرء نظرية عن أن الجليد كان يغطي معظم الأرض فلابد من امتلاك تفسير لأسباب تراجع الغطاء الجليدي والتفسير نجده في النشاطات البركانية على مدى بضعة ملايين من السنين ارتفعت نسبة الغازات الدفئية في الهواء وبالتالي ارتفعت درجة الحرارة مما أدَّى إلى سخونة مياه المحيطات؛ والفرق بين الاحترار العالمي الناشئ من انبعاث كميات كبيرة من غازات ثاني أكسيد الكربون والميثان من البراكين شكل (٦) الموجودة في قيعان البحار وتلك الموجودة على اليابسة- أن تركيز مستويات الأكسجين في الحالة الأولي يقل في الماء من أسفل إلى أعلى يقابله زيادة ثاني أكسيد الكربون والميثان في نفس الاتجاه ثم تنتقل دورة ثاني أكسيد الكربون والميثان من الماء إلى الهواء. ونظرًا لأن غاز ثاني أكسيد الكربون والميثان وبخار الماء لهم القدرة على امتصاص الأشعة التحت الحمراء ثم إعادة توزيعها مرة

حركة الجليد القاري شكل (٥)



تأثير البراكين على حدوث الفترات الدافئة

شكل (٦)

ثانية إلى سطح الأرض- لذا فإنها تعد بمثابة مصايد للحرارة في الغلاف الجوي حيث ترفع بدورها درجة حرارة الغلاف الهوائي ثم تقوم كوسيط بإعادة توزيع الأشعة تحت الحمراء من المناطق الساخنة من سطح الأرض بالقرب من خطوط العرض المنخفضة إلى المناطق الباردة عند خطوط العرض العالية وبازدياد حجم الانبعاثات من هذه الغازات ترتفع درجة حرارة المحيطات عند خط الاستواء أولاً ثم يعاد توزيع الطاقة الاستوائية نحو القطبين.

المصادر : بول هوفمان - جامعة هارفارد الامريكية