(وجعلنا من الماء كل شيء حي)

صدق الله العظيم

خلق سبحانه الماء وجعله للحياة سببا ، ولاستمرارها منهلا ... بالماء تنتعش الحياة ... وفى الماء ظهرت أول حياة ... وفيه تعيش حاليا معظم الأحياء حيث تنمو وتتكاثر ... ومن الماء تتشكل معظم أجسام الأحياء ، فإذا وجد الماء إزدهرت الحياة ، وحيثما يختفى الماء تختفى الحياة. ويعتبر الماء العامل الرئيسى مع عوامل أخرى فى وجود الحياة على الأرض دون سائر كواكب المجموعة الشمسية ، وهو كذلك عامل هام فى حدوث توازن بيئى على كوكب الأرض.

حاجة الأحياء إلى الماء تفوق حاجتها إلى غيره من المغذيات ، فيقدر ما يحتاجه الإنسان البالغ من الماء بحوالى كيلو جرامين يوميا مقابل احتياجه إلى كيلو جرام واحد من الغذاء. تتضح أهمية الماء لكافة الأحياء فى إرتفاع معدلاته بأجسامها حيث تتراوح نسبته فى أجسامها ما بين 60 إلى 90 % من أوزانها.

يلزم الماء لارتواء أجسام الكائنات الحية ، فهو مكون أساسى لكل خلية حية من خلاياها ، يعطى الخلية درجة من الإنتفاخ تمكنها من أداء كافة أنشطتها الحيوية. ويعتبر الماء مكونا رئيسيا لكافة الأوساط السائلة فى الكائن الحى كالدم والعصارات الهضمية فى الحيوانات ، وكالمحاليل الغذائية الجارية بكل من الخشب واللحاء ، كما

يوجد باللبن النباتى والعصير الخلوى والرحيق فى النباتات. كذلك فإن الماء يعمل كمذيب للغذاء ... يذيبه قبل أن يمتصه النبات ، ويذيبه بعد أن يأكله الحيوان خلال عمليات هضم الغذاء. وفى كافة الكائنات الحية يلزم الماء لنقل الغذاء ونواتج هضمه ... يوزعه داخل جسمه إلى حيث الحاجة إليه. كذلك فإن الماء يعمل كوسيط تنتقل خلاله بعض نواتج نشاط الكائن الحى غير المرغوب فيها والمطلوب التخلص منها لما لبقائها إضرار بحياته ، فيحدث ذلك عن طريق إفرازات الكلى والغدد العرقية والجهاز الهضمى فى الحيوانات ، وعن طريق الغدد الملحية فى بعض النباتات والحيوانات البحرية والفجوات المنقبضة فى بعض الكائنات الدقيقة.

من ذلك يتضح لنا الأهمية الكبيرة للماء فى وجود الحياة ، فقد كان الماء عاملاً هاماً عندما نشأت الحياة الأولى فى الماء ، ثم ظهرت الحياة بعد زمن طويل بالبر قريباً من الماء ، ثم بعيداً عنه. ومع ذلك فإن اعتماد أى كائن حى يعيش بالبر على الماء لا يقل عن إعتماد الكائن البحرى عليه.

لما ظهر الإنسان على الأرض كانت حياته قريبة من مصادر المياه ... يبحث عنها ويعيش ويستقر إلى جوارها ، ولهذا وجدنا أن معظم الحضارات الإنسانية ظهرت وإزدهرت بالقرب من الأنهار ، من ذلك حضارات قدماء المصريين والأشوريين والفرس وغيرها ، ومن هذا المنطلق كانت قولة المؤرخ هيرودوت الشهيرة بأن " مصر هبة النيل ".

قد يقول البعض بأهمية غاز الأكسوجين لنشأة حياة ، إلا أن هذا غير صحيح. فبعض الكائنات الدقيقة تعيش فى جو خال من الأكسوجين وقد يكون الأكسوجين عائقاً لمعيشتها ، بل إن الحياة الأولى بالأرض نشأت بعيداً عن الأكسوجين ولم يظهر الأكسوجين بوفرة بالأرض إلا بعد ظهور النباتات. توصف الكائنات التى تعيش فى جو خال من الأكسوجين بأنها كائنات لا هوائية. كذلك فإن من بعض أنسجتنا الحية ما يمكنه تحمل غياب الأكسوجين لبعض الوقت.

عندما يتوجه عالم فلكى بمنظاره المقرب إلى كوكب قريب فإنه عادة ما يتساءل إن كان بهذا الكوكب ماء وأكسوجين ، ذلك أن توفرهما بكميات مناسبة تعنى إحتمال وجود حياة مشابهة لحياتنا. ففى كوكبنا الأرضى الزاخر بالحياة تغطى المياه ثلاثة أرباع سطحه ، والربع الباقى ما بين جزء كبير مغطى بالثلوج وجزء آخر تعلوه معظم الأوقات سحب كثيف من بخار الماء ، وحيث لا توجد السحب فإن بخار الماء دائم الوجود بمعدلات مختلفة بالهواء.

حديثنا فى هذا الكتاب سوف يتركز على توضيح أهمية الماء للحياة تفسيراً لقول الخالق الكريم (وجعلنا من الماء كل شىء حى).

وقبل الدخول فى تفاصيل أهمية الماء للكائنات الحية سنبدأ حديثنا نحو شرح لماهية الماء.

obeikandl.com

obeikandl.com

الماء ، ماهيته

الماء النقى سائل عديم اللون والطعم والرائحة ، يتجمد على درجة الصفر المئوى متحولاً إلى ثلج ، ويغلى عند درجة 100 ° م متحولاً إلى بخار ماء ، ذلك تحت ظروف الضغط الجوى العادى.

تغطى المياه ما يزيد عن 70 % من سطح الأرض وتحتوى تلك المياه على حوالى 90 % مجمل الحياة الحيوانية بالأرض. والماء هو أكثر المواد وجوداً على سطح الأرض ، ويمثل 0.025 % من كتلة الأرض.

كان الإعتقاد السائد قديماً أن الكون يتكون من أربعة عناصر ثابتة ، وأن الماء هو أحد تلك العناصر ، أما باقى عناصر الكون فهى التراب والهواء والنار ، إلا أنه منذ ما يزيد عن قرنين من السنين اتضح أن الماء ليس عنصراً واحداً بل هو مادة مركبة تتكون من اتحاد أكثر عنصرين نشاطاً بالكون وهما عنصرى الإيدروجين والأكسوجين ، حيث يتركب جزىء الماء من ثلاثة ذرات ، ذرتان من الإيدروجين وذرة من الأكسوجين ، ويرمز للماء بالرمز H_2O حيث H ترمز الإيدروجين و O ترمز للأكسوجين.

عنصر الإيدروجين هو أخف عناصر الكون ، وهو عنصر غازى قابل للإشتعال ، رقمه الذرى * 1 ووزنه الذرى ** 1.008 حيث يتكون من بروتون واحد يدور حوله إلكترون واحد. يوجد الإيدروجين بنسب ضئيلة فى الفراغ الفسيح

---

* الرقم الذرى atomic number هو عدد البروتونات فى نواة الذرة.

** الوزن الذرى atomic weight هو الوزن النسبى لذرة عنصر مقارنة بوزن ذرة كربون وباعتبار وزن ذرة الكربون تعادل 12 .

بين المجرات والكواكب والأقمار ، ويوجد بنسب مرتفعة فى النجوم ، ذلك أنه مصدر الطاقات الهائلة التى تنبعث منها وتعطى ما حولها حرارة وضياء.

يعتقد أن الإيدروجين هو المادة الأولى ، أو أنه العنصر الأول الذى نشأ فى هذا الكون ، ومن الإيدروجين نشأت باقى عناصر الكون التى تتكون منها كافة الغازات والسوائل والجمادات. كذلك فإن الإيدروجين يدخل فى التكوين العنصرى لكافة أحياء الأرض.

الإيدروجين هو أكثر العناصر وجوداً فى الكون ، حيث يوجد بنسبة 92 % ، يليه فى ذلك الهليوم بنسبة 7.9 % ، ثم الأكسوجين بنسبة 0.05 % ثم النيون بنسبة 0.02 % ، أما باقى العناصر فتمثل معدلات ضئيلة للغاية.

يوجد الإيدروجين فى فراغ الكون بشكل ذرات متناثرة ، قد تتجاذب فتكون ضباباً إيدروجينياً ، وقد يزداد التجاذب ، فتنضغط الذرات وترتفع درجة حرارتها إلى درجات مرتفعة قد تصل إلى خمسين ألف درجة مئوية ، أى ما يعادل خمسمائة مرة درجة حرارة الماء عند غليانه. يزداد الإنجذاب والإنضغاط وتزايد الحرارة مؤدياً إلى حدوث إندماج نووى ، مشابهاً فى ذلك ما يحدث فى الشمس أو عند تفجير قنبلة نووية. ينتج عن تفاعل الإندماج النووى بين ذرات الإيدروجين تحول الإيدروجين إلى عنصر الهليوم. الهليوم عنصر غازى خامل لا يكون جزيئات ولا يتفاعل مع غيره من العناصر ، ويرمز إليه بالرمز He . الهليوم ثانى أكثر العناصر وجوداً فى الكون وثانى أخف عنصر حيث رقمه الذرى 2 ووزنه الذرى 4.003 ، إذ يحتوى فى مركزه على عدد 2 بروتون وعدد 2 نيوترون وتدور حول نواته 2 إلكترون. يؤدى الإندماج النووى إلى زيادة أخرى فى إرتفاع الحرارة فتصل إلى ما يزيد عن مائة مليون درجة مئوية ، وعند تلك الدرجة يتكون من الهليوم عنصر الكربون. الكربون عنصر صلب رقمه الذرى 6 ووزنه الذرى 12،

وهو عنصر هام يدخل فى التركيب العضوى لكافة الأحياء. وهكذا تستمر التفاعلات لتكوين باقى عناصر النجم الذى ينشأ من الضباب الإيدروجينى.

العنصر الثانى المكون للماء هو الأكسوجين ، وهو ثالث أكثر العناصر وجوداً فى الكون ، وأكثرها وجوداً بقشرة الأرض ، فهو يكون حوالى 47 % بالوزن من العناصر الداخلة فى تركيب القشرة الأرضية ، وإذا تم حساب ذلك بعدد الذرات نجد أن من بين 200 ذرة من مكونات القشرة الأرضية توجد 125 ذرة أكسوجين. الأكسوجين عنصر غازى نشط ، يساعد على الإحتراق ، رقمه الذرى 8 ووزنه الذرى 16. يكون الأكسوجين حوالى 20 % من الهواء الجوى ، وهو ضرورى للتنفس ، كما أنه يدخل فى التركيب العضوى لكافة الأحياء مشتركاً فى ذلك مع عنصرى الإيدروجين والكربون.

الماء هو المادة الوحيدة التى توجد بالأرض طبيعياً وعلى نطاق واسع فى صورها الثلاثة ، فتوجد كغاز فى صورة بخار مكونة جزءاً كبيراً من الغلاف الجوى. ويوجد معظم الماء فى الصورة السائلة فى المحيطات والبحار والأنهار والبحيرات. وقد قدر ما تحتويه المحيطات من مياه فوجد أنه يزيد عن ألف مليون كيلومتر مكعب ويوجد الماء فى صورته الصلبة بأعماق كبيرة فى القطبين الشمالى والجنوبى.

obeikandl.com

خصائص الماء المدعمة للحياة

للماء مميزات عديدة هيأت الأرض لكى تكون أهلا لإستقبال الحياة وإزدهارها وتنوع أشكالها ، فالماء مطلب أساسى لكافة الأحياء ، فقد جعل من كوكب الأرض بيئة مناسبة لذلك ، ويتبين ذلك فى الآتى :

أولا : يعمل الماء كعامل ملطف لجو الكرة الأرضية ، أو كمخزن حرارى للأرض ، وذلك لقدرته العالية على حفظ الحرارة. عند تعرض سطح الأرض لأشعة الشمس ، فإن التأثير الحرارى للأشعة الشمسية يبدو واضحا فى اليابسة ، ويقل ذلك كثيرا فى المسطحات المائية للبحار والمحيطات والبحيرات والأنهار ، وعند مغيب الشمس تفقد اليابسة كثيرا من حرارتها بسرعة ، فى حين يبطىء الفقد الحرارى من المسطحات المائية ، ولهذا نجد أن الفروق اليومية لدرجات الحرارة وكذلك الفروق الفصلية لذلك تكون كبيرة فى الأرض اليابسة وقليلة فى المسطحات المائية. لهذا فإننا نجد أن نسيم البحر الذى يهب على البر نهارا وصيفا يعمل على تلطيف جو البر وخفض حرارته ، وفى الليل والشتاء يعمل نسيم البحر على تدفئة جو البر.

وإذا أضفنا إلى تأثير مياه البحار على جو الأرض ، تأثير بخار الماء الموجود فى طبقة الغلاف الجوى ، نجد أن بخار الماء يعمل مع غيره من العوامل على الإحتفاظ بالحرارة ، ولهذا نجد أنه فى الأراضى الجافة والصحارى حيث يندر وجود بخار الماء فى أجوائها ، أن الأراضى الجافة تسخن بشدة خلال النهار كما تفقد حرارتها سريعا وتصبح شديدة البرودة خلال الليل ، وبذلك يظهر فرق كبير بين حرارتى النهار والليل ، فى حين تكون الفروق الحرارية بين النهار والليل قليلة فى المناطق الرطبة ، حيث تتكاثف السحب وتتوفر المياه.

ولولا وجود الماء على سطح الأرض وفى غلافها الجوى لبردت الأرض كثيرا منذ أزمنة جيولوجية بعيدة ولإختفت الحياة من وجه الأرض.

ثانيا : يعتبر الماء فى صورته السائلة أهم المذيبات السائلة المعروفة ولهذه الصفة أهمية خاصة فى تغذية الكائنات الحية ، ذلك أن الحياة الموجودة على الأرض تعتمد كليا على خاصية الإذابة. تغذية الكائن الحى واستفادته من الغذاء لا تحدث إلا بالإذابة ، سواء تم ذلك قبل تناول الغذاء كما فى النباتات التى تتغذى جزئيا من أملاح التربة المذابة فى ماء التربة ، أو تم ذلك بعد تناول الغذاء كما فى كافة الحيوانات والنباتات صائدة الحشرات التى تبتلع غذاءها ثم تهضمه بمساعدة الماء والأنزيمات الهاضمة ، ثم تذيب نواتج الهضم فى الماء حتى يمكنها امتصاص نواتج الهضم والاستفادة منها.

ثالثا : يتميز الماء عن غيره من السوائل المعروفة بالنطاق الحرارى الواسع لوسطه السائل ، والذى يقدر بمائة درجة مئوية ، وهو أكبر نطاق حرارى معروف بين كافة الأوساط السائلة ، ولهذا فإن إتساع النطاق الحرارى للماء السائل تمكن أنواع عديدة من الأحياء لتستفيد من الماء وفقا لدرجة الحرارة الملائمة لكل نوع.

رابعا: من الصفات العامة للمواد أنها تزداد كثافة وتقل حجما كلما إنخفضت درجة الحرارة المعرضة لها ، وأن إنتقال المادة من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة يصحبه حدوث زيادة فجائية فى الكثافة مع نقص واضح فى الحجم ، ويحدث مثل ذلك ولكن بدرجة أقل عند الإنتقال من الصورة السائلة إلى الصورة الصلبة ، بمعنى أنه بإنخفاض حرارة السائل وتجمده فإن الجزء المتجمد يكون أكثر كثافة من حالته السائلة ، مما يتسبب فى رسوب الجزء المتجمد فى قاع السائل. تلك القاعدة العامة، أى علاقة الحرارة بالكثافة والحجم لا تنطبق تماما على الماء ، ذلك أن الإنخفاض فى حرارة الماء السائل تؤدى إلى زيادة كثافته وقلة حجمه ، لكن لا تستمر تلك القاعدة ، حيث تنعكس عندما تصل درجة الماء إلى 4 ° م ، فإذا إنخفضت عن 4 ° م تبدأ كثافة الماء فى التناقص وحجمه فى التزايد ، ولهذا فإنه عند تجمد الماء على درجة الصفر المئوى نحصل على ثلج كثافته أقل من كثافة الماء السائل ، مما

يتسبب فى عدم رسوب الثلج أسفل الماء السائل ، كما يحدث فى السوائل الأخرى عند تجمدها بل يحدث العكس فيطفو الثلج فوق الماء السائل• كثافة الماء قبل تبخره على درجة 100 °م تكون 0.958 جم/سم^3 تصبح 0.965 جم/سم^3 عند 90 °م• تستمر كثافة الماء فى الزيادة حتى تصل أقصاها وتصبح 1 جم/سم^3 عند 4 °م ، بعدها تقل الكثافة قليلا بإستمرار النقصان فى درجة الحرارة لتصبح 0.9999 جم سم^3 عند الصفر المئوى حيث يتجمد الماء• ومن المعروف أن الجبال الجليدية العائمة والتى تكثر قريبا من القطبين يظهر منها فوق سطح الماء حوالى 8 % من جبل الثلج والباقى يكون مغمورا تحت الماء ، مما يمثل خطورة كبيرة على البواخر كما حدث للباخرة تيتانك Titanic فى اليوم الخامس لأول رحلة لها ، فى 14 أبريل سنة 1912 عندما إصطدمت بجبل ثلج عائم فى شمال المحيط الأطلسى ، ولم يكن الرادار الذى يكشف العوائق قد اكتشف بعد ، وتسبب الحادث فى غرق 1517 شخصا•

إن لشذوذ الماء عن القاعدة العامة للعلاقة بين درجات الحرارة والكثافة ، أهمية كبيرة فى إستمرار الحياة على الأرض ، ذلك أنه لو إنطبقت القاعدة العامة على الماء فتزداد الكثافة بصفة مستمرة بإنخفاض الحرارة ووصول الحرارة إلى الصفر فإن الثلج المتجمد الأكثر كثافة من الماء الذى أسفله سوف يهبط إلى القاع معرضا سطح الماء السائل للجو فيتجمد ويهبط ، وهكذا حتى يتم تجمد الماء كله ، وسوف يتسبب ذلك فى موت معظم أحياء الماء• أما ما يحدث فى الواقع نتيجة شذوذ القاعدة عند إنخفاض الحرارة عن 4 °م ، فإنه يتسبب فى أن ماء المسطح المعرض لحرارة الصفر أو ما دونها يتجمد ويبقى طافيا على السطح• ونظرا لأن الثلج عازل جيد للحرارة فإن طبقة الجليد السطحية تعمل على عزل الماء السائل أسفله عن الجو البارد أعلاه ، مما يبقى الماء أسفل الجليد سائلا حتى يحين وقت إسالة

الجليد بتحسن الجو فى الربيع ، وخلال الشتاء فإن الماء السائل أسفل السطح الثلجى يسمح لأحياء الماء بالبقاء حية والإنتقال من مكان إلى آخر ٠

خامسا : من خواص الماء الأخرى ذات الأهمية الكبيرة بالنسبة للنباتات ، هى خاصية قوة الإلتصاق والتماسك الشديدتين بين جزيئات الماء ، فبسبب تلك الخاصية نجد أن الماء الموجود بأوعية الخشب والحاملة للغذاء الممتص من الجذور تعمل كخيوط ممتدة من الجذور إلى الأوراق ، فعند حدوث فقد الماء من الأوراق بخاصية النتح يمكن شد خيط الماء إلى أعلى ، وقد يصل الماء فى إرتفاعه من الجذور إلى الأوراق إلى أكثر من عشرة أمتار ٠ وبهذا تحصل أجزاء النبات على إحتياجاتها من الماء والعناصر المغذية ٠

مياه ثقيلة

اكتشف العالم الكيميائى الأمريكى يورى H. Urey وجود نوع آخر من الماء بجانب الماء العادى ، عرف بالماء الثقيل heavy water ويتكون من إيدروجين ثقيل عرف بإسم ديوتريم deuterium يكون متحدا مع الأكسوجين بمعدل ذرتين ديوتريم مع ذرة أكسوجين فى كل جزىء ماء ثقيل ٠ تحتوى ذرة الديوتريم فى نواتها على بروتون واحد ونيوترون واحد ، لهذا فإن الرقم الذرى للديوتريم هو 1 كالأيدروجين العادى ، أما وزنه الذرى فهو ضعف الوزن الذرى للأيدروجين العادى ٠ تصل كثافة الماء الثقيل إلى أقصاها وهى 1.11 عند حرارة 11.6 ° م فى حين أن كثافة الماء الخفيف تصل أقصاها عند 3.98 °م ٠ يغلى الماء الثقيل عند حرارة 101.4 °م ٠ يوجد الماء الثقيل مختلطا مع الماء الطبيعى بمعدل جزىء ماء ثقيل لكل 6500 جزىء ماء طبيعى ٠

أخيرا ، تم إكتشاف نوع ثالث من الماء أثقل من الماء الثقيل المركب من الديوتريم والإكسوجين ، وأكثر ندرة فى الطبيعة ، يدخل فى تركيبه إيدروجين مشع يعرف بالتريتيم tritium ، ويتكون فى المفاعلات النووية حيث تتفاعل ذرتين ديوتريم ويتكون منهما ذرة تريتيم وذرة إيدروجين عادى.

$$_1H^2 + {}_1H^2 \longrightarrow {}_1H^3 + {}_1H^1$$

تحتوى نواة ذرة التريتيم على بروتون واحد وعلى 2 نيوترون ، والوزن الذرى للتريتيم يعادل ثلاثة أمثال الوزن الذرى للإيدروجين الطبيعى.

عند تعرض الديوتريم والتريتيم لدرجة حرارة 14 مليون درجة منوية يحدث الإتحاد النووى بين الذرتين وينتج عنهما عنصر الهليوم ويصحب ذلك إنطلاق طاقة هائلة ، وهذا ما يعتقد بحدوثه فى باطن الشمس.

obeikandl.com

نشأة الماء على الأرض

يقدر بعض علماء الجيولوجيا عمر الأرض بحوالى 4.5 إلى 5 بليون * سنة ، وكانت الأرض فى أعمارها الأولى متوهجة ، حرارتها شديدة الإرتفاع ، محاطة بسحب غازية كثيفة. فقدت الأرض خلال فترة برودتها الكثير من غازاتها التى إنطلقت إلى الفضاء المحيط ، تبقى البعض من تلك الغازات فى غلاف الأرض الجوى ، منها الإيدروجين والأكسوجين والأمونيوم وثانى أكسيد الكربون. إستمرت حرارة الأرض فى الإنخفاض حتى إذا وصلت حرارة الغلاف الغازى المغلف للأرض إلى 374.2 °م حدث إتحاد بين غازى الإيدروجين والأكسوجين وظهرت جزيئات الماء فى صور بخار. من ذلك الوقت بدأ بخار الماء فى التزايد بالغلاف الجوى ، وأصبحت الأرض مظلمة من كثافة السحب المغلفة لها. إستمر الإنخفاض فى درجات الحرارة ، حتى إذا قلت حرارة الغلاف الجوى عن 100 °م تحول بعض الماء من صورته الغازية إلى صورته السائلة ، وبدأت المياه السائلة تتساقط أمطارا ، إلا أن حرارة الغلاف الجوى بالقرب من سطح الأرض كانت أعلى درجة من درجة غليان الماء ، فكانت مياه الأمطار إذا ما وصلت قريبا من سطح الأرض تبخرت ثانية ، وهكذا إستمرت الأمطار فى السقوط داخل الغلاف الجوى دون وصول مياه الأمطار إلى سطح الأرض سنين طويلة.

برد سطح الأرض إلى أقل من 100 °م ، فوصلت مياه الأمطار إلى سطح الأرض ، وإستمرت الأمطار تتساقط بغزارة وبلا إنقطاع ، وحدث الفيضان العظيم وتدفق من الغلاف الجوى ما يقدر بحوالى 3.5 كوينتليون ** طن ماء. تجمعت مياه الأمطار المتدفقة فى المناطق المنخفضة من سطح الكرة الأرضية ، وبذلك ظهرت

---

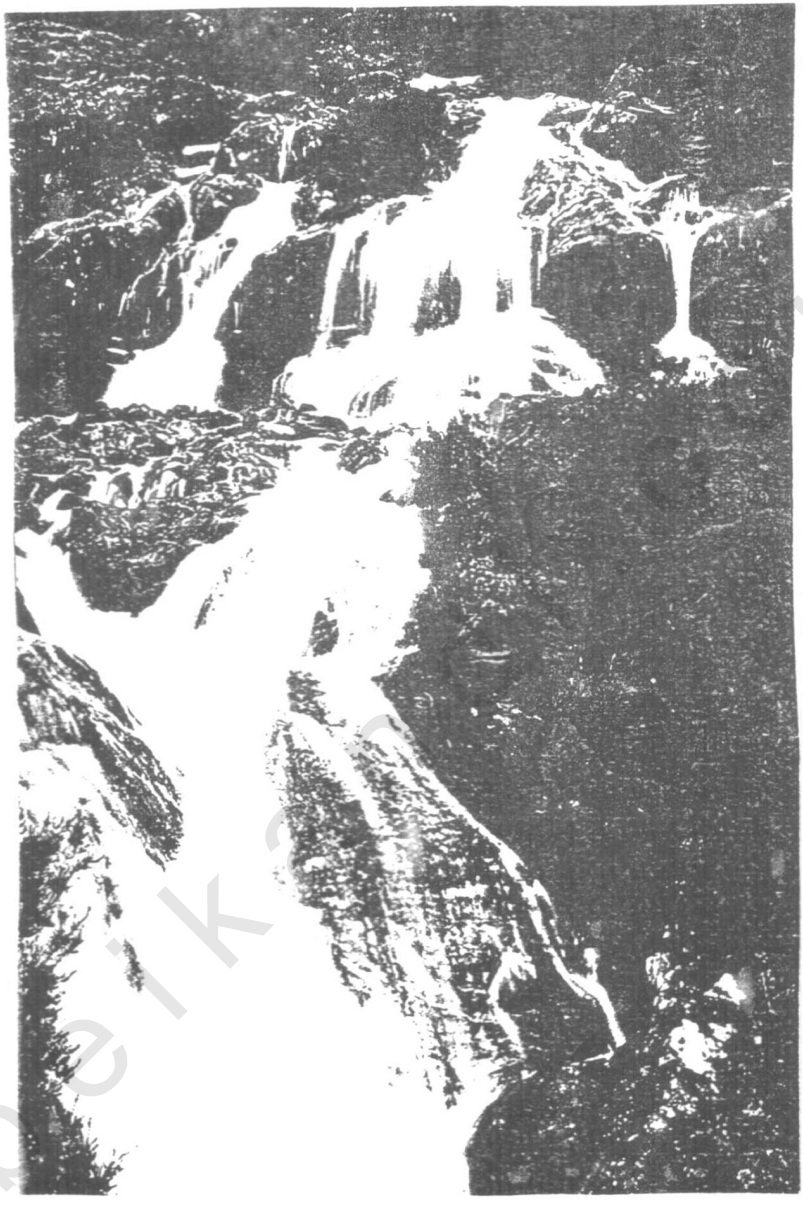
* بليون billion ، يعرف أيضا بالمليار وهو يعادل 1000 مليون ، أى 10^9

** كوينتليون quintillion ، يعادل مليون مليون مليون ، أى 10^{18} .

المحيطات والبحار والبحيرات والأنهار ، وكانت المياه جميعا عذبة تكاد تخلو من الأملاح ، وأثناء ذلك تخللت بعض مياه الأمطار شقوق الأرض وأخاديدها ، وبدأ الماء فى التجمع فى باطن الأرض. ويقدر علماء الجيولوجيا حدوث ذلك فى بداية حقبة ما قبل الكمبرى precambrian era منذ ما يقرب من 4000 إلى 4500 مليون سنة.

إنتهى الفيضان العظيم ، وظهر ضوء الشمس على سطح الأرض فى فترات عدم تجمع السحب وتساقط الأمطار. أدى تساقط الأمطار وتجمع الماء على سطح الأرض وفى باطنها إلى إحداث تغييرات فى طبيعة سطح الأرض. سقوط الأمطار على الجبال والمرتفعات تسبب فى نحر بعض الصخور وتفتيت أجزاء منها. ساعد الماء على نقل فتات الصخور من أماكنها فظهرت مجارى السيول التى تقابلت واتحدت فكونت أنهارا ، وسارت المياه فيها محملة بالغرين من قمم الجبال إلى المنخفضات حيث تجمعت فى بحيرات أو نقلت إلى البحار والمحيطات حيث ترسب فى قيعانها ما تحمله من مواد رسوبية. كذلك فإن إستقرار الماء فى الأراضى المنخفضة قد ساعد على تسويتها.

لو أن قوة نحر الماء تعمل بمفردها على سطح الأرض خلال الفترة الطويلة التى تساقطت فيها الأمطار بغزارة لأصبح سطح الأرض مستويا ولتغطى سطح الأرض كله بالماء ، لكن قوى طبيعية أخرى عملت على إختلاف تضاريس الأرض ، من ذلك أنشطة البراكين وحدوث الزلازل. خلال أزمنة جيولوجية قديمة كانت فيها الأرض غير مستقرة ، إرتفعت أجزاء من قيعان بعض الأحواض المائية الضخمة فظهرت جزر وجبال ، كما حدث هبوط فى أراضى يابسة وصارت مغطاة بالمياه ، وهذا يفسر وجود قواقع وأصداف بحرية متحجرة على إرتفاعات عالية تصل إلى خمسة آلاف متر فوق سطح البحر فى جبال الألب والهملايا وفى أراضى بعيدة عن البحار.



(شكل 1) : سقوط الأمطار على الجبال يؤدى إلى حدوث نحر وتفتيت للصخور ونقلها من أماكنها

تساقطت المياه من السماء فى صورة نقية ، وبمرورها على المعادن والأملاح المكونة لصخور القشرة الأرضية ذاب البعض منها فى الماء. بمرور السنين أصبحت مياه البحار مالحة ، وحاليا تحتوى مياه البحار والمحيطات فى المتوسط على 3.5 % من الأملاح ، معظمها كلوريد الصوديوم المعروف باسم ملح الطعام ، وبجانبه توجد أملاح كلوريد المغنسيوم وكبريتات البوتاسيوم والمغنسيوم والكالسيوم وغيرها. قدر مجموع ما تحتويه مياه المحيطات والبحار من أملاح بحوالى 47 تريليون * طن ، أى ما يكفى لتغطية سطوح القارات بطبقة سمكها مائة متر. ويعتقد أن نسبة الملوحة الكلية فى المحيطات قد ثبتت منذ ما يقرب من 200 مليون سنة ، إلا أن نسبة الصوديوم إلى البوتاسيوم قد تغيرت كثيرا فبعد أن كانت نسبتها 1 : 1 أصبحت 28 : 1. تشكلت الأملاح الحالية الموجودة بالبحار والمحيطات بعد عديد من التفاعلات الكيميائية التى حدثت بين الماء والصخور الرسوبية التى نتجت عن تفتت الصخور النارية بفعل الأمطار ووصولها إلى البحار والمحيطات. كذلك فإن ظهور أحياء الماء أدى إلى إحداث تغييرات فى تركيبات تلك الأملاح ، من ذلك ما تفعله بعض الأحياء البحرية من استخلاصها لأملاح الكالسيوم الذائبة فى الماء لتصنع منها أصدافها وهياكلها وشعبها المرجانية.

* تريليون trillion ، تعادل مليون مليون ، أى 10^{12}

obeikandl.com

نشأة الحياة على الأرض

إنتهى الفيضان العظيم ... إنخفضت حرارة سطح الأرض ... لازالت السحب كثيفة ... البرق يخطف الأبصار ، ولا أحد يبصر ... الرعد يصم الآذان ، ولا أحد يسمع ... أحواض ضخمة من الماء غطت معظم سطح الأرض ، لكن الأرض لازالت مضطربة ... الزلازل عنيفة كثيرة ... قشرة الأرض تتحرك بشدة ... البراكين عديدة وثائرة ، تخرج الحمم من فوهاتها وتنبعث معها غازات تدخل فى تشكيل الغلاف الجوى الذى تكون معظمه آنذاك من بخار الماء والميثان والأمونيا والإيدروجين. كان ذلك منذ حوالى 3000 مليون سنة ، فى الحقبة الجيولوجية العتيقة الخالية من الحياة Azoic era .

إعتقد هارولد يورى H. Urey مكتشف الماء الثقيل أن الحياة الأولى ظهرت فى الماء تحت الظروف البيئية التى سادت فى نهاية الحقبة اللا حياتية ، فدعى تلميذه ستانلى ميللر S. Miller سنة 1953 إلى إجراء تجربة لمعرفة ما يمكن حدوثه من تفاعلات تحت تلك الظروف. أحضر ميللر وعاء زجاجى معقم ووضع بداخله مزيج من غازات بخار ماء وميثان وأمونيا وإيدروجين ، والتى يعتقد أنها أهم الغازات المكونة للغلاف الجوى فى الأرض الخالية من الحياة عقب الفيضان العظيم. أحكم ميللر غلق الوعاء الزجاجى ، ثم عرض المزيج الغازى داخل الوعاء لشرارات كهربائية تمثل حدوث البرق. إستمرت التجربة لمدة سبعة أيام ، فتح بعدها الوعاء ، وكانت المفاجأة تكون سائل لزج بنى يحتوى على تركيز عالى من الحمضين الأمينيين amino acids جليسين glycine والألانين alanine . أجريت بعدها تجارب أخرى بعد إدخال تعديلات فى ظروف التجربة فأمكن إنتاج أنواع أخرى من الأحماض الأمينية. الأحماض الأمينية هى مركبات عضوية معقدة يدخل فى تركيبها الكربون ومصدره الميثان ، والإيدروجين الذى يدخل فى تركيب

كل من بخار الماء والميثان والأمونيا إضافة إلى الإيدروجين الحر ، والأكسوجين ومصدره بخار الماء والنيتروجين ومصدره الأمونيا. من الأحماض الأمينية تتكون البروتينات وهى مكونات أساسية لكافة المخلوقات الحية. فى ضوء تجربة يورى وميللر نشأ الإعتقاد بأن البحار العتيقة الدافئة التى تكونت عن الفيضان العظيم ، والتى كانت مياهها نقية فى المبدأ ثم أصبحت بعد فترة من الزمن غنية بالأحماض الأمينية ، ويرى البعض أنها كانت غنية أيضا بالأحماض النووية nucleic acids بجانب إحتوائها على قليل من غاز ثانى أكسيد كربون ، وغناها بأملاح البوتاسيوم والكالسيوم والكبريت والفوسفور ، هى مكان ظهور الحياة الأولى.

فى مياه البحار الدافئة الغنية بالمواد العضوية ظهرت الحياة الأولى على وجه الأرض ، ومن رأى علماء الجيولوجيا أن حدوث ذلك تم فى حقبة الحياة الأولى Proterozoic era ، وأن الحياة الأولى تشكلت فى صورة كائنات غير خلوية غاية فى البساطة ، أشبه بالفيروسات المعروفة حاليا إلا أنها كانت رمية. الفيروسات الحالية عبارة عن أحماض نووية مغلفة عادة ببروتينات ، ولا تنشط الفيروسات إلا داخل كائنات حية فهى من المتطفلات.

إعتمدت الكائنات الأولى البدائية فى تغذيتها ونموها وتكاثرها على المواد العضوية الذائبة فى المياه العتيقة الدافئة ، واستمدت الطاقة اللازمة لنموها وتكاثرها من تفاعل تخمر المواد العضوية الذى ينتج عنه تكون ثانى أكسيد كربون وكحول.

بعد مرور أزمنة ظهرت كائنات رهيفة وحيدة الخلية حساسة للضوء. لا هى بالنباتية ولا هى بالحيوانية. مع زيادة فترات سطوع الشمس ظهرت من الكائنات الخلوية الأولى طفرات تحتوى على مادة الكلورفيل الخضراء ، لكنها كانت خالية من النواة ، أشبه بالطحالب الزرقاء المخضرة الموجودة حاليا. قامت تلك النباتات البدائية الخضراء الوحيدة الخلية بعملية التمثيل الضوئى بعد أن توفرت كافة متطلباتها من ضوء الشمس وغاز ثانى أكسيد الكربون ، فكانت تسحب من الجو غاز

ثانى أكسيد الكربون وتفاعله مع إيدروجين الماء ومع طاقة مستمدة من أشعة الشمس، مكونة منها موادا كربوإيدراتية تبدأ عادة بسكر أحادى ، وفى نفس الوقت إنطلق فى الجو نتيجة لهذا التفاعل غاز الأكسوجين ، ويتمثل ذلك فى المعادلة التالية:

ثانى أكسيد كربون + ماء ← ضوء الشمس — سكر أحادى + أكسوجين

$$6\,O_2 + C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{sunlight}} 6\,H_2O + 6\,CO_2$$

جزء من السكر المتكون إستفادت منه تلك الكائنات فى الحصول على الطاقة اللازمة لقيامها بأنشطتها المختلفة. من ذلك الوقت أخذ الأكسوجين فى التزايد بالجو، وبدأ غاز ثانى أكسيد الكربون فى التناقص ، وبدأت الكائنات الأولى اللا هوائية فى التناقص ، حيث أن الأكسوجين يعتبر ساما لها. كذلك فإن تجمع الأكسوجين فى الغلاف الجوى بدأ ينتج عن بعضه غاز الأوزون الذى حمى الكائنات الحية من تأثير الأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس ، وساعد ذلك على ظهور الحياة فى المياه الضحلة ثم إنتقالها إلى الأرض فى أزمنة لاحقة. وقد أمكن تسجيل آثار للحياة البدائية فى صخور بداية حقبة ما قبل الكمبرى والتى بدأت منذ حوالى 4200 إلى 4600 مليون سنة وإنتهت منذ ما يقرب من 570 مليون سنة. وتوجد دلائل على أن الحياة فى صورة كائنات دقيقة كانت موجودة منذ حوالى 3800 مليون سنة.

بدأت الحياة بدائية بسيطة ، ثم تدرجت فى الرقى والتعقيد ، فظهرت كائنات نباتية وحيوانية وحيدة الخلية ، وذات نواة مميزة. إزدادت أعداد الخلايا فى الكائنات الحية النباتية والحيوانية ، ويعتقد أن الاسفنجيات كانت أول حيوانات متعددة الخلايا ظهورا ، ومن النباتات ظهر تعدد الخلايا بين الطحالب الخضراء وكان ذلك فى حقبة ما قبل الكمبرى. بعد ذلك بدأ ظهور التخصص فى خلايا أنسجة الكائن الحى.

عاشت كافة الكائنات الحية فى الماء حتى فجر الحقبة الإبتدائية Palaezoic era فى الفترة السيلورية Silurian period ، منذ حوالى 430 مليون سنة ، حين ظهرت أول حياة نباتية على اليابسة. تأخر ظهور الحياة الحيوانية على الأرض اليابسة بحوالى 20 مليون سنة وذلك فى الفترة الديفونية Devonian period عندما ظهرت البرمائيات.

obeikandl.com

دورة الماء على الأرض

إهتم الإنسان منذ قديم الزمان بالبحث عن الماء العذب ، أى الماء الخالى من الملوحة أو المحتوى على قليل منها ، وهو الماء الذى لا يمكن الإستغناء عنه سواء للإنسان أو لحيواناته المستأنسة أو لمزروعاته أو لنمو المراعى الطبيعية.

إحتار الإنسان قديما فى معرفة مصادر المياه الجارية بالأنهار والتى تمده بإحتياجاته يوما بعد آخر ، وسنة بعد أخرى ، تقل كميات المياه بالأنهار وتقل سرعة جريانها فى فصول معينة ، وتزداد مياهها وتفيض كما تزداد سرعة جريانها فى فصول أخرى. كذلك فقد إحتار الإنسان أيضا فى مصادر عيون المياه المتدفقة ، والتى قد يكون تدفقها مستمرا وقد يكون متقطعا. تلك المياه قد تخرج من باطن الأرض باردة وقد تخرج منها ساخنة.

علمنا أن مياه البحار والمحيطات والأنهار ومعظم المياه الجوفية نشأت أثناء وبعد الفيضان العظيم فى عصور جيولوجية قديمة. هل إستقرت المياه فى أماكنها عقب تساقطها وتجمعها ؟ كلا. فالمياه دائمة الحركة ، تنتقل من وضع إلى آخر ، وتتغير من صورة إلى أخرى. مياه البحار والمحيطات مالحة ، ثم تصبح خالية من الأملاح عند تبخرها حيث تتجمع فى السحب وتتساقط أمطارا ، تجرى بعد ذلك أنهارا ذات مياه عذبة أو تتعمق تلك المياه فى باطن الأرض.

المياه العذبة الموجودة عالميا قليلة نسبيا إذا ما قورنت بمجمل المياه بالعالم ، فهى لا تتعدى 3 % من مجموع المياه. ورغم قلة المياه العذبة فإن 77 % منها تقريبا مثبتة فى القطبين الجنوبى والشمالى فى صورة جليد ، أى أن المياه العذبة الصالحة لأحياء اليابسة لا تتعدى 0.7 % من مجمل مياه الكرة الأرضية.