تطور الغلاف الجوى للأرض

فى البداية تكونت الأرض من سحابة هائلة من غازات ملتهبة تدور حول نفسها ليتشكل غلاف جوى هش معظمه من غازى الهيدروجين والهليوم الذى بددته الرياح الشمسية القوية عدة مرات وفى كل مرة كان يعاد تكوينه من جديد وتشير الدراسات الحديثة عن توزيع العناصر المعروفة فى الجزء المدرك من الكون إلى أن غاز الهيدروجين يمثل ٧٤٪ ويليه فى النسبة غاز الهليوم الذى يكون حوالى ٢٤٪ ومعنى ذلك أن أخف عنصرين يكونان معاً أكثر من ٩٨٪ من مادة الكون المنظور.

إعداد:

أحمد عطية الجعفرى

مدير إدارة البيانات المناخية

بالادارة العامة للمناخ

أما بقية العناصر فتكون أقل من٢٪ من غازات الكون . بعد ان تشكلت الأرض كانت عبارة عن كرة غازية ملتهبة جدا ودرجات حرارتها لا تسمح للصخور بالتصلد وللمياه بالتواجد وغلاف من غازى الهيدروجين والهليوم لذا فلم تكن هناك حياة على الإطلاق ولكن بعد حوالى ٥٠٠ مليون سنة من هذا الوقت بردت الأرض قليلا وبدأ الغلاف الجوى البدائى فى الظهور منذ حوالى ٣,٥ بليون سنة والذى كان مغايرا للغلاف لجوى المعروف الآن حيث كان يتكون من بخار الماء وأول وثانى أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين والنيتروجين والغاز السام «سيانيد الهيدروجين».

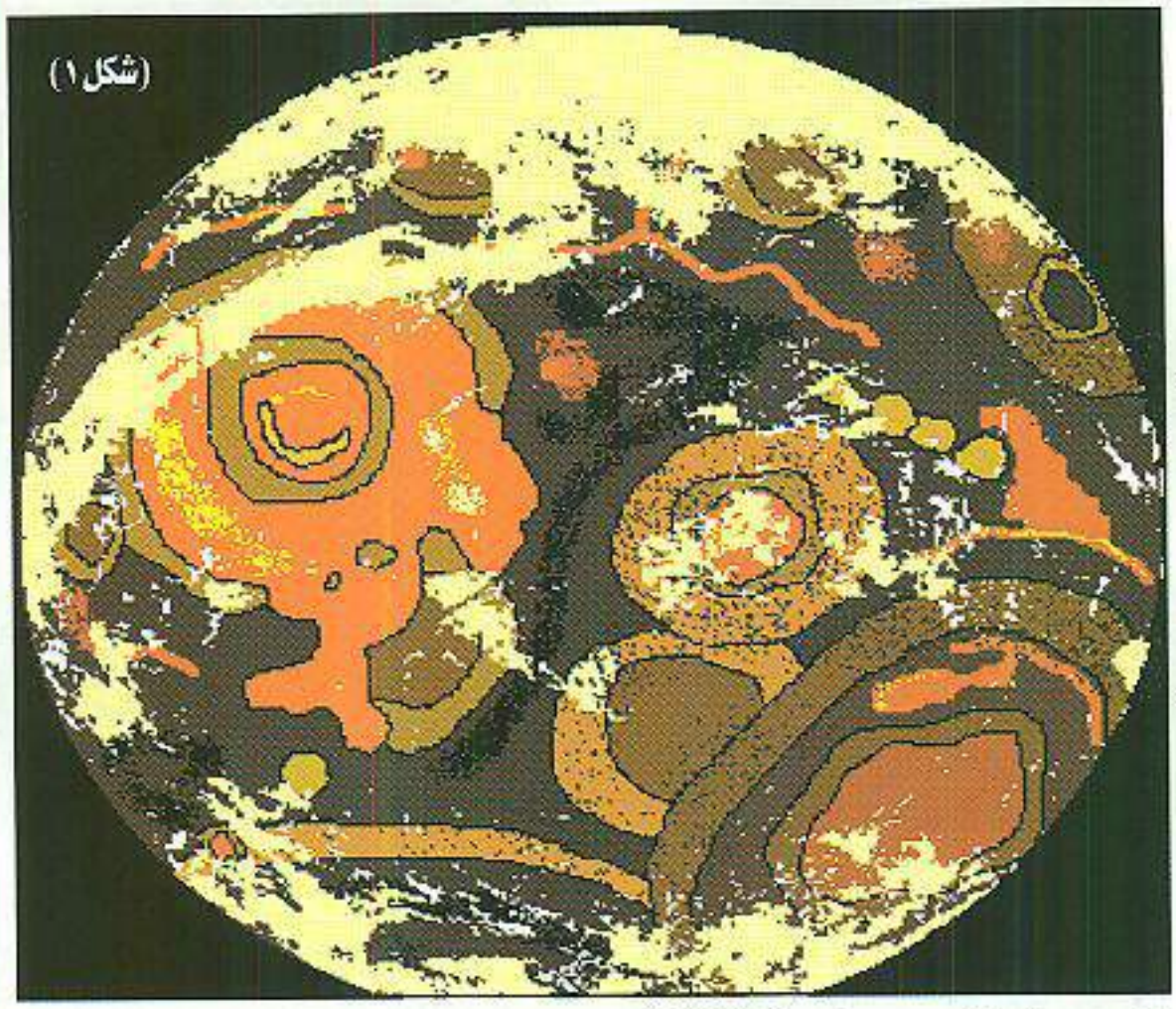
عصر الجحيم «الهاديان» :-

الفترة من ٤,٦ الى ٣,٨ بليون سنة مضت وقدرها ٨٠٠ مليون سنة اعتبرت فترة إعداد الأرض لاستقبال الحياة وكانت تلك الفترة أشبه بالجحيم البركانى البحرى، فسطح الأرض « شكل رقم ١ » الذى كانت درجة حرارته تصل إلى آلاف الدرجات كان مغطى بالحمم البركانية. واتجهت درجة حرارة الأرض إلى الانخفاض فتكونت على السطح مع مرور الزمن قشرة أرضية صلبة بفعل البرودة التدريجية. فنتجت عنها ثورات بركانية عنيفة وزلازل قوية ألقت بالصخور البركانية المنصهرة على السطح وساهمت فى تكوين الجبال مما أتاح للأرض الاستقرار التدريجى وهبوطا حادا فى النشاط البركانى.

فكانت الأرض البدائية عبارة عن كتلة من الصخور المنصهرة ومع انضغاط الأرض على نفسها فى سياق عملية التكون دفعت الجزيئات المائية نحو الأحواض

الأشد انخفاضا وأقصيت المواد الصلبة والغازية عنوة نحو الخارج فدفع غازى: الأمونيا والميثان بالإضافة إلى القليل من كبريتيد الهيدروجين ليتشكل غلاف الأرض الجوى البدائى الهش للأرض الذى بددته الرياح الشمسية الفتية عدة مرات وفى كل مرة كان يعاد تكوينه من جديد.

ومن المحتمل انه قد تواجدت فى هذا الغلاف الجوى كميات ضئيلة من بخار الماء الذى كانت جزيئاته تنقسم إلى مكوناتها بفعل الأشعة فوق البنفسجية ثم يعاد تكوينه من جديد بفضل النشاط الذرى للأكسجين، فكان بخار الماء يتكون من جديد باتحاد الأكسجين بالهيدروجين الحر وأيضا بذلك المشارك فى تركيب الأمونيا ليترك النتروجين وحده يتكاثر فى الجو. كما كان بإمكان الأكسجين أن يجذب ذرات الهيدروجين من الميثان لتكوين الماء وأن يتحد مع الكبريت لتكوين ثانى أكسيد الكبريت ومع الكربون لتكوين ثانى أكسيد الكربون. ومن المرجح أن ثانى أكسيد الكبريت قد اتحد مع المادة الصخرية لقشرة الأرض الهشة وذاب فى البحر المحيط بحيث تسنى فى النهاية إزالة معظم آثار أكسيد الكبريت من الجو. أما ثانى أكسيد الكربون الأوسع انتشارا فبرغم ذوبان كميات منه فى البحر المحيط إلا أنه من المرجح أنه بقيت منه مقادير كبيرة فى الجو. ولابد أن تكون التفاعلات الأولية فى غلاف الأرض الجوى قد استنفذت بالكامل جزيئات الأكسجين


(شكل ١)

الموجودة بالجو مما حول الغلاف الجوى إلى غلاف مختزل ، ولولا ذلك لما امتلكت الحياة أى فرصة للنشوء إذ أن ذرات الأكسجين المتحفزة دوما للدخول فى تفاعلات جديدة كانت ستحول دون إمكانية تكون جزيئات عضوية مستقرة.

بدأ بخار الماء الموجود فى الغلاف الجوى بالتكاثف منتجا أمطارا رعدية كثيفة كانت تهبط على الأرض التى كانت لاتزال ساخنة فيتبخر ثانية مكونا سحبا وأمطارا رعدية تبدأ فى الهبوط والتبخير ممتصة جزء فجزء من حرارة الأرض إلى أن برد الجزء السطحى من القشرة الأرضية بدرجة كافية ليستقبل الماء على سطحه فى أماكن الانخفاضات مكونة المحيطات والبحار «الغلاف المائى».

وقد عملت مركبات الكربون المتوافرة فى الغلاف الجوى على إحداث تأثير الدفيئة إذ سمحت بتدفق حرارة الشمس إلى سطح الأرض وأعاقت تسرب الأشعة المنعكسة ، وقد أدى هذا التأثير إلى ارتفاع متوسط حرارة الأرض حتى تبخرت كميات كبيرة من مياه المحيطات وأدت لإحاطة الأرض كلها بالسحب. ولولا تأثير الدفيئة المبكر لكانت المحيطات قد تجمدت وأعادت كل الحرارة القادمة إليها من الشمس مرة أخرى إلى الفضاء ولما تجمعت بالتالى أى طاقة قادرة على إذابة المحيطات المتجمدة ولبقى الحال على هذا الوضع المتجمد إلى يومنا هذا.

وتعرضت الأرض المبكرة لفترة من القصف حتى ٣,٨٠٠ مليون سنة مضت بوابل من النيازك العظيمة كما فى شكل «٢»، تلك الفترة المعروفة بفترة القصف

(شكل ٢)

العظيم وربما منع هذا من تكون القشرة ومزقها بشكل كبير.

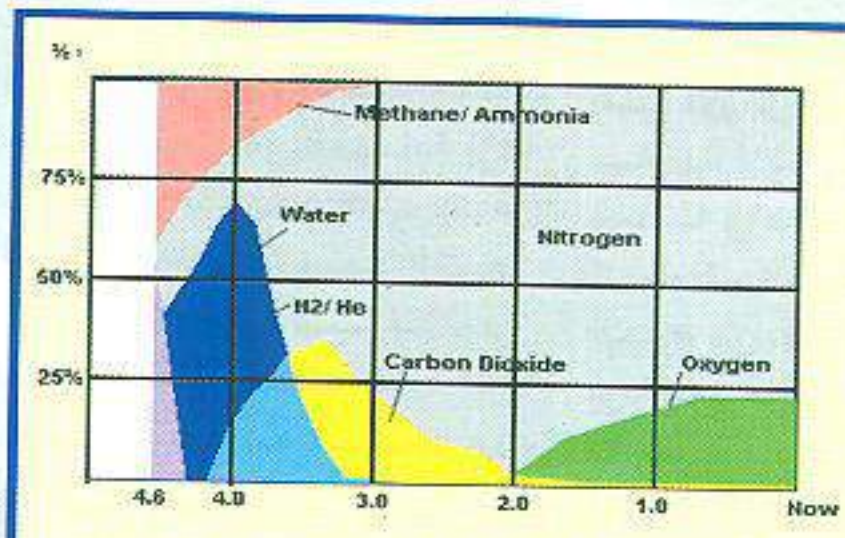
وبدء الغلاف الجوى الأول فى الظهور منذ حوالى ٤٥٠٠ مليون سنة والذى كان مغايرا للغلاف الجوى الحالى حيث كان يتكون من بخار الماء وأول وثانى أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين والنيتروجين والغاز السام «سيانيد الهيدروجين».

لم يكن هناك غاز الاكسجين على الاطلاق فى البحار أو جو الأرض، ولكن بعد حوالى ٢ مليار سنة ظهرت بكتريا المولدة للأوكسجين لتضيف الأوكسجين إلى جو الأرض، بعد ذلك حدث " تعبئة" البحار والمحيطات بالأوكسجين حتى الأعماق ويعتقد أنه بحوالى ١,٦ بليون سنة مضت كان تركيز الأكسجين فى الغلاف الجوى يعادل حوالى ١٪ من تركيزه الحالى لأن معظم الأكسجين المتولد وقتئذ كان يدخل فى عمليات أكسدة الحديد أو ينحل فى مياه البحر.

ومع تزايد المساحات النباتية وصل تركيز الأكسجين فى الغلاف الجوى الى حوالى ١٠٪ من تركيزه الحالى قبل بليون سنة. وبتزايد تركيز الأكسجين تأمنت الحماية الكافية للحياة العضوية من الأشعة فوق البنفسجية، فازدهرت وترعرعت وساهمت بتزايد تركيز الأكسجين الى أن وصل الى مستوى كاف لظهور حياة نباتية على اليابسة حوالى ٤٠٠ مليون سنة قبل الآن، ووصل لتركيزه الحالى فى الغلاف الجوى منذ ٣٠٠ مليون سنة قبل الآن.

عصر الأركين

يمتد من ٣,٨٠٠ وحتى ٢,٥٠٠ مليون سنة مضت، مع إستمرار النشاط البركانى وإنتشار العديد من المناطق الساخنة فى كل مكان من الجزر القارية التى كانت تغطى سطح الكوكب كما فى شكل «٤» . وبتحليل الأبخرة المتصاعدة من فوهات البراكين فى أماكن مختلفة من الأرض اتضح أن بخار الماء تصل نسبته إلى أكثر من٧٠٪ من مجموع تلك الغازات والأبخرة البركانية، بينما يتكون الباقى من اخلاط مختلفة من الغازات التى ترتب حسب نسبة كل منها على النحو التالى: ثانى أكسيد الكربون، الإيدروجين، أبخرة حمض الأيدروكلوريك« حمض الكلور»، النيتروجين، فلوريد الإيدروجين، ثانى أكسيد الكبريت، كبريتيد



نسب تغيرات بعض الغازات الغلاف الجوى منذ بداية الارض

(شكل٣)

(شكل ٤)

الإيدروجين، غازات الميثان والأمونيا وغيرها. ويندفع كل من بخار الماء والغازات المصاحبة له والصهارة الصخرية إلى خارج فوهة البركان أو الشقوق المتصاعدة منها، مرتفعة إلى عدة كيلومترات لتصل إلى كل أجزاء نطاق التغيرات المناخية«٨ ـ ١٨ كيلومترا فوق مستوى سطح البحر»، وقد تصل هذه النواتج البركانية في بعض الثورات البركانية العنيفة إلى نطاق التطبق «٣٠ ـ ٨٠ كيلومترا فوق مستوى سطح البحر وغالبية مادة السحاب الحار الذى تتراوح درجة حرارته بين ٢٥٠, ٥٠٠ درجة مئوية يعاود الهبوط إلى الأرض بسرعات تصل إلى ٢٠٠ كيلومتر في الساعة لأن كثافته أعلى من كثافة الغلاف الغازى للأرض. وعلى ما يبدو إفتقر جو الحقبة من الأكسجين، تظهر درجات الحرارة بأنها كانت قرب المستويات الحديثة ضمن ٥٠٠ مليون سنة من تشكل الأرض،

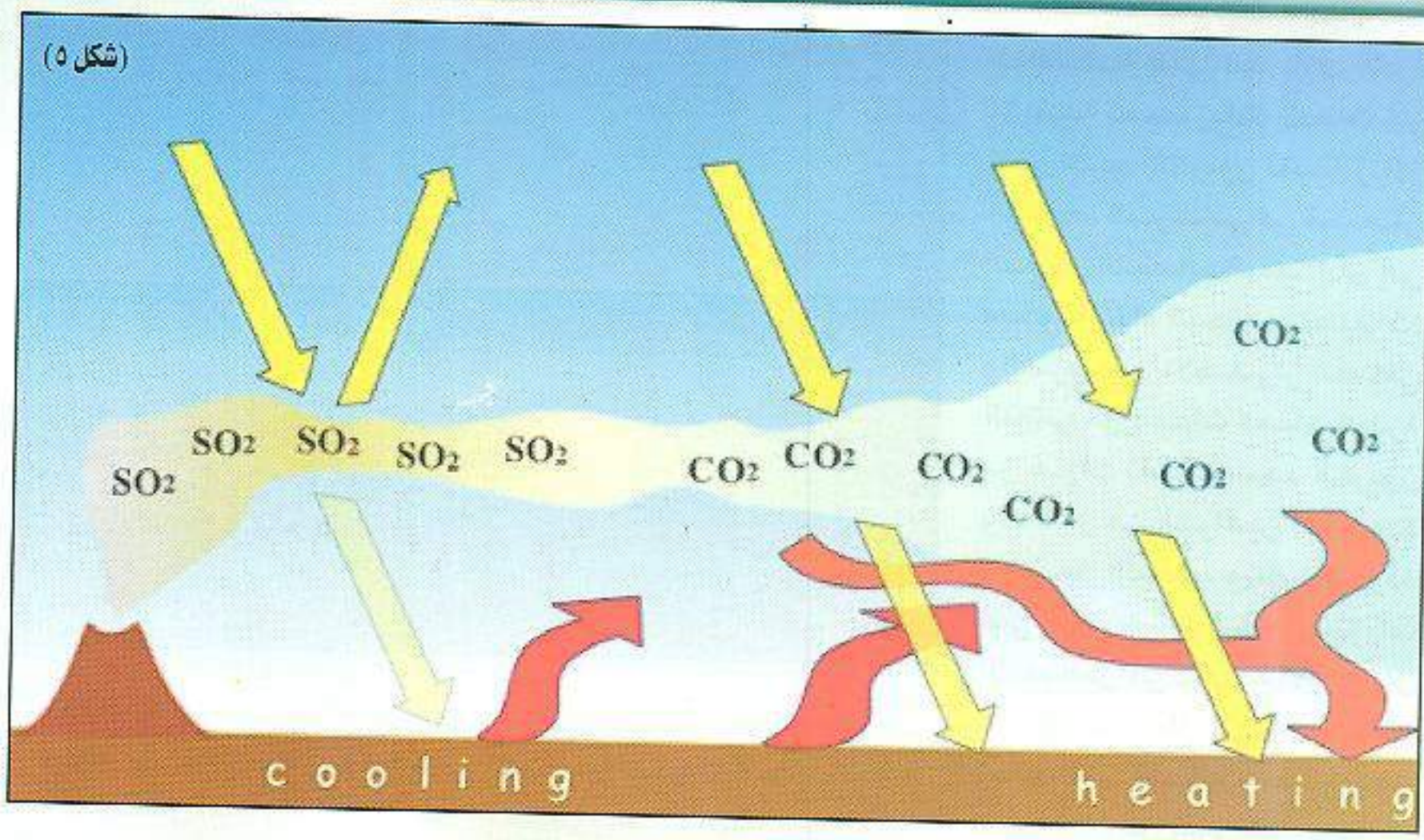
مع وجود للماء السائل، بسبب وجود الصخور الرسوبية المشوهة من صخور الكوارتز والصخور الاخرى. ويعتقد الفلكيون أن الشمس كانت أخفت بحوالى الثلث تقريبا مما عليه الآن، والتى ربما قد ساهمت فى إنخفاض درجات الحرارة عن المتوقّع.

وفى نهاية الفترة عند ٢,٦٠٠ مليون سنة مضت، أصبح نشاط الصفائح التكتونية مشابه للذى عليه الأرض الحديثة، وهناك أحواض رسوبية ودلائل محفوظة جيدا، وحدثت فجوات بين القارات وكذلك اصطدامات على إمتداد واسع عبر الكرة الأرضية، وهذه الأحداث التى ربما كونت قارة واحدة ، فقد ثبت من خلال التتابع الجيولوجى أن الفترات الدافئة التى انتابت الكرة الأرضية بسبب زيادة انبعاث غاز ثانى أكسيد الكربون نتيجة زيادة النشاط البركانى فى قيعان البحار الشمالية، مما أدّى إلى سخونة مياه البحار والمحيطات، والفرق بين الاحترار العالمى الناشئ من انبعاث كميات كبيرة من غازات ثانى أكسيد الكربون والميثان من البراكين الموجودة فى قيعان البحار، وتلك الموجودة على اليابسة- أن تركيز مستويات الأكسجين فى الحالة الأولى يقل فى الماء من أسفل إلى أعلى يقابله زيادة ثانى أكسيد الكربون والميثان فى نفس الاتجاه، ثم تنتقل دورة ثانى أكسيد الكربون والميثان من الماء إلى الهواء.

ونظراً لأن غاز ثانى أكسيد الكربون والميثان وبخار الماء لهم القدرة على امتصاص الأشعة تحت الحمراء تم إعادة توزيعها مرة ثانية إلى سطح الأرض- لذا فإنها تعد بمثابة مصايد للحرارة فى الغلاف الجوى، حيث ترفع بدورها درجة حرارة الغلاف الهوائى 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 البحار والمحيطات عند خط الاستواء أولاً ثم يعاد توزيع

(شكل ٥)



الطاقة الاستوائية نحو القطبين وكنتيجة لارتفاع درجة حرارة مياه البحار والمحيطات، فإن المياه تصبح أكثر دفئًا.

مكونات الغلاف الجوى الحالى:

يتكون الغلاف الجوى للأرض من مجموعة من الغازات يتخللها جسيمات دقيقة عالقة من الرمال والأتربة والرماد البركانى والأملاح الكيميائية «الإيروسول» التى لها تأثير فعال على التغيرات المناخية .

- غازات ثابتة النسبة فى الغلاف الجوى للأرض كالآتى «النيتروجين ٧٨,٠٨ ٪» ، «الأوكسجين ٢٠,٩٥ ٪».
- غازات متغيرة النسبة هى « الأرجون ٠,٩٢ ٪ » ، « ثانى أكسيد الكربون ٠,٠٢ ٪ » ، « الهليوم ٠,٠٠٠٥ ٪ » ، « الأوزون ٠,٠٠٠٠٦ ٪ » ، « الهيدروجين ٠,٠٠٠٠٥ ٪ » ، بخار الماء نسبته صغيرة جداً ومتغيرة دائماً، وغازات أخرى بنسب صغيرة جداً.

يمثل النيتروجين حوالى ٠,٠٠٢ ٪ فقط من الكرة الأرضية ككل، لكنه يمثل ٧٩٪ من غلافنا الجوى. وعلى العكس من ذلك، يوجد غاز الأكسجين بما يعادل ١٠٠٠٠ مرة أكبر من نسبة النيتروجين فى الكرة الأرضية ككل لكن يحتوى الغلاف الجوى على نسبة نيتروجين أكبر ٣ مرات من الأكسجين «يمثل الأكسجين حوالى ٢٠٪ من الغلاف الجوى وتمثل الغازات الأخرى ١٪ تقريبًا. لعل من أسباب هذا الخلل هو أن النيتروجين يصبح غير مستقر عندما يشكل جزء من البلورات فى المعادن الصخرية مثلاً. ومن الأسباب الأخرى أن النيتروجين عنصر خامل تمامًا لا يتفاعل مع العناصر الكيميائية الأخرى على عكس الأكسجين القابل للتفاعل مع المركبات الكيميائية .

المرجع:

Evolution of early earth's atmosphere by Hiyoshi ohmoto - Amayica