

الجزء الأول

البيوسفيرا

من المؤلف

رغم وجود كم هائل من المؤلفات الجيولوجية، إلا أنه لا وجود لدراسات عن البيوسفيرا، التي تعد وحدة متكاملة، وتجلياً طبيعياً خاضعاً لقوانين ثابتة لآلية الكوكب، ولقسمه الأعلى: القشرة الأرضية.

عادةً تترك قوانين كينونتها من دون اهتمام. وينظر إلى الحياة كظاهرة حدثت مصادفة على الأرض، وبسبب ذلك يغيب عن أفقنا العلمي تأثير ما هو حي على مجرى العمليات التي تحصل على الأرض والذي يتجلى في كل لحظة، كذلك يغيب عن أفقنا العلمي تطور الحياة غير العشوائي والتشكل غير العشوائي على سطح الكوكب، وعلى حدوده مع الفضاء الكوني، وعلى الأخص القشرة الخاصة المشبعة بالحياة: البيوسفيرا.

ويرتبط هذا الوضع للمعارف الجيولوجية بشكل وثيق بتصور خاص تكون عبر التاريخ عن الظواهر الجيولوجية كجملة تجليات لأسباب ثانوية، ولتجميع المصادفات، ويغيب عن وعينا العلمي تصور عن الظواهر الجيولوجية، كظواهر كوكبية لا تخص قوانينها أرضنا فحسب، وتصور عن بنية الأرض كآلية أجزاءها متسقة بانسجام، وتجب دراسة خصوصياتها بترابط وثيق مع تصورها كوحدة متكاملة.

في الجيولوجيا عموماً، وفي الظواهر المتعلقة بالحياة، تجري دراسة الخصوصيات والأجزاء، ولا ندخل في مهام البحث العلمي دراسة الآلية المسؤولة عن هذه الخصوصيات. وعندما لا توضع نصب العين ولا يدرك وجودها، فإن الباحث حتماً سيمر متجاوزاً تجلياتها التي تحيط بنا في كل مكان.

في هذه الدراسات حاول المؤلف أن ينظر بشكل مختلف إلى المعنى الجيولوجي لظاهرة الحياة.

هو لا يضع أي فرضيات. إنه يحاول أن يقف على أرض صلبة راسخة، معتمداً على التعميمات التجريبية. يستند إلى وقائع دقيقة لا شك فيها، ويحاول أن يصف المظهر الجيولوجي للحياة، وأن يرسم صورة للعملية الكوكبية الجارية حولنا.

لكنه خلال ذلك نحى جانباً ثلاثة أفكار مسبقة، التي يبدو له أن تسريها الواضح تاريخياً إلى الفكر البيولوجي يناقض التعاميم التجريبية الموجودة في العلم، وهي الإنجازات الأساسية لعالم الطبيعيات.

إحدى هذه الأفكار، التي أشير إليها أعلاه، هي فكرة أن الظواهر البيولوجية تطابق عَرَضِي للأسباب العشوائية (العمياء) بطبيعتها أو التي تبدو عشوائية لتعقيدها وكثرتها، والتي لا يمكن تحليلها بالفكر العلمي في الحقبة الحالية.

هذا التصور المسبق المؤلف في العلم يرتبط جزئياً بالفهم الفلسفي - الديني للعالم، وبصورة رئيسية هو نتيجة للتحليل المنطقي المنقوص لأسس المعرفة التجريبية.

الأفكار المسبقة الأخرى المنتشرة في الأعمال البيولوجية تبدو للمؤلف مرتبطة بالكامل بجملة أفكار غريبة عن الأساس التجريبي للعلم دخلت دخلت عليها من من الخارج. من جهة يتم، منطقياً، قبول الوجود الحتمي لبداية الحياة، وظهورها في هذه المرحلة أو تلك من ماضي الأرض البيولوجي. هذه الأفكار دخلت إلى العلم من البحوث الدينية الفلسفية. ومن جهة أخرى، وبشكل غير قابل للنقض، فإن انعكاس مرحلة تطور الكوكب قبل البيولوجية في الظواهر البيولوجية، والتي تمتلك مظهراً يختلف بشدة عن ذلك الذي يخضع لدراستنا العلمية يعتبر منطقياً. وكذلك فإن الوجود القديم للمرحلة النارية السائلة والغازية، على وجه الخصوص، يعتبر منطقياً أيضاً. هذه التصورات دخلت إلى البيولوجيا من مجالات الفلسفة المبثية على الحدى والاستقصاء في علوم نشأة الكون.

يعتبر المؤلف الحتمية المنطقية لاستنتاجات من هذه الأفكار خداعاً، وأن أخذ هذه الاستنتاجات بعين الاعتبار في هذه اللحظة من تطور البيولوجيا يعدّ ضاراً، كاجراً ومقيداً للعمل العلمي. ومن دون أن يحتم مسبقاً وجود آلية الكوكب، ووجود أجزائه المتناسقة بانسجام كوحدة متكاملة، فقد حاول أن يحيط من وجهة النظر هذه جملة حقائق موجودة تجريبياً ومثبتة علمياً، وأن يصل، عن طريق هذه الإحاطة، إلى أنه هذا التصور يطابق الانعكاس البيولوجي للحياة إلى حد كبير. لقد بدا له أن وجود آلية الكوكب، التي تدخل فيها البيوسفير كإحدى مكونات الحياة المحددة ولا سيما مجال تجليها، يستجيب لكل ما لدينا من مادة تجريبية ويستتبط حتماً من التحليل العلمي للتجربة.

لم يعتبر المؤلف، منطقياً، حتمية افتراض بداية الحياة وانعكاس مراحل التطور الكونية للكوكب في الظواهر الجيولوجية وخصوصاً وجود الحالة النارية - السائلة، أو الغازية الساخنة للكوكب، لذلك فهو يهملها ويخرجها من الاعتبار. وهو عندما لم يعثر على أي أثر لتجليها في المادة التجريبية المتاحة للدراسة، لذلك يعتقد أنه في الإمكان اعتبار هذه التصورات إضافات غير لازمة منافية للتعاميم التجريبية الضخمة والمتينة. بالتحليل التالي لتلك التعاميم والتركيب النظري المرتبط به يجب أن نترك جانباً الفرضيات الفلسفية والكونية، التي لا تجد مستنداً في التعاميم التجريبية والتحليل العلمي. يجب البحث عن شيء جديد. المقاتلان المطبوعتان - «البيوسفيرا في الكون» و«مجال الحياة» - مستقلتان عن بعضهما، لكنهما مرتبطتان بشكل وثيق وفق وجهة النظر المبينة أعلاه، وقد برزت ضرورة معالجتهم بالنسبة إلى المؤلف أثناء عمله على ظواهر الحياة في البيوسفيرا، هذا العمل الذي يثابر عليه بإصرار منذ العالم 1917⁽¹⁾.

فرنادسكي

براغ، شباط 1926

1- يتم نشر كل من المقاتلين مع إضافات المؤلف، التي وضعها للطبعة الفرنسية عام 1929 ملاحظة الناشر الروسي-

المقالة الأولى

البيوسفيرا في الكون

النظام المحكم في كل شيء. انسجام تام في الطبيعة

ف. تيوتشيف 1865

البيوسفيرا في الوسط العالمي

1- فريد من نوعه، ذو شكل خاص، مختلف، لا يتكرر في أجسام سماوية أخرى؛ هكذا يظهر لنا وجه الأرض، إذا نظرنا إليه من الفضاء الواسع اللامتناهي. نميز على وجه الأرض سطح كوكبنا البيوسفيرا، المجال الخارجي، الذي يفصلها عن الوسط الكوني. يصبح وجه الأرض مرئياً بفضل الإشعاع الضوئي للنجوم الذي يخترقه وبشكل رئيس إشعاع الشمس. إنه يجمع من الفضاءات السماوية عدداً لا منتهياً من الإشعاعات المختلفة، التي يُرى قسم ضئيل منها وهو الإشعاع الضوئي. حتى الآن لا نعرف سوى القليل من الإشعاعات غير المرئية. فنحن بدأنا للتو إدراك تنوعها، وفهم قصور تصوراتنا عن عالم الإشعاعات، الذي يحيط بنا ويخترقنا في البيوسفيرا، وفهم قيمتها الأساسية في العمليات المحيطة بنا، التي بصعوبة يدركها العقل، الذي اعتاد صوراً مختلفة للخلق.

إن إشعاعات الوسط غير المادي لا تحيط بالبيوسفيرا فحسب، بل بالفضاء المتاح والمتصور كله. من حولنا، في ذواتنا، من كل مكان وفي كل مكان، دون انقطاع، وعلى الدوام تحل إحداها محل الأخرى. وتتصادم وتتطابق إشعاعات مختلفة أطوال الموجة من أمواج بطول جزء من عشرة ملايين جزء من المليمتر، حتى أمواج بطول يقاس بالكيلومترات يمتلئ بها الفضاء كله. من الصعب، وربما من المستحيل علينا أن نتخيل شكل هذا الوسط، وسط العالم الفضائي، الذي نعيش فيه، والذي نميز

ونقيس، تبعاً لتحسن وسائل البحث، في ذات الزمان وذات المكان، إشعاعات جديدة باستمرار. الامتلاء الدائم للفضاء بها يميز بحدة الوسط الفضائي منزوع المادة عن الفضاء الهندسي المثالي.

إنها - إشعاعات مختلفة الأنواع. تظهر تغير الوسط والأجسام المادية الموجودة فيه. بعضها يرتسم لنا على شكل طاقة - تناقل الحالات. لكن إلى جانبها وفي الفضاء الكوني ذاته، كثيراً وبسرعة من نفس المستوى، تمر إشعاعات أخرى ناقلة بسرعة جسيمات منفصلة متناهية في الصغر، وأكثر ما تمت دراسته منها بالإضافة إلى الإشعاعات المادية، الإلكترونات، ذرات الكهرباء، الأجزاء المكونة لعناصر المادة - الذرات.

هذان وجهان للظاهرة نفسها بينهما توجد ممرات. تناقل الحالات هو عبارة عن مظهر لحركة الجموع، سواء كانت كوانتات، الكترونات، مغناطيسية أو شحنات. إن حركة عناصر منفصلة منها ترتبط بالكحوم (الجموع). وهي يمكن أن تبقى في مكانها.

إشعاع الجسيمات هو مظهر انتقال عناصر منفصلة من الجموع. هذه الجسيمات كالإشعاعات مرتبطة بتناقل الحالات، تستطيع المرور عبر الأجسام المادية المكونة للعالم. ويمكنها أن تشكل منابع حادة لتغير الظواهر المرئية في الوسط التي تقع فيه، كما تكون أشكال الطاقة عبارة عن تلك الجسيمات.

2- إننا الآن بعيدون عن أية معرفة مقبولة بها ونستطيع في مجال الظواهر الجيوكيميائية للبيوسفيرا إلى حين أن نهمل إشعاع الجسيمات.

إلا أنه يجب علينا في كل خطوة أن نأخذ بالحسبان في كل إنشاءاتنا إشعاعات تناقل الحالات، والتي تعتبر بالنسبة إلينا أشكالا للقدرة. حسب شكل الإشعاع، نخص مثلاً حسب طول أمواجها، سوف تتجلى لنا كضوء، حرارة، كهرباء، تغير بصور مختلفة الوسط المادي وكوكبنا والأجسام التي يتكون منها الكوكب. انطلاقاً من دراسة طول الأمواج، يمكن أن نميز مجالاً ضخماً لتلك الإشعاعات، يضم الآن قرابة أربعين أوكتافاً⁽¹⁾. يمكن أن نحصل على تصور واضح عن هذا العدد، إذا تذكرنا أن القسم المرئي من الطيف الشمسي كله يبلغ أوكتافاً واحداً. واتضح أننا لم نصل في هذا

1- أوكتاف مقياس المجالات الصوتية ويستخدم لمجالات الأمواج.

الشكل إلى الإحاطة الكاملة بالعالم، إلى معرفة كل الأكتافات. أكثر فأكثر يتسع مجال الإشعاعات مع حركة الإبداع العلمي.. إلا أنه في تصورنا العلمي للفضاء، في إنشاءاتنا العادية للعالم، يدخل القليل من تلك الأربعين أوكتافاً، التي لا مجال للشك في وجودها. ما يستقبله كوكبنا من إشعاعات، سنرى بيوسفيراها تتوضع بحدود أربعة أوكتافات ونصف من الأربعين التي نعرفها. ويبدو لنا غريباً جداً غياب بقية الأوكتافات في فضاء العالم، نعتبر هذا الاختفاء ظاهرياً، ونفسره بامتصاص الوسط المادي المتدخل في الطبقات العالية من الغلاف الجوي لها. من أجل أكثر الإشعاعات الكونية شهرة - أشعة الشمس - لدينا أوكتاف واحد للإشعاعات الضوئية.

ثلاثة أوكتافات حرارية.

ونصف أوكتاف فوق بنفسجي. وبالتأكيد فإن هذه الأخيرة عبارة عن شكلية صغيرة سمحت الستراتوسفيرا⁽¹⁾ بمرورها (114).

3- الإشعاعات الكونية تصب دوماً ودون انقطاع سيلاً جباراً من القوى، يجعل أجزاء الكوكب المتاخمة للفضاء الكوني ذات طبيعة جديدة ومتميزة تماماً. تحصل البيوسفيرا بكل بنيانها بفضل الإشعاعات الكونية، على خواص جديدة غير عادية ومجهولة بالنسبة إلى المادة الأرضية. وتنعكس البيوسفيرا على وجه الأرض في الوسط الكوني، فيظهر وجه الأرض صورة «جديدة» لسطح الأرض بدلتها القوى الكونية. مادة البيوسفيرا بفضل الطاقة التي تخترقها، تصبح فعالة، تجمع وتوزع الطاقة المكتسبة على شكل إشعاعات في البيوسفيرا. وتحولها في نهاية الأمر إلى طاقة حرة في الوسط الأرضي قادرة على إنتاج عمل.

القشرة الأرضية التي شكلتها مادة البيوسفيرا لا يمكن اعتبارها في هذه الحال كمجال للمادة فحسب، إنها مجال الطاقة، منبع التبدلات في الكوكب بواسطة القوى الكونية الخارجية.

وجه الأرض يتغير بواسطة تلك القوى، وهي إلى درجة كبيرة تصنعه. وهو ليس انعكاساً لكوكبنا فحسب، ومظهراً لمادته وطاقته - إنه في الوقت نفسه يشكل بناءً صنعه قوى الكون الخارجية.

1- الستراتوسفيرا طبقة الغلاف الجوي المحتوية على الأوزون بكثافة.

بفضل ذلك يختلف تاريخ البيوسفيريا بحدّة عن تاريخ بقية أجزاء الكوكب، وأهميتها في آلية الكوكب استثنائية تماماً. هي بنفس الدرجة إن لم نقل بدرجة أعلى بناءً صنّعه الشمس، كما تظهر عمليات الأرض أيضاً. الحدس القديم للتكوين الديني العظيم للإنسانية عن مخلوقات الأرض، خاصة عن البشر كأبناء الشمس، أقرب إلى الحقيقة مما يفكر هؤلاء، الذين يرون في مخلوقات الأرض مجرد تكوين عابر صنّعه تغيرات عمياء وعشوائية للمادة الأرضية، والقوى الأرضية.

مخلوقات الأرض ظهرت نتيجة تكوين عملية كونية معقدة، إنها المكون الضروري والقانوني للآلية الكونية المنتظمة، والتي لا مكان فيها، كما نعلم، للمصادفات.

4- إلى الاستنتاج ذاته تقودنا تصوراتنا المتغيرة بحدّة في السنوات الأخيرة عن المادة المكونة للبيوسفيريا. انطلاقاً من هذه التصورات لا مناص من أن نرى في مادة البيوسفيريا تجلياً للآلية الكونية.

هذا لا يشكل أبداً نتيجة لأن جزءاً من مادة البيوسفيريا، ربما كان الجزء الأكبر، من منشأ غير أرضي، يسقط على كوكبنا من الخارج، من الفضاءات الكونية، لأن المادة القادمة من الخارج - الغبار الكوني أو النيازك - لا تختلف في بنائها الداخلي عن الأرضية.

ما هو غير مفهوم وغير واضح لم يزل كثيراً في الطبيعة غير المتوقعة لبنائها الذي يتكشف لنا الآن. لم نبلغ بعد تصوراً محدداً وتاماً عنها، إلا أن التغيرات الحاصلة في تصوراتنا عنها كبيرة وتغير لدرجة كبيرة كل فهمنا للظواهر الجيولوجية، ما يجعل من الضروري التوقف قبل كل شيء، عند أول دخول لنا في هذا المجال من الظواهر الأرضية.

بلا شك لا يقتصر تطابق بنية المادة الكونية مع بنية المادة الأرضية على البيوسفيريا - الغلاف الخارجي الرقيق للكوكب. فهي ذاتها بالنسبة إلى كل القشرة الأرضية وتشمل الغلاف الصخري (الليثوسفيريا) بسماكة 60-100 كم حيث يلتحم القسم الأعلى منها تدريجياً مع البيوسفيريا (انظر 2).

لا يجوز الشك بأن مادة الأجزاء الأكثر عمقاً من الكوكب مشابهة أيضاً، رغم أن تركيبها الكيماوي مختلف ورغم أنها دائماً غريبة عن القشرة الأرضية. لذلك يمكن

إهمالها عند دراسة الظواهر المرئية في البيوسفيرا. إن مادة المجالات الأرضية الواقعة تحت القشرة الأرضية لا تكاد تتسرب إليها بكمية ملموسة إلى حد ما خلال فترة قصيرة من الزمن.

5- لزمن طويل لم يثر أي شكوك ذلك التصور بأن التركيب الكيماوي للقشرة الأرضية محكوم بأسباب جيولوجية بحق ويعتبر نتيجة للتأثير المتبادل بين الظواهر الجيولوجية الكثيرة والمتنوعة، الكبيرة والصغيرة.

بحثنا عن تفسير لها في مجموعة تأثير تلك الظواهر الجيولوجية ذاتها، التي نراها الآن أيضاً في الوسط المحيط بنا: في التأثير الكيماوي والمذيب للمياه والغلاف الجوي، العضويات وثوران البراكين وما شابه. وبدأ أن القشرة الأرضية اكتسبت تركيبها الكيماوي المعاصر - الكمي والكيفي - نتيجة للتأثير المتبادل بين ذات العمليات الجيولوجية على امتداد الزمن الجيولوجي وخواص العناصر الكيماوية الثابتة خلال هذه الفترة من الزمن.

هذا التفسير يطرح صعوبات جمة، وإلى جانبه وجدت تصورات أعقد عن تغير الظواهر الجيولوجية في الزمن، التي أدت إلى هذا التركيب الكيماوي. وفقاً لذلك أصبحنا نرى في هذا التركيب انعكاساً للعصور القديمة من تاريخ الأرض، التي لا تشبه العصور الحديثة، أخذنا نعتبر القشرة الأرضية زبد الكتلة المنصهرة في زمن ما لكوكبنا، تشكل على السطح الأرضي باتفاق تام مع قوانين توزيع العناصر الكيماوية التي تجمدت (تصلبت) لدى انخفاض درجة حرارة الكتل المنصهرة، لتفسير غلبة عناصر محددة فيها خفيفة نسبياً عدنا إلى عصور أقدم من تاريخ الأرض، سابقة لتشكل القشرة الأرضية - إلى العصور الكونية - واعتبرنا أنه في ذلك الوقت لدى تشكل الكتلة المنصهرة السائلة من السديم⁽¹⁾ تجمعت عند المركز العناصر الكيماوية الأثقل.

في كل هذه التصورات، كان تركيب القشرة الأرضية يرتبط بالظواهر الجيولوجية، التي اشتركت فيها العناصر بواسطة خواصها الكيماوية، في حين كان يمكن أن تعطي اتحادات كيماوية بواسطة وزنها الذري في الحرارة المرتفعة، حيث تعتبر كل الاتحادات غير ثابتة.

1- السديم - الغبار الكوني أصل الكوكب (المراجع).

6- لا شك في أنه الآن تتوضح في التركيب الكيماوي للقشرة الأرضية قوانين تناقض جذرياً هذه التفسيرات.

وفي الوقت نفسه فإن الصورة العامة للتركيب الكيماوي في كل النجوم الأخرى تكشف أمامنا تعقيداً وخصوصية وناموساً لم نكن قبل ذلك نشك في وجودها .
في تركيب كوكبنا ، وفي تركيب القشرة الأرضية خصوصاً تكتشف مؤشرات على ظواهر تخرج بعيداً عن حدودها . نحن لا نستطيع فهمها ، إذا لم نبتعد عن مجال الظواهر الأرضية ، وحتى الكوكبية ، وإذا لم نعد إلى بنیان كل المادة الكونية ، إلى ذراتها ، وإلى تغيرها في العمليات الكونية .

في هذا المجال تتجمع بسرعة مؤشرات مختلفة ، لا يكاد يحيط بها الفكر العلمي . بدأنا للتو بإدراك أهميتها . لا يمكننا دائماً صياغتها بشكل محدد وواضح . وعادة لا نستتبط نتائج منها . إلا أنه لا يجوز أن ننسى الأهمية الضخمة لهذه الظواهر . هذه الحقائق الجديدة يجب أن تؤخذ بالحسبان فوراً بنتائجها غير المتوقعة ، ويمكن أن نلاحظ الآن ثلاث مجالات للظواهر :

1- الوضع المتميز لعناصر القشرة الأرضية في الجدول الدوري ،

2- تعقيدها ،

3- عدم انتظام توزيعها .

حيث تغلب بشكل حاد في كتلة القشرة الأرضية العناصر الكيماوية الموافقة للأعداد الذرية الزوجية (أودو ، 1914) . لا نستطيع أن نفسر هذه الظاهرة بأسباب جيولوجية معروفة لدينا .

إضافة إلى ذلك اتضح على الفور أن الظاهرة ذاتها تتجلى بشكل أكثر حدة في الأجسام الكونية الوحيدة الغريبة عن الأرض ، المتاحة للدراسة العلمية المباشرة - في النيازك (غاركنس ، 1917) .

مجال الحقائق الأخرى ربما يكون أكثر إبهاماً . محاولات تفسيرها بأسباب جيولوجية (د . تومسون 1921) تناقض الظواهر المعروفة في هذا المجال . ليس مفهوماً لدينا التعقيد الثابت للعناصر الكيماوية الأرضية ، والنسب المحددة الثابتة بين كمية النظائر الداخلة فيها . وهنا بينت دراسة النظائر في العناصر الكيماوية للنيازك أن الخلط متماثلة في هذه الأجسام المختلفة كلياً بتاريخها ووضعها في الفضاء .

أصبحت واضحة استحالة تفسير تركيب القشرة الأرضية المحدد - وكوكبنا - بواسطة الأوزان الذرية المختلفة للعناصر الداخلة فيها. ينبغي أن نفسر بأسباب غير جيولوجية اختلاف التركيب في قشرة الأرض عنه في نواتها. لا يمكن أن يكون عرضياً ذلك التطابق بين تركيب النيازك والطبقات الأكثر عمقاً من كوكبنا. يجب أن نبحث عن سبب غلبة العناصر الخفيفة نسبياً بما في ذلك الحديد الثقيل. ليس السبب في القشرة الأرضية أو في الظواهر الجيولوجية أو الجيوكيمياوية، وليس فقط في تاريخ الأرض، هذا السبب في موضع أعرق - هو مرتبط بتاريخ الكون، وربما، ببنية العناصر الكيماوية.

مصادفة جديدة ومفاجئة لهذا الاستنتاج تحصل الآن في اكتشاف تشابه تركيب (الجزء الخارجي) للأرض (أي القشرة الأرضية) والجزء الخارجي من الشمس والكواكب. منذ عام 1914 أشار راسل إلى التشابه بين تركيب القشرة الأرضية وبين تركيب الشمس (أي طبقاتها الخارجية، التي ندرسها). وتتجلى هذه النسب بشكل أكثر حدة في الأبحاث الجديدة على طيف النجوم؛ حيث تعطي أبحاث س. باين (1925) التسلسل التالي لانتشار العناصر الكيماوية بنظام متناقص:

SI - NA - NG - AL - C - CA - FE (12٪ العشرية الأولى).

ZU - TI - MN - CR - K (0.1-1٪ العشرية الثانية).

هنا يظهر أمامنا تماثل واضح مع نفس نظام تسلسل العناصر الكيماوية للقشرة الأرضية:

SI - AL - FE - CA - NA - L - MG.

هذه الأبحاث - هي الإنجازات الأولى في مجال الظواهر الجديد والكبير. لا شك أنها تتطلب تأكيداً واختباراً، لكننا لا نستطيع الآن أن نغمض أعيننا ونتجاهل نتائج تم التوصل إليها للمرة الأولى تؤكد بحدّة تشابه تركيب الطبقة الخارجية للأجرام السماوية - الأرض، الشمس، النجوم.

تتصل الأجزاء الخارجية للأجرام السماوية مباشرة مع الوسط الكوني، وتتبادل التأثير فيما بينها عن طريق الإشعاع. ربما يجب البحث عن تفسير هذه الظاهرة في تبادل المادة، الذي يحصل على ما يبدو بين هذه الأجسام، وله مكان في الفضاء.

تظهر الأجزاء الأعرق في الأجسام الكونية صورة مغايرة، ويختلف تركيب النيازك والكتل الداخلية للأرض بشكل حاد عن تركيب القشرة الخارجية المعلومة لدينا.

7- بهذه الحدة يتغير تصورنا عن بنية كوكبنا، لا سيما عن بنية القشرة الأرضية وغلافها الخارجي؛ البيوسفيرا. بدأنا نرى فيها ليس ظاهرة كوكبية أو أرضية وحيدة، وإنما مظهر لبنية الذرات ومكانها في الفضاء، وتغيراتها في تاريخ الكون. حتى إن لم نستطع تفسير هذه الظواهر، فإننا قد تسلمنا الطريق الصحيح للبحث. توصلنا إلى مجال جديد للظواهر مختلف عن ذاك الذي حاولنا طويلاً أن نربط كيمياء الأرض به. نحن نعلم أين يجب البحث عن حل للمسألة التي تعترضنا، وأين يكون البحث غير مجدٍ. ومن الواضح أن فهمنا لما نرى يتغير جذرياً.

يجب أن نبحث في الطبقة السطحية الرقيقة لكوكبنا: في البيوسفيرا، عن انعكاس ليس فقط للظواهر الجيولوجية المفردة والعرضية، بل ومظهر بنية الكون المرتبطة ببنية وتاريخ الذرات الكيماوية.

لا يمكن فهم البيوسفيرا في الظواهر التي تجري عليها، إذا أغفلنا هذه العلاقة البارزة بحدة ببنية الآلية الكونية كلها. ويمكننا أن نثبت هذه العلاقة في وقائع تاريخها المعروفة لدينا والكثيرة العدد.

البيوسفيرا كمجال لتحول الطاقة الكونية

8- في الواقع يمكن اعتبار البيوسفيرا كمجال من القشرة الأرضية مليء بالمحولات التي تحول الإشعاعات الكونية إلى طاقة أرضية مؤثرة، كهربائية، كيميائية، ميكانيكية، حرارية... الخ.

تحيط الإشعاعات الكونية القادمة من الأجرام السماوية بالبيوسفيرا، وتخرقها وتخرق كل شيء فيها.

نحن نلتقط وندرك فقط جزءاً ضئيلاً منها، ودرسنا من بينها تقريباً إشعاعات الشمس فقط. لكننا نعلم أنه توجد وتتساقط على البيوسفيرا أمواج من طرق أخرى قادمة من أكثر أجزاء الكون بعداً. فالنجوم والسديميات ترسل إشعاعات ضوئية إلى كوكبنا باستمرار.

كل شيء يشير إلى أن الإشعاعات النافذة التي اكتشفها ف. هيس في طبقات الجو العليا والتي تنشأ خارج حدود مجموعتنا الشمسية ويجب البحث عن مكان

ظهورها في مجرة درب التبانة، وفي السديميات، وفي نجوم من نموذج ميرايسيتي، ربما صدرت من درب التبانة إشعاعات نافذة مبهمة ساطعة في الطبقات العليا من غلافنا الجوي، (ف. نيرنست).

يترك أمر اعتبارها وفهمها للمستقبل. لكن لا شك في أن أشعة الشمس هي التي تحدد الملامح الأساسية لآلية البيوسفيرا، وليست تلك الإشعاعات. إن دراسة تأثير أشعة الشمس في العمليات الأرضية تكفي للحصول على تصور عن البيوسفيرا كآلية كونية أرضية. وهذا التصور أولي، ولكنه دقيق وعميق. غيرت الشمس وجه الأرض وعالجته جذرياً وأحاطت واخترقت البيوسفيرا. تشكل البيوسفيرا تجلياً لإشعاع الشمس إلى حد بعيد، وهي تكون الآلية الكوكبية، التي تحول الأشعة إلى أشكال جديدة ومتعددة لطاقة أرضية حرة، تغير جذرياً تاريخ ومصير كوكبنا.

أصبحت واضحة لدينا الأهمية العظيمة في البيوسفيرا للأمواج القصيرة فوق البنفسجية في أشعة الشمس، والأمواج الطويلة الحرارية الحمراء، والأشعة البينية اللطيف الضوئي المرئي. في بنية البيوسفيرا نستطيع الآن أن نعمل أجزاءها التي تؤدي دور المحولات لهذه النظم الثلاثة المختلفة للاهتزازات الشمسية.

ببطء وصعوبة، نتضح لعقلنا آلية تحويل الطاقة الشمسية في البيوسفيرا إلى قوى أرضية. لقد اعتدنا رؤية ملامح أخرى في الظواهر الدالة عليها (أي على آلية التحويل). تختفي هذه الآلية عن أعيننا في تنوع ألوان وأشكال وحركات الطبيعة اللامتناهية، ونحن أنفسنا نشكل جزءاً منها بواسطة حياتنا. مضت قرون وآلاف السنين حتى استطاع الفكر الإنساني أن يميز ملامح آلية مترابطة وحيدة في لوحة الطبيعة العشوائية ظاهرياً.

9- إن تحول نظم الإشعاع الشمسية الثلاثة إلى طاقة أرضية يجري إلى حد ما في القطاعات نفسها من البيوسفيرا، لكن في بعض الأماكن تتميز مجالات يسود فيها بشدة تحول ما من نوع واحد. إن حوامل التحول هي أجسام طبيعية دائماً، وهي تختلف بشدة من أجل كل من الإشعاعات الشمسية فوق البنفسجية والحرارية والضوئية.

إن الإشعاعات القصيرة فوق البنفسجية في جزء محدد منها تحبس بالكامل، وفي الأجزاء الأخرى يحبس معظمها في الطبقات العليا المخلخلة من الغلاف الجوي

(في الستراتوسفير) وربما في طبقات أكثر ارتفاعاً وأكثر فقراً بالذرات من «الغلاف الجوي الحر».

إن إيقاف هذه الأشعة أو امتصاصها يرتبط بتحويل الطاقة الإشعاعية للأمواج القصيرة. في هذه المجالات، بتأثير الأشعة فوق البنفسجية، نلاحظ تغيرات الحقول الكهربائية، وتفكك الجزيئات، وظاهرة التأين⁽¹⁾ متعدد الأشكال، والتكون (التشكل) الجديد للجزيئات الغازية للاتحادات الكيميائية الجديدة. يتحول جزء من الطاقة الإشعاعية إلى أشكال مختلفة من المظاهر الكهربائية والمغناطيسية. والجزء الآخر إلى عمليات كيميائية بين ذرات وجزيئات المادة الغازية المخلخلة.

تبدو لنا هذه المجالات وهذه الأجسام على شكل هالة الشمال⁽²⁾، وومضات الصيف، وضوء الأفلاك، وضوء القبة السماوية، التي تصبح مرئية فقط في الليالي الحالكة، لكنها تؤلف القسم الأكبر من ضوء سماء الليل على شكل سحب مضيئة وانعكاسات متنوعة أخرى للستراتوسفير وتخوم الكوكب الخارجية في لوحة عالمنا الأرضي. ينكشف عالم الظواهر الغامضة هذا لوسائطنا التقنية في آثاره الكهربائية، والمغناطيسية، والإشعاعية الكيماوية، والطيفية، في حركته الدائمة، وفي تنوعه الذي يفوق التصور.

لا تكون هذه الظواهر نتيجة تغير الوسط الأرضي بواسطة أشعة الشمس فوق البنفسجية وحدها. يجب أن نأخذ في الحسبان هنا عملية معقدة: هنا «تحبس»، أي تتحول إلى ظواهر جديدة أرضية، كل أشكال الطاقة الإشعاعية، للشمس خارج حدود أوكثافات البالغة 4.5، والتي تسقط في البيوسفيرا (انظر الفقرة 2). خارج هذه الحدود لا تكاد تدخل حتى تيارات الجسيمات القوية: الإلكترونات، التي تنطلق باستمرار من الشمس، أو تلك الجسيمات المادية: الغبار الكوني والأجسام الغازية المشمولة بالجاذبية الأرضية، والتي تحمل للأرض مصادر جديدة للطاقة.

شيئاً فشيئاً يدخل في الوعي العام معنى تلك الظواهر في تاريخ كوكبنا، وهكذا أصبحت أكيدة (دون شك) علاقتها مع شكل آخر لتحويل الطاقة الكونية. الأمواج الضوئية القصيرة 180-200مم تخرب كل الأجسام الحية، أما الأمواج الأطول

1- التأين: شحن الذرات بشحنات سالبة أو موجبة.

2- هالة الشمال: ظاهرة تحدث في البلدان الشمالية السكندنافية والقطب الشمالي تتألق السماء فيها بألوان الطيف بمنظر أخاذ.

والأقصر فلا تؤذيها . عندما تحبس الستراتوسفيرا الأمواج القصيرة بالكامل، فهي تحمي منها الطبقات السفلى من سطح الأرض حيث المجال الحياتي .
من الواجب ذكره، أن الامتصاص الأساسي لهذه الأشعة مناط بالأوزون (حاجز الأوزون فقرة 115)، الذي يشترط تشكل وجود الأوكسجين الحر، وهو ناتج الحياة.

10- إذا كانت قيمة تحول الأشعة فوق البنفسجية بدأت تعرف للتو، فإن دور الحرارة الشمسية، ولا سيما الإشعاعات تحت الحمراء، معروفة منذ زمن بعيد، إنها تثير الانتباه عند دراسة تأثير الشمس في العمليات الجيولوجية، وحتى الجيوكيماوية. واضح ولا جدل فيه دور الإشعاع الحراري الشمسي حتى من أجل وجود الحياة. كما أن تحول الطاقة الحرارية للإشعاع الشمسي إلى طاقة ميكانيكية وجزيئية (التبخر وما شابه) وكيمائية، لا يقبل الشك.

نرى مظاهر هذه التحولات في كل مكان ولا تحتاج للشرح: في حياة الأجسام، في حركة وعمل الرياح أو التيارات البحرية، في موج البحر وهيجانه، في تخريب الجروف الصخرية، في عمل الكتل الجليدية، في حركة وتشكل الأنهار، في العمل الضخم للهطولات الثلجية والمطرية ..

ندرك بشكل أقل دور أجزاء البيوسفيرا السائلة والغازية في تجميع وتوزيع الطاقة الحرارية، إنها بهذه الطريقة تعالج طاقة الشمس الحرارية. إن الغلاف الجوي، والمحيط، والبحيرات، والأنهار، والهطولات المطرية والثلجية، كلها تشكل ذلك الجهاز الذي ينفذ هذا العمل. والمحيط المائي العالمي، وبفضل خواصه الحرارية المتميزة بين جميع الأوساط المائية، يمكن أن يكون مرتبطاً بطبيعة جزيئات الماء، وأن يكون منظماً ومعيّراً للحرارة، ويظهر دوره الضخم في ظواهر عديدة لا حصر لها للطقس والمناخ، وما يتعلق بها من عمليات الحياة والتهوية. ويسخن المحيط البحري بسرعة بفضل الناقلية الحرارية الكبيرة له. ومن ثم يطلق الحرارة المتجمعة فيه ببطء بفضل طبيعة ناقليته للحرارة. هو يحول الطاقة الحرارية الممتصة إلى طاقة جزيئية لدى التبخر، وإلى طاقة كيمائية بواسطة المادة الحية التي تتخلله، وإلى طاقة ميكانيكية في التيارات البحرية وتلاطم أمواجه. والدور نفسه تؤديه الأنهار من الناحية الحرارية، وكذلك الأمطار والثلوج والكتل الهوائية، وعن طريق عمليات تسخينها وتبريدها.

11- تؤثر أشعة الشمس فوق البنفسجية وتحت الحمراء في العمليات الكيماوية في البيوسفيريا بطريق غير مباشر. ولا تعد هي المصدر الرئيس للطاقة فيها. تتجلى طاقة البيوسفيريا الكيماوية بشكلها الفاعل من الطاقة الإشعاعية للشمس بواسطة مجموع الأجسام الحية للأرض، بواسطة مادتها الحية، إبان إنشائها بواسطة التركيب الضوئي (بأشعة الشمس) عدداً لا نهائياً من الاتحادات الكيماوية الجديدة في البيوسفيريا، الملايين من التراكيب المختلفة للذرات، تغطي المادة الحية - البيوسفيريا باستمرار وبسرعة لا يتصورها العقل بطبقة سميكة جبارة من المنظومات الجزيئية، التي تعطي بسهولة فائقة اتحادات جديدة، غنية بالطاقة الحرة في حقل البيوسفيريا الترموديناميكي؛ حيث تنتقل الاتحادات غير الثابتة إلى أشكال جديدة للتوازن الثابت.

هذا الشكل من المحولات يعتبر آلية خاصة تماماً مقارنة مع أجسام الأرض، التي يجري فيها تحويل طاقة الأمواج القصيرة والطويلة للإشعاع الشمسي إلى أشكال جديدة للطاقة. نفس تحول الأشعة فوق البنفسجية بتأثيرها في المادة، في منظومة ذراتها الحاصلة بطريقة مستقلة عن الأشعة. أما تحولات الإشعاعات الحرارية فنعرزوها، بالإضافة إلى تأثيرها المباشر، إلى البنية الجزيئية المكونة. لكن التركيب الضوئي كما نلاحظه في البيوسفيريا، يتعلق بآليات بالغة التعقيد أوجدتها هو ذاته لدى ظهور وتحول الأشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء المتزامنين في الوسط المحيط. إن آليات تحويل الطاقة الناتجة بهذه الطريقة (الأجسام الحية) تمثل تشكيلات من نوع خاص حادة الاختلاف عن كل المنظومات الذرية والأيونية والجزيئية، التي تكون مادة القشرة الأرضية خارج البيوسفيريا، وجزءاً من مادة البيوسفيريا. تتكون الأجسام الحية من بنى شبيهة بتلك التي تكون المادة الخاملة، لكنها أكثر تعقيداً، إلا أنها نظراً للتحولات التي تنتجها في عمليات البيوسفيريا الكيماوية، لا يمكن اعتبارها تجمعاً بسيطاً لتلك البنى.

لا يقارن الطابع الطاقوي للأجسام الحية كما يظهر في تكاثرها، من وجهة نظر جيوكيماوية، بالبنى الجامدة التي تكون المادة الحية والخاملة. إن آلية التأثير الكيماوي للمادة الحية ما زالت مجهولة، إلا أنها على ما يبدو بدأ يتضح أنه، من وجهة نظر الظواهر الطاقوية، أن التركيب الضوئي يجري ليس فقط في وسط كيماوي خاص، بل وفي حقل ترموديناميكي خاص مختلف عن الحقل

الترموديناميكي للبيوسفير. بعد موت الجسم، فإن الاتحادات الثابتة في الحقل الترموديناميكي للمادة الحية، وبعد أن تقع في الحقل الترموديناميكي للبيوسفير، تصبح غير ثابتة، وتشكل فيه منبعاً للطاقة الحرة⁽¹⁾.

التعميم التجريبي والفرضية

12- يبدو أن مثل هذا الفهم للظواهر الطاقوية للحياة يعبر عن الوقائع المرئية بمقدار ما يبرز في العمليات الجيوكيمياوية. لكننا لا نستطيع تأكيد ذلك، لأننا نتواجه مع وضع خاص لمعارفنا في مجال العلوم البيولوجية بالمقارنة مع العلوم عن المادة الجامدة.

رأينا أنه في علوم المادة الجامدة كان لا بد من أن نضع جانباً تصوراتنا عن البيوسفير وبنية القشرة الأرضية، التي بدت صحيحة عبر أجيال طويلة، ولا بد من إهمال تفسيرات هيمنت طويلاً ذات طبيعة جيولوجية بحتة (الفقرة 6). ما كان يبدو منطقياً وعلمياً ولا مناص منه اتضح في النهاية أنه خداع، وتبرز الظاهرة لنا بأشكال لم يكن يتوقعها أحد.

والوضع في مجال دراسة الحياة أصعب، لأنه لا يكاد يوجد مجال في الطبيعيات لم تخترق مفاهيمه الأساسية جملة أفكار فلسفية ودينية غريبة بمنشئها عن العلم. وتؤثر البحوث والإنجازات الدينية والفلسفية بشكل خارق في كل خطوة، وقد فرضت على آراء حتى علماء الطبيعة المتصفين بالدقة. هذه الأمور الغريبة (من حيث الجوهر) عن العلوم، والتي رغم ذلك ليست أقل قيمة أو عمقاً من الفضاء الكوني في إحاطتها وشموليتهما للوعي والإدراك الإنساني.

13- يوجد تصوران مهيمان عن الحياة هما: الفيثالية⁽²⁾، والميكانيكية. وهما يشكلان انعكاساً للآراء الفلسفية والدينية، وليس نتيجة للحقائق العلمية.

1- مجال الظواهر داخل الجسم (الحقل الترموديناميكي للمادة الحية) يختلف من وجهة نظر ترموديناميكية وكيمياوية عن الحقل الترموديناميكي للبيوسفير (ملاحظة المؤلف).

2- الفيثالية من Vitalis اللاتينية وتعني الحياة. والفيثالية مجموعة تيارات مثالية في البيولوجيا، تفسر الحياة بوجود مزعوم في الجسم لبداية غير مادية وهي قوة الحياة أو «الروح». توجد

كلاهما يؤثر تأثيراً كابحاً في دراسة ظاهرة الحياة، ويريك التعميم التجريبي. تدخل التصورات الفيتالية إلى ظاهرة الحياة تفسيرات تقع خارج عالم المثل، الذي نتصور الكون على شكله في التعاميم العلمية. ونتيجة لطبيعة هذه التصورات، فإنها تفقد قيمتها الإبداعية في المجال العلمي، وتعتبر عقيمة. التصورات الميكانيكية ليست أقل مأساوية، حيث لا ترى في الأجسام الحية سوى لعبة للقوى الفيزيوكيماوية، فهي تقيد مجال البحث العلمي وتقرر سلفاً نتيجته، وتقحم التخمين في المجال العلمي، وتشوش الفهم العلمي. بالطبع إذا كان التخمين موفقاً، فالمعالجة العلمية كفضيلة بتسوية الأمور العالقة بسرعة. لكن التخمين بدا شديد الصلة. فجملة أفكار فلسفية مجردة، غريبة عن الواقع المدروس علمياً، تقود إلى تصورات مبسطة جداً عن الحياة، تلغي وعي تعقيد الظواهر. حتى الآن وعلى مدى قرون، لم يتح هذا التخمين التقدم خطوة واحدة في فهم الحياة.

ولذلك فإن الأصح في ذلك كله ترك هذين النوعين من الشروحات للحياة جانباً، والاتجاه نحو المنحى الذي أخذ يطفئ في مجال البحث العلمي، وهو دراسة ظاهرة الحياة من منحى تجريدي بحت، والأخذ في الحساب استحالة إعطاء «تفسير» لها: أي أن نعطيها مكاناً في كوننا المجرد، المبني علمياً من النماذج - الفرضيات. يمكن الاقتراب الآن نحو ظواهر الحياة بنجاح مضمون، فقط عن طريق البحث التجريبي وتجنب الغوص في الفرضيات. فقط مثل هذا المنحى والمنهج يفتح ملامح جديدة فيها توسع مجال القوى الفيزيوكيماوية المعروفة حتى الآن علمياً، أو تدخل مبدأً جديداً أو بديهية في العلم، أو تكتشف مفهوماً جديداً لم تبرهن عليه ولم تستتبطة البديهيات والمبادئ المعروفة، إلى جانب تلك التي تكون عالم المادة والطاقة العلمي. عندئذ يصبح ممكناً بإدخال الفرضية ربط هذه الظواهر مع جملة أفكارنا عن الكون، بشكل يشبه اكتشاف ظاهرة النشاط الإشعاعي؛ حيث ربط الاكتشاف الظاهرة بعالم الذرات.

14- الآن يجب أن يدرس جسم البيوسفيرا الحي تجريبياً كجسم خاص لا يؤول بكليته إلى جمل فيزيوكيماوية معروفة. هل يمكن أن يؤول بكليته إليها يوماً ما؟ العلم لا

إرهاصات الفيتالية في دراسات أفلاطون وأرسطو. وتجدر الإشارة إلى أن الفيتالية الحديثة تنكر نظرية داروين التطورية.

يستطيع أن يقرر الآن. لا شك أن هذا ممكن، لكننا في دراستنا التجريبية لظواهر الطبيعة لا نستطيع أن نغفل إمكانية أخرى، وهي أن هذه المسألة التي طرحها كثيرون في العلم يمكن أن تكون خيالية مخادعة بقدر ما كانت مشكلة تربيع الدائرة. في مجال البيولوجيا توصلنا أكثر من مرة إلى شكوك مماثلة. من الضروري أن نقف على قاعدة تجريبية في العلوم الجيولوجية أكثر مما نفعل في البيولوجيا - خارج التصورات الفيتالية والميكانيكية.

يتعين الاصطدام بظاهرة الحياة في إحداها، وهي الجيوكيمياء؛ حيث تشكل المتعضيات هنا، والتي هي على شكل تجمعات - المواد الحية - في كل خطوة، واحداً من العوامل المؤثرة الرئيسة.

تعطي المادة الحية للبيوسفيراً وجهاً غير مألوف مطلقاً، وفريد بالنسبة إلينا في الكون. ونحن مجبرون أن نفرق فيها بين نوعين من المواد: الجامدة والحية، والتي تؤثر إحداها في الأخرى. لكنه في بعض الملامح الأساسية لتاريخهما الجيولوجي تفصل بينهما هوة لا يمكن اجتيازها مطلقاً. لا تثار أي شكوك في تبعية هذين النوعين من مادة البيوسفيراً لنوعين مختلفين من الظواهر لا يمكن الجمع بينهما. إن اختلافهما الأساسي أينما وجد ليس حقيقة تجريبية فحسب، بل هو واحد من أهم التعاميم التجريبية في علوم الطبيعة.

غالباً ما تهمل قيمة هذا التعميم في العلم، وعموماً قيمة التعاميم التجريبية كلها. وبتأثير الروتين وجمللة الأفكار الفلسفية يجعل التعميم التجريبي مكافئاً للفرضية العلمية.

عندما نتعامل مع ظواهر الحياة من الضروري جداً أن نتلافى هذه العادة السيئة المتأصلة.

15- توجد فوارق ضخمة بين التعاميم التجريبية والفرضيات العلمية. ودقة استنتاجاتهما مختلفة إلى حد بعيد.

في كلا الحالتين: لدى التعاميم التجريبية ولدى الافتراض، نستخدم الاستقراء لاستنباط النتائج القابلة للاختبار عن طريق دراسة ظواهر واقعية. في علم ذي طبيعة تاريخية كالجيولوجيا، يتم هذا الاختبار بواسطة الملاحظة العلمية.

والاختلاف ينحصر في أن التعميم التجريبي يستند إلى حقائق جمعت بطريقة الاستقراء دون الخروج عن حدودها، ودون الاهتمام بتطابق أو عدم تطابق الاستنتاجات الحاصلة مع التصورات القائمة عن الطبيعة. بهذه العلاقة لا يختلف التعميم التجريبي عن الحقيقة المثبتة علمياً: إن تطابقهما مع تصوراتنا العلمية عن الطبيعة أمر لا يهمننا، ولكن تناقضهما معها يعد اكتشافاً علمياً.

في التعميم التجريبي، رغم إعطاء الأولوية لبعض دلائل الظاهرة، يظهر دائماً تأثير كل الدلائل الأخرى المأخوذة في الحسبان عند إثبات الحقيقة العلمية - كامل الظاهرة.

يمكن أن يستمر التعميم التجريبي طويلاً جداً، من دون أن يخضع لأي تفسيرات افتراضية. ويمكن أن يكون مبهماً، ومع ذلك يؤثر تأثيراً ضخماً ملهماً في فهم ظواهر الطبيعة.

إلا أنه غالباً ما تأتي لحظة، يبدأ معها النظر إلى هذه الظواهر بمنظار جديد، وينفتح مجال لوضع افتراضات جديدة؛ وتبدأ معتقداتنا حول ذلك بالتغير. وكثيراً جداً ما نجد أنه في التعميم التجريبي امتلكننا أموراً غير تلك التي كنا نفكر فيها، أو في الواقع امتلكننا أكثر بكثير مما كنا نعتقد.

كمثال نموذجي لقصة التعميم التجريبي تلك نستخدم واحداً من أعظم التعاميم التجريبية: جدول مندلييف الدوري للعناصر الكيميائية، الذي أصبح بعد اكتشاف موزلي (Mosely في عام 1915) حقلاً واسعاً للفرضيات العلمية.

16- تبنى الفرضية أو الفكرة النظرية بشكل مغاير تماماً. في الفرضية يؤخذ بالحسبان واحد لا على التعيين، أو عدة دلائل مهمة للظاهرة، وبالاستناد إليها وحدها يبنى تصور عن الظاهرة دون الاهتمام بالنواحي الأخرى. الفرضية العلمية دائماً تخرج عن حدود الحقائق التي تشكل أساساً لبنائها. ولذلك من أجل المتانة الضرورية يجب أن تربط الفرضية قدر الإمكان بكل الأفكار النظرية السائدة عن الطبيعة، كما يجب ألا تناقضها.

17- وهكذا فإن التعميم التجريبي لا يحتاج إلى اختبار، لأنه مستنتج بدقة من الحقائق.

ومثل هذه التعاميم التجريبية، التي تقوم على مجمل الوقائع المعروفة، وليس على الافتراض والنظرية، ستستخدم من قبلي فيما يلي:

1- عبر جميع الأحقاب الجيولوجية لا يوجد ولم توجد أي دلائل على تكوين متعضية حية من مادة ميتة (جامدة)⁽¹⁾.

2- لم يلاحظ أبداً عبر كل الزمن الجيولوجي وجود حقب جيولوجية لا حياة فيها⁽²⁾.

3- من هنا نستنتج: أولاً: أن المادة الحية المعاصرة مرتبطة وراثياً مع المادة الحية لكل الحقب الجيولوجية. وثانياً: على امتداد كل هذا الزمن كانت ظروف الوسط الأرضي تسمح بوجودها، أي أن الظروف كانت باستمرار قريبة من الظروف الحالية.

4- على امتداد كل هذا الزمن الجيولوجي لم تحدث أي تغيرات حادة في أي اتجاه في التأثير الكيماوي للمادة الحية في وسطها المحيط، دائماً جرت على سطح الأرض عمليات التهوية ذاتها، أي أنه بشكل عام لوحظ التركيب الكيماوي المتوسط ذاته للمادة الحية والقشرة الأرضية، الذي نلاحظه في الوقت الحالي.

5- من ثبات عمليات التهوية ينتج ثبات كمية الذرات التي تحيط بها الحياة؛ أي أنه لم تحدث تغيرات كبرى في كمية المادة الحية⁽³⁾.

6- أينما وجدت ظواهر الحياة، فإن الطاقة التي تفرزها المتعضيات هي في شطرها الرئيس، وربما بكاملها، هي طاقة الشمس الإشعاعية. وهي بواسطة المتعضيات تنظم المظاهر الكيماوية للقشرة الأرضية.

18- باتخاذ هذه التعاميم التجريبية أساساً لأحكامنا، ينتج حتماً وضع ينص على أن جملة المشكلات التي تطرح في العلم، وبشكل رئيس، في معالجته الفلسفية لها، تختفي من دائرة اهتمامنا، لأنها لا تنتج من التعاميم التجريبية، ولا يمكن أن تبني من دون تكهنات افتراضية. وبالتالي يجب أن تبقى من دون دراسة مسائل بداية الحياة على الأرض، في حال وجود هذه البداية، وكذلك كل التصورات

1- أي حقبة أزويونية (من اللاتينية Azoic).

2- ابيوغينيز (من اللاتينية Abiogenese).

3- توجد فقط دلائل على ذبذبات غير كبيرة حول متوسط ما.

الكونية عن حالة الأرض الماضية الخالية من الحياة، وعن وجود ايبوغينيز في مراحل التاريخ الأرضي الكونية الافتراضية.

هذه المسائل؛ بداية الحياة «ايبوغينيز» ووجود مراحل خالية من الحياة في تاريخ القشرة الأرضية، هي مسائل وثيقة الصلة بجملة الأفكار العلمية الفلسفية السائدة، وتخرقها عميقاً الافتراضات الكونية، ما يجعلها تبدو للكثيرين حتمية منطقياً.

إلا أن دراسة تاريخ العلم تظهر أن هذه المسائل دخلت العلم من الخارج؛ ولدت خارجه؛ في بحوث الإنسانية الدينية والفلسفية. وهذا يمكن إثباته بوضوح لدى مقارنتها مع الوقائع العلمية المأخوذة تجريبياً.

كل الحقائق المعروفة لدينا والمثبتة بدقة لا تتغير، حتى إذا حصلت هذه المشكلات على حلول سلبية، أي أنه لو اعترفنا أن الحياة أزلية ولا بداية لها، وأن الحي (المتعضية الحية) لم ينشأ مطلقاً من مادة جامدة ميتة، وأنه في تاريخ الأرض لم تكن هناك أبداً حقب جيولوجية خالية من الحياة.

يتعين فقط بدلاً من الفرضيات الكونية السائدة أن نبني فرضيات أخرى جديدة، ونستخدم معالجة علمية أو حتى رياضية مختلفة، لبعض البنى الدينية أو الفلسفية المتروكة جانباً من طرف الفكر العلمي، كما حدث في البنى الفلسفية والدينية الأخرى التي نشأت أثناء صياغة نظرية نشأة الكون الحديثة.

المادة الحية في البيوسفير

19- البيوسفير هي المجال الوحيد في القشرة الأرضية المسكون بالحياة. فقط في تلك الطبقة الخارجية الرقيقة من كوكبنا تتركز الحياة. فيها توجد المتعضيات التي يفصلها دائماً عن المادة الجامدة المحيطة بها فاصل حاد لا يمكن اجتيازه. لم يتكون الجسم الحي في المادة الجامدة مطلقاً. إنما عندما يموت أو يحيا أو يتحلل ويعطيها ذراته. وباستمرار يأخذها منها. لكن المادة الحية المملوءة بالحياة تأخذ دائماً بدايتها من المادة الحية مثلها.

تشمل الحياة معظم الذرات، التي تشكل مادة سطح الأرض. هذه الذرات تقع في حركة دائمة ونشيطة بتأثير الحياة. من هذه الذرات تتكون ملايين الاتحادات

مختلفة الأشكال. وتستمر هذه العملية، دون انقطاع، ملايين السنين من أقدم العصور الجيولوجية وحتى وقتنا هذا، ثابتة في ملامحها الأساسية.

لا توجد على سطح الأرض قوى كيميائية أكثر ثباتاً في تأثيرها، وعلى ذلك أكثر قوة بنتائجها النهائية، من الأجسام الحية مأخوذة بكمياتها. وكلما درسنا الظواهر الكيميائية للبيوسفيرا بشكل أعمق، ازدادت قناعتنا بأنه لا يوجد عليها شيء مستقل عن الحياة. وهكذا كان الأمر على امتداد التاريخ الجيولوجي كله. وتقدم الطبقات الأركية⁽¹⁾ دلائل غير مباشرة على وجود الحياة. حافظت الطبقات الألفونية⁽²⁾ القديمة وربما الأركيوزية (ي. بومبيكي 1927) على بصمات وآثار واضحة للمتعضيات. كان العلماء على حق (مثل شوخيرت 1924). حيث ميزوا الأركيوزي وضموه إلى الباليوزي⁽³⁾ والميزوزي⁽⁴⁾، والكانيزوي⁽⁵⁾ الغنية بالحياة. تعود للأركيوزي أقدم أجزاء القشرة الأرضية التي استطعنا الوصول إليها والمعروفة لدينا. تبرز هذه الطبقات كشواهد على أقدم حياة استمرت دون شك ليس أقل من 2×10^9 سنة. في هذه الفترة لا يمكن أن تتغير طاقة الشمس بشكل ملحوظ، وهذا يطابق تماماً الإمكانيات الفلكية. (شابللي، 1925).

20- وأكثر من ذلك، أنه أصبح من الواضح أن توقف الحياة لو حدث لكان حتماً متعلقاً بتوقف التغيرات الكيميائية، إن لم يكن تغير كامل القشرة الأرضية، فعلى الأقل سطحها؛ وجه الأرض، البيوسفيرا. كل فلزات القسم العلوي للقشرة الأرضية هي حموض سيليكات الألمنيوم الحرة (الغضار)، والكربونات (الكلسية والدولوميتية)⁽⁶⁾ ومئات أخرى تتكون باستمرار بتأثير الحياة. فلو توقفت الحياة، لاتخذت عناصر تلك الفلزات تجمعات كيميائية جديدة، تتوافق مع الظروف الجديدة؛ ولا خفت الأجسام القديمة المعروفة دون رجعة. بغياب الحياة لم تكن

1- العصر الأركي: أقدم العصور الجيولوجية من تاريخ الأرض. باليونانية آرخي وتعني البداية.

2- الألفونكي: أطول عصور ما قبل الكمبري الجيولوجية.

3- الباليوزي: عصر جيولوجي قديم. وهي كلمة تتألف من مقطعين: باليو وتعني قديم، زوي وتعني حياة.

4- ميزوزوي: ميزو - تعني متوسط. زوي تعني حياة.

5- كايينوزوي: كايينو - تعني حديث. زوي - حياة.

6- الدولوميت - فلز صخري يتألف في غالبته من الكالسيوم والمغنيزيوم.

لتظهر على سطح الأرض قوى تستطيع أن تعطي باستمرار بداية تفاعلات كيميائية جديدة، وكان سيظهر على الأرض وبشكل حتمي توازن كيماوي، وسكون كيماوي، الذي يخل في بعض الأمكنة وبعض الأوقات باندماج المواد من أعماق الأرض: تيارات غازية، مياه ساخنة أو ثوران البراكين، لكن المواد التي أقحمت بهذه الطريقة من جديد سوف تتخذ بسرعة أو ببطء أشكالاً ثابتة من المنظومات الجزيئية الموافقة لشروط القشرة الأرضية عديمة الحياة. ولما تغيرت بعد ذلك. رغم أن عدد النقاط، التي تخترق منها مادة الأجزاء العميقة القشرة الأرضية، يبلغ الآلاف، وموزعة على كامل سطح الكوكب، فإنها تضيع في اتساعه. فمثلاً الاندفاعات البركانية المتكررة من وقت إلى آخر لا تلاحظ في أبدية الزمن الأرضي. لو اختفت الحياة لسرت على سطح الأرض تغيرات بطيئة خفية ترتبط ببنية القشرة الأرضية، ولكنها ستظهر ليس في سنين وقرون زمننا، بل في سنين وقرون الزمن الجيولوجي. فقط عندئذ تصبح تلك التغيرات ملحوظة في الدورة الكونية، كما لو ظهرت فيها تغيرات في نشاط المنظومات الذرية الإشعاعي.

القوى المؤثرة بشكل دائم في البيوسفيرا: التسخين الشمسي وعمل الماء الكيماوي، قليلاً ما تغير صورة الظاهرة، لأنه يتوقف الحياة يختفي الأوكسجين الحر بسرعة، وتتناقض كمية الحموض الكربونية إلى حد خطر، وتختفي العوامل الفاعلة الرئيسية في عمليات التهوية، التي تحيط بها باستمرار، المادة الجامدة، والمتجددة باستمرار بالكمية الثابتة ذاتها بواسطة عمليات الحياة. يشكل الماء في الظروف الترموديناميكية للبيوسفيرا عاملاً كيماوياً جباراً. لكن ذلك الماء (الطبيعي) المسمى «فادوزني» (انظر 89) غني بمراكز الحياة الفعالة - الكائنات الحية المجهرية، والتي تتغير بواسطة الأوكسجين والأحماض الكربونية. الماء منزوع الحياة والأوكسجين، وحمض الكربون، في درجة حرارة وضغط سطح الأرض، وفي وسط غازي خامل، يصبح جسماً قليل الفعالية كيماوياً.

يصبح وجه الأرض أيضاً ثابتاً وخاملاً كيماوياً كما هو الحال في وجه القمر الثابت، وفي شظايا الأجرام السماوية التي تصطادها جاذبية الأرض، والنيازك الغنية بالمعادن، والغبار الكوني الذي يخترق الأكوان السماوية.

21- وهكذا تشكل الحياة عامل تقض عظيم وثابت لجمود سطح كوكبنا. تتحدد بواسطتها في الواقع ليس فقط صورة الطبيعة المحيطة بنا المبنية بالألوان

والأشكال، وتجمعات المتعضيات النباتية والحيوانية، وعمل وإبداع البشرية المثقفة، بل يذهب تأثيرها أعمق من ذلك، ويخترق العمليات الكيميائية الأضخم في القشرة الأرضية.

لا يوجد توازن كيميائي ضخم في القشرة الأرضية، لا يظهر فيه بشكل أساس تأثير الحياة، التي تترك بصمة دائمة على كيمياء القشرة الأرضية كلها. وعلى هذا الأساس يمكن القول إن الحياة لا تُعد ظاهرة خارجية جاءت بمحض المصادفة إلى سطح الأرض، فهي ترتبط أوثق ارتباط مع بنية القشرة الأرضية، وتدخل في آليتها، وتؤدي في هذه الآلية دوراً عظيم الأهمية.

22- يمكننا الحديث عن كامل الحياة، وعن كل المادة الحية كوحدة متكاملة في آلية البيوسفير، رغم أن جزءاً منها فقط: الجزء الأخضر الحاوي على الكلوروفيل (اليخضور) من النبات، يستخدم أشعة الشمس بشكل مباشر، ويكون بواسطة الأشعة والتركيب الضوئي اتحادات كيميائية غير مستقرة في الحقل الترموديناميكي للبيوسفير في حال موت العضوية أو خروج الحياة منها. بذلك الجزء الأخضر يرتبط مباشرة وباستمرار كل العالم الحي. تقوم المادة الحية في الحيوانات والنباتات غير الخضراء بالمعالجة اللاحقة للاتحادات الكيميائية التي صنعها الجزء الأخضر.

ربما لا تشكل البكتريات إضافة (ملحقاً) للنباتات الخضراء، ولكن حتى البكتريات تتصل وراثياً بها بشكل أو بآخر في ماضيها (الفقرة 100).

يمكن اعتبار كل هذا الجزء من الطبيعة الحية تطوراً تالياً لعملية تحويل طاقة الشمس الضوئية إلى طاقة فاعلة للأرض. تخزن الحيوانات والفطور أجساماً غنية بالآزوت، تشكل وسائل أقوى للتغيير في مراكز طاقة كيميائية حرة، عندما تموت أو تتخرب العضوية، أو تخرج هذه الأجسام منها، تخرج من الحقل الترموديناميكي حيث كانت مستقرة (ثابتة) وتدخل إلى البيوسفير إلى حقل ترموديناميكي مختلف؛ حيث تتحلل مع إطلاق الطاقة.

وبالتالي يمكن أن نتناول كل المادة الحية بكاملها، أي مجموع كل المتعضيات الحية دون استثناء (الفقرة 160) كمجال واحد مميز لتخزين الطاقة الكيميائية الحرة في البيوسفير، وتحويل إشعاعات الشمس الضوئية إليها.

23- أوضحت دراسة مورفولوجيا⁽¹⁾ وإيكولوجيا⁽²⁾ الأجسام الخضراء منذ زمن بعيد

أن كل الجسم الأخضر في تجمعاته وفي حركته مهياً قبل كل شيء للقيام بوظيفته الكونية؛ التقاط وتحويل الإشعاع الشمسي، كما لاحظ أحد كبار الطبيعيين متفكراً بعمق في هذه الظواهر (عالم النبات النمساوي فيزنير). يؤثر الضوء في شكل النباتات الخضراء أكثر بكثير من الحرارة: «وكانه يعجن ويصنع أشكالها، كما تصنع الأجسام من البلاستيك».

وهنا نرى تعميماً تجريبياً ذا قيمة هائلة، يسرد لنا من وجهات نظر مختلفة ومتعكسة، ولا نستطيع الآن الاختيار بينها. من جهة يبحثون عن سبب الظاهرة في الداخل، في جسم حي مستقل يتهيأ لالتقاط كل الطاقة الضوئية لشعاع الشمس؛ ومن جهة أخرى يبحثون عن السبب خارج الجسم، في شعاع الشمس. الذي يعالج الجسم الأخضر الذي يضيئه ككتلة خاملة.

ومن المحتمل جداً أن يكون الأصح البحث عن سبب الظاهرة في كلا الجسمين، لكن هذا أمر يخص المستقبل. الآن يجب علينا احترام الملاحظة التجريبية، التي تعطي أكثر بكثير مما يبدو في التصورات المعروضة.

تشير الملاحظات التجريبية أنه في البيوسفيرا تتضح الرابطة المستمرة بين الإشعاع الضوئي الشمسي الذي يضيئها وبين العالم الحي الأخضر الموجود في الكائنات المنظمة.

تتواجد دائماً ظروف في البيوسفيرا تتيح للشعاع الضوئي لقاءً مع النبات الأخضر، وبذلك تتحول الطاقة التي يحملها هذا الشعاع.

يمكن الجزم بأن تحول الطاقة هذا سيستمر بشكل طبيعي مع كل شعاع شمسي، ويمكن اعتبار هذا التحول للطاقة خاصية تميز المادة الحية، وظيفتها في البيوسفيرا.

في حالات عدم حصول ذلك التحول، وعدم تمكن النبات الأخضر من القيام بوظيفته (مهمته) المخصصة له في آلية القشرة الأرضية، يتوجب البحث عن تفسير لشذوذ الظاهرة.

1- مورفولوجيا - علم تركيب الأجسام.

2- إيكولوجيا علم البيئة.

الاستنتاج الأساسي من الملاحظة هو الآلية الخارقة للعملية: يتم إصلاح الخل دون أية مشاركة من أجسام أخرى، عدا شعاع الشمس الضوئي والنبات الأخضر المبني بشكل محدد والذي يمارس الحياة (يحيا) بشكل محدد، واستعادة التوازن لا تحصل فقط في الحالة التي تكون فيها القوى المضادة كبيرة بما يكفي. ويجدر القول إن استعادة التوازن مرتبطة بالزمن.

24- إن ملاحظة (مراقبة) الطبيعة المحيطة بنا تعطينا مؤشرات في كل خطوة على وجود هذه الآلية في البيوسفيرا. وبسهولة يقود التفكير إلى إدراك عظمتها وأهميتها.

اليابسة كلها مغطاة بالنباتات الخضراء. وتشكل الأمكنة العارية من الحياة الخضراء استثناءً يضيع في الصورة العامة. عند النظر إلى وجه الأرض من الفضاء يجب أن ترى اليابسة خضراء.

وكما يسقط على وجه الأرض باستمرار تيار من ضوء الشمس، كذلك يتوزع باستمرار على سطح الأرض (براً وبحراً) الجهاز الأخضر للتقاطه وتحويله.

تشبه المادة الحية (مجموع المتعضيات) كتلة الغاز، تتوزع على سطح الأرض وتشكل ضغطاً معيناً في الوسط المحيط متجاوزة العقبات التي تعيق حركتها أو تسيطر عليها وتغطيها.

مع مرور الزمن فإنها حتماً ستغطي كامل الكرة الأرضية، ويمكن أن تغيب عنه مؤقتاً فقط، عندما تكون حركتها وإحاطتها مخربة وتعيقها قوة خارجية. هذه الحتمية والشمولية مرتبطة بالإضاءة المستمرة لوجه الأرض بإشعاع الشمس، الذي يعتبر العالم الأخضر الحي المحيط بنا مخلوقه.

هذه الحركة تحصل عن طريق تكاثر العضويات، أي الزيادة الأوتوماتيكية لكميتها، وهي دون انقطاع تسير بوتيرة محددة في الزمن، كما تسقط أشعة الشمس بوتيرة محددة على وجه الأرض.

رغم التغيير الخارق في الحياة، في مجموعات المتعضيات (في المادة الحية وحتى في المتعضيات المنفصلة) فإنه لا شك أن التكاثر والنمو، أي عملها في تحويل الطاقة الشمسية إلى كيمائية أرضية، كله يخضع لقوانين رياضية ثابتة. يؤخذ كل شيء في الحسبان، وكل شيء يهياً بالدقة نفسها وبالميكانيكية نفسها، وبالخضوع للمقياس

والتوافق نفسه، الذي نراه في حركات الأجرام السماوية المنتظمة، والتي نبدأ برؤيته في منظومات ذرات المادة وذرات الطاقة⁽¹⁾.

تكاثر المتعضيات

والطاقة الجيوكيمياوية للمادة الحية

25- يشكل الانتشار بواسطة التكاثر في البيوسفيرا للمادة الخضراء الحية واحداً من أهم تجليات آلية القشرة الأرضية وأشدّها خصوصية. إنه يشمل كل المواد الحية، الحاوية على اليخضور والفاقد له. وهي المظهر الأهم والأكثر تميزاً للحياة كلها في البيوسفيرا. وهي الفارق الجذري بين الحي والميت، وهي شكل إحاطة كامل فضاء البيوسفيرا بطاقة الحياة. وتظهر لنا في الطبيعة المحيطة بانتشار الحياة في كل مكان. وتنتشر الحياة على كل سطح الكوكب، حتى لو بدا جزء من هذا السطح من دون حياة لفترة قصيرة من الوقت، فإن الحياة والأجسام الحية ستنتشر هناك بلا شك.

إذا كان جزء من أجزاء الأرض خالياً من الحياة، فإن هذا الجزء حتماً سيمتلئ خلال فترة قصيرة أو طويلة بالكائنات الحية. إن مقياس الزمن الجيولوجي في تاريخ الكوكب هي فترة ليست كبيرة. نحن نرى كيف تتكون متعضيات في هذه الفترة متكيفة مع الحياة في ظروف جعلت الحياة مستحيلة قبل ذلك. يتسع مجال الحياة، على ما يبدو، في الزمن الجيولوجي (119-122). في كل الأحوال، لا شك أنه يحيط دائماً أو يسعى للإحاطة بكل الحيز المتاح له حتى النهاية. من الواضح أن هذا السعي يشكل علامة فارقة للمادة الحية، وليس ظهور قوة غريبة عنها، كما يحدث مثلاً لدى انتشار كومة من الرمل أو كتلة من الجليد بتأثير قوة الجاذبية.

انتشار الحياة هو الحركة المتجلية في شمولية الحياة. وهو بروز طاقتها الداخلية التي أنتجتها بالعمل الكيماوي. إنه يشبه انتشار الغاز، الذي لا يحدث بسبب الجاذبية، لكنه مظهر للحركات المستقلة للجزيئات، التي يشكل مجموعها الغاز. كذلك انتشار المادة الحية على سطح الكوكب هو مظهر لطاقتها، لحركتها الحتمية،

1- ربما أراد المؤلف أمواج الطاقة؛ إذ لا توجد ذرات طاقة.

لاحتلالها مكاناً جديداً في البيوسفيرا بكائنات جديدة خلقت بواسطة التكاثر. هو قبل كل شيء مظهر لطاقة الحياة المستقلة في البيوسفيرا. هذه الطاقة تتجلى في العمل الذي تنتجه الحياة، في نقل العناصر الكيماوية وتكوين أجسام جديدة منها. سأسمي هذه الطاقة: طاقة الحياة الجيوكيماوية في البيوسفيرا.

26- هذه الحركة للكائنات الحية عن طريق التكاثر، المنفذة بثبات ودقة رياضية مذهلة، تجري في البيوسفيرا باستمرار وتشكل العلامة الفارقة الأهم والأميز لآلية البيوسفيرا. تجري على سطح الأرض (على اليابسة)، وتخرق كل الأحواض المائية بما في ذلك الهيدروسفيرا (الغلاف المائي)، وهي ملحوظة في كل خطوة في التروبوسفيرا⁽¹⁾، وتشمل الكائنات الحية الأخرى على شكل طفيليات يكون لها مكان داخل المواد الحية ذاتها.

تستمر هذه الحركة مليارات السنين دون انقطاع أو تباطؤ، وتتجز على الدوام عملاً جيوكيماوياً ضخماً، وتمثل شكلاً لتسرب طاقة شعاع الشمس إلى كوكبنا ولتوزيعها على سطح الأرض.

يجب أن نرى فيها ليس مجرد نقل للأجسام المادية، بل ونقل الطاقة. حتى نقل الأجسام المادية بطريق التكاثر، هو عملية فريدة ومتميزة. وهي بالتالي ليست عملية انتقال بسيطة ميكانيكية للأجسام على سطح الأرض لا تتعلق ولا ترتبط مع الوسط المحيط الذي تتحرك فيه. إن الوسط الذي تتحرك فيه هذه الأجسام ليس فقط يحدد ويؤثر عن طريق مقاومته للاحتكاك، كما هو الحال فلي حركة الأجسام تحت تأثير الجاذبية. في هذه الحركة تكون الرابطة مع الوسط أعمق؛ إنها تسير فقط تحت تأثير التبادل الغازي للأجسام المتحركة، وذلك الوسط الذي تتم فيه الحركة. وهي تكون أسرع كلما كان التبادل الغازي أقوى؛ وتخدم وتتوقف إذا انعدم التبادل الغازي. التبادل الغازي هو تنفس المتعضيات، وهو كما سنرى، يغير بعمق ويوجه التكاثر. في حركة التكاثر نرى ظهور معناه الجيوكيماوي وتجليه كجزء من آلية البيوسفيرا. كما تكون هذه الحركة ذاتها صورة للشعاع الشمسي. ويشكل التنفس في حد ذاته تجلياً لطاقة ذلك الشعاع ذاته. التنفس - هو التبادل الغازي للحياة مع الوسط المحيط.

1- التروبوسفيرا: الجزء السفلي من الغلاف الجوي - يحوي 5/7 من كتلته. الكلمة يونانية من مقطعين تروبو - انعطاف وسفيرا - كرة، تحدث فيها كل العمليات المناخية. وكلمة انعطاف أو تغيير تشير إلى أنها منطقة التغيرات الجوية...

27- رغم أن هذه الحركة تجري حولنا باستمرار، فإننا لا نلاحظها، ولا يحيط بصرتنا بنتائجها العامة: ذلك الجمال، وتنوع الأشكال والألوان والحركات والنسب، التي تهبنا إياها الطبيعة الحية. نحن نرى الحقول والغابات بحياتها النباتية والحيوانية، والأحواض المائية والبحار المليئة بالحياة، والأرض المفعمة بالحياة والتي تبدو ميتة ظاهرياً فقط. نحن نرى نتيجة ساكنة، توازناً ديناميكياً لهذه الحركات، نادراً ما نستطيع ملاحظتها كما هي.

لنتوقف عند بعض الأمثلة، التي تكشف لنا هذه الحركة التي تبني الطبيعة الحية، وهي غير مرئية بالنسبة إليها، لكنها بالنسبة إلى الطبيعة الحية حركة أساسية ومميزة. نرى في بعض الأحيان على مساحات غير كبيرة نسبياً توقفاً في حياة النباتات العليا - حرائق الغابات والسهوب، الأرض المحروقة وغير المزروعة، الجزر حديثة التشكل، سيل الحمم المتبرد، المساحات المغطاة بالرماد البركاني، مساحات اليابسة المتحررة من الجليد أو الأحواض المائية، التربة الجديدة المشكلة على الصخور الميتة من الطحالب والفطور - هذه وأشكال أخرى للمظاهر اللامتناهية للحياة على كوكبنا، تشكل بقعاً خالية من الأعشاب والأشجار على غطاء اليابسة الأخضر. ويكون ذلك لفترة قصيرة. وتدخل الحياة بسرعة، وتعود الأعشاب الخضراء وبعدها الأشجار لتشغل الأماكن التي فقدتها أو أماكن جديدة. غالباً ما تحتل الأماكن من الخارج، بنقل البذور بواسطة المتعضيات المتحركة والأكثر بواسطة الرياح. وكثيراً ما تكون البذور موجودة في التربة في حالة كمون، وتبقى على هذا الشكل أحياناً حتى مئات السنين.

إن اختراق البذور من الخارج هو الشرط الضروري للتوطن، ولكن ليس هو من يقوم به. يتم التوطن بفضل تكاثر المتعضيات، ويتعلق بالقدرة الجيوكيمياوية الخاصة بالتكاثر، وهو يستمر سنياً إلى أن يستعاد التوازن المنقوض. وكما سنرى يكون ذلك في توافق تام مع سرعة انتقال الحياة في البيوسفير، انتقال الطاقة الجيوكيمياوية لدى تلك المواد الحية - النباتات الخضراء العليا. في هذه الحالة، ومن خلال متابعة استيطان المناطق الفارغة باهتمام يستطيع الإنسان أن يرى حركة انتشار الحياة، وأن يشعر حقاً بضغطها. ومن خلال أعمال الفكر يستطيع الإنسان أن يتخيل حركة الطاقة الشمسية المتحولة إلى طاقة أرضية - كيمياوية.

يشعر الإنسان بهذه الطاقة عندما يتعين عليه حماية حقوله من الاستيطان الغريب؛ فهو يصرف طاقته الخاصة لمقاومة ضغط الحياة، وهو يرى ذلك عندما

يمعن النظر في الطبيعة المحيطة به . في الصراع الأصم الأبكم عديم الرحمة من أجل البقاء، الذي تخوض حوله النباتات الخضراء، يرى ويشعر واقعياً كيف تتقدم الغابة على السهول أو كيف تحقق أشنيات التوندرا⁽¹⁾ في حركتها .

28- تشكل الحشرات مفصليات الأرجل والقراد والعناكب الكتلة الرئيسة للمادة الحية الحيوانية على اليابسة . في البلدان المدارية وتحت المدارية تلعب مستقيمات الأجنحة والنحل والنمل الأحمر «ترميت» الدور المركزي.. ويجري تكاثرها بطريقة خاصة. رغم أن الطاقة الجيوكيماوية اللازمة له (الفقرة 37) من الدرجة نفسها، إلا أنها أقل بقليل منها في النباتات الخضراء.

في ممالك النحل الأحمر تتوالد الأجيال. كائن واحد من بين عشرات الآلاف، أحياناً مئات الآلاف من الكائنات العقيمة، يقوم مباشرة بالتكاثر: إنها الملكة - الأم. إنها طوال عمرها تضع البيوض - أحياناً لمدة عشر سنوات. يقدر عدد الكائنات المستقلة الجديدة، التي يمكنها أن تولدها بالبلايين. يشار إلى حالات تعطي 60 بيضة في الدقيقة أي 86400 بيضة في اليوم بشكل صحيح كما في آلية الساعة.

التكاثر يتم بالأسراب. يغادر قسم من الذرية مع ملكة - أم جديدة وتحتل حيزاً جديداً خارج المستعمرة (منطقة الانتشار) الضرورية لبناء المملكة الأولى الابتدائية. تعمل الغريزة بدقة رياضية في المحافظة على البيوض، التي تنقلها بعيداً عنحلات العاملة، وفي استبدال الملكة القديمة - في الحالات الطارئة. في كل مكان وبذات الدقة يعمل العدد. كل شيء يخضع لمقياس القانون العددي: عدد البيوض، عدد الأسراب في السنة، وعدد سكان المملكة، حجم ووزن الأجسام، وتيرة التكاثر، والانتقال الذي تسببه لطاقة النحل الجيوكيماوية على سطح الأرض.

يمكننا أن نحصي عددياً بدقة كثافة حركة النحل على سطح الأرض بفضل تكاثرها، إذا علمنا كمية الأسراب في السنة، عدد الكائنات فيها، حجمها، وكمية البيوض التي تضعها الملكة في السنة، يمكننا الإحاطة عددياً بالتأثير الناجم عن هذه الحركة على الوسط المحيط، وضغط هذه الحركة.

1- التوندرا: نباتات ما حول الدائرة القطبية وتتميز بنمو الأشنيات والوبريات. والكلمة من اللغة الفنلندية، وتعني القمة المستوية عديمة الغابة.

هذا الضغط عظيم جداً . ويعرف الإنسان القيم في منطقة انتشاره من العمل الذي يتوجب عليه القيام به لحماية منتجات وجوده وطعامه منه .
لو لم يمكن هناك عوائق في الوسط الخارجي، وبشكل رئيس في الحياة المحيطة بالنحل، لاستطاع النحل (الترميت) أن يغطي سطح البيوسفيرا كله بمستعمراته - 5.10065×08/كم².

29- بين الكائنات الحية تحتل البكتريا مكاناً خاصاً . هذه الأجسام المنظمة تملك أصغر المقاييس المعروفة: طولها 10⁻⁴ سم وحتى 10⁻¹⁵ سم. وفي الوقت نفسه تملك أكبر قوة للتكاثر . تتكاثر بالانقسام. كل خلية تتضاعف عدة مرات في اليوم. سرعة تكاثرها الأكبر تبلغ 63-64 انقساماً في اليوم. وسطياً كل 22-23 دقيقة بشكل صحيح، كما تضع ملكة النحل بيوضها، أو كما يدور حول الشمس الكوكب الذي تعيش عليه هذه البكتريات.
البكتريات تعيش في وسط سائل أو نصف سائل . تلاحظ كتلها الرئيسية في الغلاف المائي (الهيدروسفير)، تتركز كميات ضخمة منها في التربة، تخترق الأجسام الأخرى.

لولا وجود العوائق في الوسط الخارجي، لاستطاعت البكتريات بسرعة لا يمكننا تصورها أن تكون كميات هائلة من أعقد الاتحادات الكيماوية، التي تشكل بدورها خزاناً ضخماً لطاقة كيماوية ضخمة، توافق سرعة تكاثرها الضخمة هذه الطاقة الضخمة. بهذه الطريقة تستطيع البكتريا بأقل من يوم ونصف أن تغطي سطح الكرة الأرضية بغلالة رقيقة من طبقة واحدة، تحتاج الأعشاب الخضراء أو الحشرات عدة سنين للقيام به، وفي حالات خاصة مئات الأيام.

في الوسط البحري توجد بكتريا كروية الشكل تقريباً، حجمها حسب (ي. فيشر) يبلغ 1 ميكرون مكعب أي 10⁻¹² سم³. يمكن أن يحوي اسم³ 10¹² من البكتريا. وبسرعة تكاثر قدرها - حوالي 63 انقساماً لكل خلية - يمكن أن يمتلئ السنتيمتر المكعب بالبكتريا خلال 11-13 ساعة إذا دخلته بكتريا واحدة. في الواقع لا تعيش البكتريا معزولة، بل تشكل مستعمرات، وفي شروط مواتية تستطيع ملء اسم³ بأسرع من ذلك.

عملية الانقسام تحصل حتماً بهذه الوتيرة إذا كانت الظروف مواتية، قبل كل شيء. إذا كانت حرارة الوسط تسمح بذلك. إذا انخفضت درجة الحرارة. تتناقض

سرعة توالي الأجيال، ويمكن أن يتجلى هذا التغير بعلاقة عددية دقيقة. تتنفس البكتريا على الدوام أي أنها ترتبط بشكل وثيق مع الغازات المنحلة في الماء. واضح أن كمية البكتريات لا يمكن أن تبلغ بتكاثرها في اسم³ تلك القيمة، التي تحددها كمية الجزيئات الغازية أي 2.706010^{19} (عدد لوشميدت). الجزيئات الغازية في سنتيمتر مكعب مليء بالماء ستكون أقل بمرات كثيرة. نحن نرى هنا حداً للتكاثر أصبح مظهراً للتنفس، وخاصةً من خواص الحالة الغازية للمادة.

30- مثال البكتريا يسمح لنا بالتعبير عن الحركة التي نلاحظها في البيوسفيريا بفضل التكاثر، يختلف عما فعلناه حتى الآن.

لنتخيل حقبة في تاريخ الأرض، التي يفترضها الجيولوجيون خطأ كما سنرى، عندما كان المحيط يغطي كل الكوكب. «ي زوس» نسب هذا «البحر الكوني» (في اليونانية بانتلاس) إلى العصر الأركي. لا شك أن البكتريا كانت تقطنه فآثارها معروفة في طبقات العصر القديم (الباليوزوي). طبيعة فلزات الطبقات الأركية وخاصة طبيعة تجمعاتها، تبرهن بما لا يدع مجالاً للشك على وجود البكتريا في كل العصر الأركي - في أقدم طبقات كوكبنا المتاحة للدارسة. إذا كانت الحرارة في هذا «البحر الكوني» ملائمة، ولم تكن هناك عوائق لتكاثرها، فإن البكتريا الكروية بحجم 10^{-12} سم³، خلال 1.47 يوم - أقل من يوم ونصف - كانت لتشكل في هذا البحر غشاءً متصللاً مساحته 5.10065×10^8 كم². إنها أغشية البكتريا المتشكلة بفضل تكاثرها.

أشار البروفيسور «م. أ. إيغونوف» إلى وجود غشاء رقيق من البكتريا الكبريتية على كامل مساحة البحر الأسود أي بمسافة 411540 كم². وتستقر هذه البكتريا (في حال وجودها) على حدود سطح الأوكسجين، أي على عمق 200 م. إلا أن أبحاث البروفيسور «ب. ل. ايساتشكو»، الذي شارك في بعثة «ن. م. كييوفيتش» الاستكشافية (1926) لم يؤكد تلك المعطيات. كانت هذه الظاهرة بمقاييس أقل ضخامة، لكنها متجلية بوضوح في التوازنات الديناميكية للكائنات الحية، مثلاً على الحد الفاصل بين الماء العذب والماء المالح في بحيرة ميتة من جزر كيلدينيا. يغطي سطحها دائماً طبقة متصلة من البكتريا القرمزية «ديريوغين 1926».

الكائنات المجهرية الأكبر حجماً تقدم على الدوام مثلاً على ظواهر مشابهة. من وقت إلى آخر تغطي الطبقة التي تشكلها كائنات البلاكتون في المحيط حيزاً بعشرات آلاف الكيلومترات المربعة. تتشكل مثل هذه الطبقات بسرعة لا بأس بها.

في كل تلك الحالات يمكن تمثيل الطاقة الجيوكيمياوية لتلك العمليات بشكل مشابه، وبالضبط على شكل تتقل هذه الطاقة على سطح الأرض؛ حيث سرعة النبات متناسبة مع سرعة تكاثر النوع، في حالتنا هذه بكتريا «فيشر».

عند التطور الأقصى، عندما يستوطن النوع كل سطح الأرض (10×1.0065) سم²، فإن هذه الطاقة المختلفة لكل نوع، تقطع في وقت محدد مسافة قصوى أيضاً وتساوي طول خط الاستواء أي 40075721 م.

إذا افترضنا أن بكتريا «فيشر» بحجم 10^{-12} سم³ لدى تكوين غشاء في «بحر زوس الكوني»، فإنها يمكنها تطوير طاقة ذات سرعة انتقال على امتداد قطر الأرض مقدراها 33100 سم/ثا.

يمكن التعبير عن هذه الظاهرة بشكل آخر، السرعة V تساوي 33100 سم/ثا. يمكن أن نعتبرها سرعة انتقال الحياة، أو الطاقة الجيوكيمياوية حول الكرة الأرضية، وهي تساوي سرعة دوران البكتريا حولها بطريقة التكاثر. في 1.47 يوم تلف البكتريا الكرة الأرضية بالتكاثر. تكمل دورتها كاملة حول الأرض في «البحر الكوني».. إنها سرعة تناقل الحياة على المسافة القصوى المتاحة لها. مقدار V سيكون مميزاً لكل مادة حية متجانسة وثابتاً. وسنقوم باستخدامه للتعبير عن الطاقة الجيوكيمياوية للحياة.

31- في أساس هذه القيمة المختلفة دائماً من أجل كل نوع أو جنس، تجد تأثيرها من جهة طبيعة آلية التكاثر. ومن جهة أخرى حدود التكاثر الممكن والتي تفرضها أبعاد وخصائص الكوكب.

سرعة تناقل الحياة ليست تعبيراً بسيطاً عن خواص كائنات مستقلة أو تجمعاتها - أي المواد الحية، أنها تعبر عن تكاثرها بالتوافق مع البيوسفير كظاهرة كوكبية. يدخل في هذا التعبير حتماً كل عناصر الكوكب - مقادير سطحه وخط استوائه. لدينا هنا تماثل مع بعض الخواص الأخرى للجسم، مثلاً وزنه. وزن الجسم على الأرض ووزنه على كوكب آخر سيكونان مختلفين، رغم أن الجسم ذاته لا يتغير. وهكذا بالضبط بالنسبة إلى سرعة تناقل الحياة، مثلاً على الأرض أو المريخ الذي مساحته وخط استوائه مختلفين عنهما في الأرض، ستكون سرعة تناقل الحياة مختلفة، رغم أن الجسم يبقى دون تغيير.

هذا الطابع الأرضي الخاص لسرعة تناقل الحياة يفرضه ذلك القيد الذي تدخله في مظهر آلية التكاثر الموجودة في الأجسام ككائنات مستقلة، خواص وطبيعة الأرض ككوكب، والبيوسفيرا كظاهرة كونية.

32- لم يحظ مجال ظهور التكاثر على اهتمام كبير من قبل علماء البيولوجيا، ولكنه يحتوي - بشكل لا يلاحظه هؤلاء - على عدة تعاميم تجريبية هي - حسب اعتقادنا - مفهومة غالباً لأننا اعتدنا عليها.

من بين هذه التعاميم لا بد من تمييز التالية:
1- يُمثّل تكاثر كل الكائنات بواسطة متوالية هندسية. ويمكن تمثيل ذلك في الصيغة الموحدة:

$$2^{n\Delta} = Nn$$

حيث n - عدد الأيام منذ بداية التكاثر.
 Δ - دليل المتوالية، الذي يساوي من أجل وحيدات الخلية، التي تتكاثر بالانقسام، عدد الأجيال في اليوم.
 Nn - عدد الكائنات الموجودة بفضل التكاثر بعد n يوماً.
تعتبر Δ مميزة لكل مادة حية منفصلة. لا توجد في هذه الصيغة أي حدود أو قيود لأي من حدودها: N, Δ, n .

العملية لا منتهية كما هي المتوالية لا منتهية.

2- هذه اللانهائية لإمكانية ظهور تكاثر العضوية تؤثر في تبعية (خضوع) هذه العملية في البيوسفيرا أي خضوع انتشار المادة الحية لقانون العطالة. يمكن أن تتأخر عملية التكاثر في ظهورها فقط بواسطة قوى خارجية، تتجمد في درجة حرارة منخفضة، تتوقف أو تضعف بسبب عدم كفاية الغذاء أو التنفس، ولدى انعدام المكان لعيش الكائنات الجديدة. حتى في عام 1858 أورد «داروين» و«أوليس» هذه الفكرة بصيغة، كانت واضحة منذ زمن بعيد لعلماء الطبيعة الذين تفكروا في هذه الظواهر مثل «ليني»، «بوفون»، «غومبولدت»، «إيرنبرغ»: لولا العوائق الخارجية فإن أي عضوية في زمن معين تستطيع أن تغطي بتكاثرها كل الكرة الأرضية، وأن تنتج ذرية تساوي بحجمها كتلة المحيط أو القشرة الأرضية.

3- وتيرة التكاثر المفروضة في هذا الأثر مختلفة من أجل كل عضوية وتتعلق بشكل وثيق بمقاييس العضوية. العضويات الصغيرة أي العضويات الأخف تتكاثر أسرع بكثير من العضويات الكبيرة، أي العضويات الأثقل وزناً في الوقت نفسه.

33- في هذه الأوضاع التجريبية الثلاثة تتمثل ظواهر تكاثر العضويات خارج الزمان والمكان أو بالأصح في الزمان والمكان الهندسيين والميكانيكيين المتجانسين وعديمي الشكل.

في الواقع فإن الحياة، بشكلها الذي ندرسها فيه، هي ظاهرة أرضية بحتة - كوكبية - لا تتفصل عن البيوسفيرا، وقد تكونت وتلاءمت مع ظروفها .
إن الحياة المنقولة إلى زمان ومكان الرياضيات المجردين - هي وهم، اختلقه عقلنا، ويختلف عن الظاهرة الواقعية.

إذا أردنا الحصول على تصورات علمية دقيقة، فيجب علينا أن ندخل تصحيحات إلى فرضياتنا عن خصائصها وإلى المفاهيم المجردة للزمان والمكان، هذه التصحيحات يمكن أن تغير جذرياً - كما نرى في هذه الحالة - استنتاجاتنا التي لم تأخذ في الحسبان الزمان والمكان الأرضيين.

34- تعيش العضويات على الأرض في حيز محدود، مقاييسه واحدة بالنسبة إليها كلها . إنها تعيش في فضاء محدد البنية في وسط غازي أو سائل تخترقه الغازات. ورغم أن الزمان يعتبر لدينا دون حدود، إلا أن زمن عملية ما في فضاء محدود، كعملية تكاثر العضويات، لا يمكن أن يكون دون حدود . سيكون له حد مختلف من أجل كل عضوية حسب طبيعة عملية تكاثرها .

ويشكل تقييد كل المقادير المحددة لظاهرة التكاثر نتيجة حتمية لهذا الوضع. يجب أن توجد الأعداد القصوى للكائنات التي تستطيع إعطاء مواد حية متنوعة. هذه الأعداد N_{max} - يجب أن تكون منتهية ومميزة لكل نوع أو عرق. يجب أن تنحصر سرعات تناقل الحياة بحدود دقيقة ومعينة لا يمكن تجاوزها أبداً. أخيراً مقادير Δ للمتواليات الهندسية للتكاثر تملك أيضاً حدوداً معينة.

يثبت هذه الحدود مظهران للكوكب: 1- مقاييسه. 2- الامتلاء الفيزيائي للفضاء، الذي تجري فيه الحياة بالسوائل والغازات - قبل كل شيء بخواص الغازات وطبيعة التبادل الغازي.

35- لتتوقف على الحد الذي تفرضه مقاييس الكوكب. نرى تأثير هذه المقاييس في كل خطوة. الخزانات المائية الصغيرة جداً يغطي سطحها بالكامل نباتات خضراء سباحة عليها. في مناطقنا (أي في روسيا) غالباً هي سراخس مائية وأشنيات وسواها يغطي سطح الماء غطاء متصلاً أخضر دون فجوات، وتتزاخم النباتات على سطح الماء وتتوضع أوراقها القرصية فوق بعضها. عمليات التكاثر مستمرة لكنها بطيئة بسبب العوائق الخارجية - قبل كل شيء بسبب عدم وجود المكان. إن عملية التكاثر تنطلق من جديد، فقط إذا تسببت العوامل الخارجية بظهور مكان فارغ على سطح الماء مثل موت بعض النباتات أو اقتلاعها. وعلى الفور يجري تعويضها بالتكاثر. من الواضح أن كمية النباتات التي تستطيع أن تتواجد على المساحة المخصصة محددة تبعاً لمقاييسها وشروط حياتها. فعندما تبلغ هذه الكمية تتوقف عملية التكاثر، تكبحها عوائق خارجية لا يمكنها اجتيازها. في كل مستنقع يظهر توازن ديناميكي محدد مثل ذلك الذي يلاحظ لدى تبخر الماء من سطحه. مرونة الأبخرة ومرونة الحياة متشابهتان ميكانيكياً.

مثال آخر يعرفه الجميع يمثل في لوحة الطبيعة حياة النباتات المائية الخضراء - الأنواع المختلفة من البروتوكوكوس، التي تمتلك طاقة جيوكيماوية أكبر بكثير من الطحالب. فهي تغطي في الظروف المواتية بشكل متصل دون فواصل أو فجوات (الفقرة 50) سوق الأشجار، ولا يبقى مكان تذهب إليه. عملية التكاثر تتوقف، وتتجدد ما إن تظهر إمكانية توضع كائنات جديدة من البروتوكوكوس. إن عدد هذه النباتات الذي يستطيع أن يتواجد على سطح الشجرة محدد بدقة لا يمكن تجاؤها.

36- هذه التصورات يمكن أن تسري على كل الطبيعة الحية وعلى المجال المتاح لعيشها - سطح كوكبنا. يتحدد المظهر الأقدر على الوجود لقوة التكاثر بمقاييس الكوكب، ويعبر عنها في كمية الكائنات التي يمكن أن تستوعبها مساحة تساوي $5.10065 \times 10^8 \text{ كم}^2$. هذه الكمية تابعة لكثافة تجمع العضويات الممكنة لحياتها.

هذه الكثافة مختلفة من أجل الطحالب ونباتات البروتوكوكوس وحيدة الخلية تحدها مقاييس الأجسام فقط، العضويات الأخرى تتطلب مساحة أكبر بكثير من أجل الحياة. يتطلب الفيل في الهند 30 كم^2 . والنعجة في جبال اسكتلندا حوالي 10^2 م^2 ، خلية النحل المتوسطة $10-15 \text{ كم}^2$ (لا أقل من 200 م^2 للنحلة الواحدة) من غابات

أوكرانيا الحمراء من 3000 وحتى 15000 من عوالمق البلاكتون تنمو جيداً في 1000سم³ من ماء البحر، 25-30سم² تكفي للنباتات ذات السنايل الغذائية. عدة أحياناً (عشرات) أمتار مربعة - من أجل أشجار الغابة العادية.

من الواضح أن سرعة تناقل الحياة تتعلق بالكثافة الممكنة للكائنات، التي تعيش جيداً ولا تعاني في مظاهر تجمعاتها من ازحام المادة الحية.

لن أتوقف على هذا الثابت المهم للحياة في البيوسفيرا، الذي لم يدرس إلا قليلاً جداً. من الواضح أن الكثافة العظمى للطبقة المتصلة (من الطحالب أو البروتوكوكوس) أو امتلاء اسم³ بالبكتريا الدقيقة (فقرة 29) تعطينا الكمية العظمى المسموح بها من أجل نوع محدد لعدد أفرادها في البيوسفيرا. للحصول على هذا العدد لا بد من اعتبار الكثافة مساوية لمربع الطول الأقصى أو العرض (العامل K1)⁽¹⁾.

37- حدود التكاثر التي تفرضها مقاييس الكوكب، توقف العملية الحتمية بهذه الطريقة إلى جانب التأثير العميق الذي يتركه الوسط الأخضر (الفقرة 123) يعطي هذه العملية ملامح مميزة جداً وهامة جداً.

قبل كل شيء، من الواضح أنه توجد نهاية متساوية من أجل كل العضويات وهي المسافة القصوى، التي يستطيع انتشار نقل الحياة أن يبلغها. وهي تساوي طول خط الاستواء الأرضي (أي V2 40075 م).

ثانياً من أجل كل نوع أو عرق يوجد حد أقصى لعدد أفرادها لا يمكن تجاوزه أبداً. هذا العدد الأقصى يحدث الامتلاء الكامل لسطح الأرض بالنوع المعين لدى بلوغ الكثافة القصوى الممكنة لحياته. سأرمز لهذا العدد N_{max} وسأسميه العدد الثابت للمادة الحية المتجانسة، وله أهمية كبيرة من أجل تقييم تأثير الحياة الجيوكيماوي. وهو يوافق الظهور الأعظمي الممكن لطاقة مادة حية متجانسة معينة في البيوسفيرا، وعملها الجيوكيماوي الأعظمي، وسرعة بلوغه المختلفة من أجل كل كائن تمثل بسرعة نقل الحياة - V.

هذه السرعة V تتعلق بالعدد الثابت وفق الصيغة التالية:⁽²⁾

1- انظر مقالتي في مجلة أنباء أكاديمية العلوم 1926. ص272، 1927 ص241، Rev. gen. Sci, 700. p.661. 1926. Paris.

2- في الأصل ورد تفسير للعدد 3.1396 في هامش الناشر وهو خاطئ ولذلك لم يتم ذكره هنا.

$$V = \frac{1396.3^{(r)} \cdot \Delta}{\lg N_{\max}}$$

واضح أنه إذا بقيت سرعة نقل الحياة ثابت Δ التي تمثل قوة التكاثر (فقرة 32) يجب أن تتناقض. إن تكاثر العضويات يجب أن يبطئ أكثر فأكثر كلما ازداد عدد الأفراد واقترب من العدد الثابت.

38- نرى هذه الظاهرة في الطبيعة المحيطة بنا، وقد نوه عنها علماء الطبيعة القدامى، وأكدها بوضوح منذ أربعين عاماً خلت المراقب الدقيق للطبيعة الحية (ك. زيمبر 1888). لاحظ زيمبر أنه في خزانات الماء غير الكبيرة ولدى تساوي كل الشروط، يتناقض تكاثر العضويات عندما يزداد عدد أفرادها. لا يبلغ عددها العدد الثابت أو يتأخر بلوغه (يبطئ) كلما اقترب العدد الكلي للعضويات من العدد الثابت. يوجد سبب ما - وربما ليس خارجياً دائماً، ينظم العملية. إن تجارب بيرلي ومساعديه على ذبابة «وروسفيل» والدجاج (1911-1912) تؤكد تعميم زيمبر ذاك في أوساط أخرى.

39- يمكن أن تعطينا سرعة نقل الحياة مفهوماً واضحاً عن الطاقة الجيوكيمياوية لحياة عضويات مختلفة، وهي تتذبذب ضمن مجال واسع وتتبع بشكل لصيق حجم العضوية، من أجل أصغر العضويات (البكتريا)، قريبة من سرعة الصوت كما رأينا 33100 سم/ثا، إلى أضخم الحيوانات (الثدييات الضخمة) وهي تساوي أجزاء السنتيمتر - مثلاً من أجل الفيل الهندي $V=0.09$ سم/ثا. هذه هي الحدود القصوى. وبينها تقع سرعة انتقال الحياة لكل العضويات الأخرى وهي تتبع حجم الجسم. في حالات أبسط (مثلاً من أجل العضويات ذات الشكل القريب من الكرة)، يمكن الآن أن نعبر عن علاقة مقاييس العضوية بالسرعة V رياضياً. لكن وجود علاقة رياضية محددة في هذا المجال دائماً وفي كل مكان يوافق التعميم التجريبي المتين (الفقرة 32).

40- كما تعطي سرعة انتقال الحياة مفهوماً واضحاً عن طاقة حياة البيوسفيرا وعن عملها فيها، ولكنها لا تكفي لتعيينها. من أجل ذلك يتعين علينا اعتبار كتلة الجسم، الذي تتحدد طاقة انتشار تجمعاته في البيوسفيرا تساوي V .

الصيغة $\frac{PV^2}{2}$ ، حيث P - متوسط وزن العضوية التي سرعة انتشار طاقتها الجيوكيمياوية تساوي V ، تعطينا صيغة الطاقة الجيوكيمياوية المركبة للمادة الحية، التي تؤخذ صيغة P من أجل متوسط وزن عضوية النوع (أو متوسط وزن أحد أفراد المادة الحية المتجانسة) يمكن ويجب أن تستبدل منطقياً بمتوسط عدد الذرات، الذي يوافق أحد أفراد النوع. في وضع معارفنا الحالي يجب أن نهتم ليس بوزن الذرات، بل بعددها، الذي يمثل الظاهرة الحقيقية. لسوء الحظ يمكن حسابه في حالات خاصة استثنائية فقط، لأنه لا يوجد تقريباً تحليل كيمياوي للأجسام على مستوى العناصر، وفق نسبتها إلى مساحة محددة أو حجم محدد من البيوسفيرا، وهو يمكن أن يعطينا تعبيراً للعمل الكيمياوي الذي يمكن أن ينجزه نوع محدد أو عرق في العمليات الجيوكيمياوية لهذه المساحة أو لهذا الحجم.

منذ زمن بعيد لدينا مقارنة لتحديد جزء الطاقة الجيوكيمياوية للمادة الحية، هذه الطريقة بالنسبة إلى مساحة محددة - هكتار - في صيغة أكمل يتمثل في كمية المادة العضوية، التي يمكن تكوينها بتكاثر ونمو الكائنات في الهكتار. رغم أن هذه المعطيات ليست تامة، ولا تشملها النظرية بدرجة كافية، فقد قادت إلى تعميمات تجريبية هامة.

لا شك أن كمية المواد العضوية المتشكلة على الهكتار محدودة وتتصل بشكل وثيق مع طاقة أشعة الشمس، التي يلتقطها النبات الأخضر. الطاقة الجيوكيمياوية المجمعة بهذه الطريقة - أي بتكاثر العضويات هي القدرة الشمسية المتحولة. ثانياً يتضح أكثر فأكثر أنه في حالة المحاصيل القصوى، فإن كمية المواد العضوية الناتجة من هكتار واحد من الأرض ومن هكتار من المحيط المائي، هي في الحقيقة أرقام متقاربة. إن هكتار التربة يشمل طبقة بسماكة ضئيلة لا تتجاوز عدة أمتار، أما مثله في المحيط فسيكون طبقة بسماكة عدة كيلومترات. إن تساوي قدرة الحياة المنتجة في كل منهما يشير إلى الإضاءة من الأعلى كمصدر لها.

من المحتمل أن يتعلق هذا بالخصائص المميزة للتربة على اليابسة، في تخزينها تركيزاً عالياً للعضويات التي تحوي طاقة ضخمة (انظر الفقرة 100). بفضل هذا التركيز لطاقة المادة الحية يمكن لطبقة رقيقة من التربة أن تقارن بالطبقة ذات السماكة الضخمة من البحر من حيث الأثر الجيوكيمياوي؛ حيث تركيز الحياة يمد بكتلة الماء الخاملة.

41- القدرة الحركية الجيوكيمياوية في العضوية هي $\frac{PV^2}{2}$ ، منسوبة إلى الهكتار أي إلى 10^8 سم^2 تتمثل بالصيغة التالية، حيث $8+5 \frac{10^8}{K}$ كمية العضويات في الهكتار عندما تبلغ مقدار العدد الثابت (الفقرة 37) و k - عامل كثافة الحياة (الفقرة 36):

$$A = \frac{PV^2}{2} \cdot \frac{10^8}{K} = \frac{PV^2 \cdot N_{\max}}{2 \times 5.10065 \times 10^{18}}$$

من المميز جداً أن هذه القيمة من أجل وحدات الخلية ثابتة. وتأخذ الصيغة من أجل وحدات الخلية الشكل التالي:

$$A = \frac{PV^2}{2} \cdot \frac{10^8}{K} = a \times 3.51 \times 10^{12} \text{ CGS}$$

حيث a - عامل قريب من الواحد (يوافق الوزن النوعي لوحيدات الخلية غير المعروف لدرجة كافية).

من العلاقة يتضح أن القدرة الحركية الجيوكيمياوية لوحيدات الخلية تحددها السرعة V المتعلقة بوزن العضوية ووتيرة تكاثرها Δ . قيمة V المنسوبة إلى Δ تحدد بالمعادلة البسيطة التالية⁽¹⁾:

$$V = \frac{46383.93 \times \lg 2 \times \Delta}{18.70762 - \lg K}$$

الثوابت العددية لكل أنواع العضويات تتعلق بمقاييس الكوكب (مساحة سطحه وطول خط الاستواء فيه، يستخدم السنتيمتر والثانية كوحيدات الزمن والطول)⁽²⁾.

$$A = \frac{S}{t} = \frac{4.0075721 \times 10^9}{86400} = 46383.93 \text{ Cm/S} \quad -1$$

2- الصيغة V من كل العضويات وليس فقط وحدات الخلية. صيغة $A1$ للعضويات الأرقى (كثيرات الخلايا) والنباتات كثيرة الخلايا مختلفة وقيمتها أقل، ويتعلق ذلك بظاهرة التنفس وفوارق أجسامها العميقة. لا أستطيع هنا الدخول في هذه الظواهر المعقدة، - المؤلف.

من علاقة السرعة يتضح أن مقاييس الأرض وحدها غير كافية لتفسير القيم الحدية من أجل V و Δ .

القيمة العظمى لـ V المعلومة لدينا هي: 33100 سم/ثا ، والقيمة العظمى لـ Δ - 64-63.

هل يمكن أن تتجاوز هذه الحدود أم لا؟ (من المعادلات الواردة نرى أن هذا ممكن حتى في حالة ثبات القدرة الحركية في الهكتار الواحد). أم أن هناك ظرفاً في الطبيعة يمنع ذلك؟

هذا الظرف موجود وهو التبادل الغازي للعضويات. إنه الشرط الضروري والحتمي لوجودها وخصوصاً لتكاثرها .

42- لا توجد عضويات دون تبادل غازي، دون تنفس. كلما ازدادت سرعة التكاثر، ازدادت وتيرة التنفس. ويمكننا الحكم دوماً من درجة التبادل الغازي على وتيرة الحياة.

على مستوى البيوسفيرا لا بد لنا طبعاً أن نأخذ في الحسبان ليس فقط تنفس عضوية واحدة منفصلة، بل الناتج العام للتنفس، لا بد من اعتبار التبادل الغازي - تنفس كل الكائنات الحية، والإحاطة به كجزء من آلية البيوسفيرا .

بهذا الخصوص توجد منذ زمن بعيد تعاميم تجريبية، قليلاً ما لفتت اهتمام العلم حتى الآن ولم تؤخذ بعين الاعتبار في فكرنا العلمي.

أحدها يشير إلى أن غازات البيوسفيرا هي ذاتها التي تتكون في التبادل الغازي للكائنات الحية. ولا يوجد سواها في البيوسفيرا:

$\text{NH}_3, \text{CH}_4, \text{H}_2\text{O}, \text{CO}_2, \text{N}_2, \text{O}_2$... وهذا لا يمكن أن يكون مصادفة.

ومن ثم كل الأوكسجين الحر في البيوسفيرا يتكون على سطح الأرض، فقط بفضل التبادل الغازي للعضويات الخضراء. هذا الأوكسجين الحر هو المنبع الرئيس للطاقة الكيماوية الحرة.

ثالثاً وأخيراً تساوي كمية هذا الأوكسجين الحر في البيوسفيرا $1.5 \cdot 10^{21}$ غرام. ثم حساب كل من الكميتين بشكل مستقل تماماً إحداها عن الأخرى.

هذه العلاقة الوثيقة بين غازات الأرض والحياة تشير بما لا شك فيه إلى أن التبادل الغازي للعضويات - وفي المقام الأول تنفسها - يجب أن يكون له الأهمية الأولى في النظام الغازي للبيوسفيرا، أي أن ذلك يشكل ظاهرة كونية .

43- هذا التبادل الغازي - التنفس - يحدد كل وتيرة التكاثر، وهو يضع حدود وقيم V و Δ .

لا يمكن لهذه القيم أن تتجاوز الحدود التي تنقض الغازات خاصة.

لقد أشرت في (الفقرة 29) إلى أن كمية العضويات التي تستطيع أن توجد في سنتيمتر مكعب واحد من الوسط يجب أن تكون أقل من كمية جزيئات الغاز فيه أي أقل من $2.706 \cdot 10^{19}$ (عدد لوشميدت). إذا كانت قيمة V أكبر من 33100 سم³/ثا، فإنه من أجل العضويات الأصغر من البكتريا (أ بقياس أصغر بدرجة من 10^{-5} N) يكون عدد أفرادها بسبب تكاثرها يفوق 10^{19} في اسم³.

مع وجود التبادل الحتمي بين الجزيئات الغازية والعضويات، يصبح واضحاً أن كمية العضويات التي تمتص وتفرز الجزيئات الغازية، والتي مقاييسها قريبة من مقاييس الجزيئات، يجب أن يزداد بتناقض مقاييس العضويات، وبسرعة أكبر فأكثر وفي النهاية بسرعة فائقة صعبة التصور.

وهكذا وفق تصوراتنا الحديثة نصل إلى اللامعقول الفيزيائي. إذا كان تحديد عدد الأفراد في السنتيمتر المكعب يحدد المقاييس الأصغر للعضوية وبهذه الطريقة يوضع حد أقصى من أجل Δ و v ، فإن النسبة الثابتة بين عدد العضويات وعدد الجزيئات الغازية في الحجم المفروض - ظاهرة التنفس - تلعب دوراً كبيراً وظاهراً باستمرار في ظاهرة التكاثر.

يتضح أن التنفس ينظم كل هذه العملية على سطح الأرض. ويضع العلاقة المتبادلة بين عدد العضويات مختلفة الإنتاجية (غزارة التكاثر)، وتحدد على غرار درجة الحرارة مقدار Δ ، التي تستطيع عضوية محددة بلوغها في الواقع، كما يحدد القيمة القصوى لـ Δ ، الموافق لمقاييس العضوية، ولا يسمح ببلوغ الأعداد الثابتة.

في عالم الكائنات الحية في البيوسفيرا يجري صراع قاس من أجل البقاء - ليس فقط على الغذاء، بل وعلى الغاز الضروري، وهذا الأخير أساسي أكثر لأنه يجعل التكاثر في حدود طبيعية.

بواسطة التنفس تتجدد الطاقة الجيوكيمياوية القصوى الممكنة للحياة في الهكتار الواحد.

44- إن نتيجة هذا التبادل الغازي وتكاثر العضويات الذي يحدده ضخمة حتى على مستوى البيوسفيرا. لا يوجد أي تشابه ولو من بعيد مع المادة الجامدة.

بفضل التكاثر تستطيع كل مادة حية أن تكون أية كمية من المادة الحية الجديدة. لا نعرف وزن البيوسفيرا، لكنه يشكل جزءاً صغيراً من وزن القشرة الأرضية بعمق 16 كم (انظر الفقرة 77). التي يساوي وزنها 1.25×10^{25} غرام. يمكن لقوة التكاثر أن تكون كمية من المادة مساوية لوزن القشرة بزمان ضئيل غير جيولوجي إذا لم يعق الوسط الخارجي ذلك.

إن عصية الكوليرا *Bacterium coli* تستطيع أن تنتج هذه الكتلة من المادة في 1.60-1.75 يوماً.

النبات المائي الأخضر *Nitzschia Putrida* - عضوية ثنائية التغذية في الطمي البحري، تتغذى على المواد العضوية المتحللة وفي الوقت نفسه تلتقط شعاع الشمس - يمكنه أن ينتج 2.0×10^{25} غرام من المادة في 24.5 يوم. هذا من أكثر العضويات الخضراء سرعة في التكاثر. ربما لأنه يتناول جزءاً من المواد العضوية الجاهزة. أحد أقل العضويات سرعة في التكاثر - الفيل - يمكن أن ينتج كمية مساوية من المادة في 1300 سنة. لكن ما قيمة السنين والقرون في الزمن الجيولوجي أي في زمن الكوكب؟ يجب أن نأخذ بعين الاعتبار أن كتلاً جديدة مساوية للمقدار نفسه أي 2.0×10^{25} ستتشكل مع مرور الزمن بفترة أقصر بما لا يقاس.

هذه الأرقام تعطينا فكرة عن تلك القوى التي تتجلى في ظاهرة التكاثر.

45- طبعاً على أرض الواقع لا تعطي أية عضوية هذه الكميات. إلا أن تنقلات كتل كهذه في البيوسفيرا بفعل قوة التكاثر حتى خلال عام واحد، ليست خيالية مطلقاً، بل هي في الواقع قليلة.

هذه الأرقام ليست منافية للواقع. فنحن نلاحظ فعلاً تجليات الحياة، التي تليها في الطبيعة المحيطة بنا.

لا يخامرنا الشك بأن الحياة خلال عام واحد بواسطة التكاثر تكون أعداداً من العضويات كتلتها من درجة 10^{25} غرام، ويحتمل أكثر من ذلك بمرات كثيرة جداً.

وهكذا في كل لحظة يوجد في البيوسفيرا $n \cdot 10^{20}$ - $n \cdot 10^{21}$ غرام من المادة الحية. هذه المادة دائماً وأبداً تموت وتتكون ليس بالنمو وإنما بالتكاثر بشكل رئيس. تتكون أجيال في فترة تتراوح بين عشرات الدقائق ومئات السنين. تتجدد بواسطتها المادة التي تحيط بها الحياة. تلك المادة الموجودة لدينا في كل دقيقة تشكل جزءاً ضئيلاً مما يتكون في العام، لأن كميات ضخمة تتكون وتموت حتى خلال أيام.

أمامنا توازن ديناميكي، يحافظ عليه بكمية من المادة يصعب على العقل الإحاطة بها. من الواضح أنه حتى خلال اليوم تتكون وتتخرب بالموت، والولادة، والأيض (التحول الغذائي) والنمو كتل هائلة من المادة الحية. من يستطيع إحصاء كميات العضويات التي دائماً تتكون ودائماً تموت. هذه المهمة تفوق صعوبتها صعوبة إحصاء حبيبات رمل البحار - مهمة أرخميدس. كيف تحصى حبيبات الرمل الحية التي تتغير كميتها باستمرار مع مرور الزمن؟

هنا في وقت واحد تتجمع وتتغير عضويات لا حصر لها في المكان والزمان. عدد ما كان منها وما هو كائن حتى خلال فترة قصيرة من الزمن يفوق عدد حبيبات رمل البحر، ولا شك أكثر بما لا يقاس من 10^{25} .

المادة الحية الخضراء

46- مقارنة مع قوة التكاثر، أو مع طاقة المادة الحية الجيوكيمياوية، فإن كتلتها الموجودة في البيوسفيرا كل لحظة البالغة 10^{20} - 10^{21} غرام لا تعتبر كبيرة. هذه الكتل مرتبطة وراثياً مع المادة الحية الخضراء، الوحيدة القادرة على التقاط طاقة الشمس الإشعاعية.

للأسف لا تسمح معارفنا الحديثة أن تحصى أي جزء من مجموع المادة الحية يشكل عالم النبات الأخضر. يمكن حتى الآن أن نعطي مفهوماً تقريبياً جداً عن الجانب الكمي للظاهرة.

لا يمكن التأكد من أن المادة الحية الخضراء تشكل غالبية المادة الحية كميّاً، من حيث الكتلة، على كل سطح الأرض. لكن على ما يبدو، أنها تغلب على اليابسة. في المحيط يعتبر عادةً أن الحياة الحيوانية تتفوق كميّاً - من حيث الكتلة حتى إذا كانت الحياة الحيوانية - غيرية التغذية - تغلب في النهاية في كتلة المادة الحية بالكامل، فإن هذا التفوق لا يمكن أن يكون كبيراً جداً.

ألا تنقسم المادة الحية إلى نصفين أو إلى نصفين تقريباً من حيث الوزن: إلى مادة خضراء ذاتية التغذية ومادة مولودة منها غيرية التغذية؟ لا نستطيع الإجابة على هذا السؤال.

لكن في كل الأحوال، لا شك، أن المادة الحية الخضراء وحدها تعطي كتلاً من درجة 10^{20} - 10^{21} غرام، توافق كل المادة الحية.

47- إن بنية هذا المحول الأخضر للطاقة الشمسية على اليابسة تختلف بشدة عنها في البحر. على اليابسة تغلب النباتات العشبية ظاهرة الإلقاح. الجزء الخشبي يشكل من حيث الوزن جزأها الأعظم القريب ربما من كامل وزنها. النباتات المائية الخضراء وغيرها من خفيات الإلقاح وعلى الأخص أحاديات الخلية الحاوية على اليخضور، تتراجع إلى الخلف. في المحيط تغلب عضويات مجهرية خضراء وحيدة الخلية، الأعشاب مثل *Zostera*، والنباتات المائية الكبيرة تشكل جزءاً صغيراً من الحياة النباتية. وهي تتركز عند الشواطئ في المياه الضحلة حيث تصل أشعة الشمس. إن تجمعاتها العائمة كتجمع السراخس في المحيط الأطلنطي تضيق في اتساع الحدود البحرية.

تغلب كثيرات الخلايا الخضراء على اليابسة، الأسرع تكاثراً من بينها الأعشاب. سرعة انتقال الحياة للأشجار على ما يبدو، أقل. وحيدات الخلية الخضراء تغلب في المحيط.

السرعة V عند كثيرات الخلايا لا تكاد تتجاوز السنتيمترات في الثانية، عند وحيدات الخلية الخضراء تصل آلاف السنتيمترات، أي تفوق بمئات المرات قوة تكاثر كثيرات الخلايا.

هذه الظاهرة تميز بحدة الفرق بين حياة البر وحياة البحر. ورغم أن الحياة الخضراء في البحر ربما تبقى أقل منها في البر، إلا أن الكمية العامة لها تفوق مثيلتها في البر بسبب تفوق كتلة المحيط على كتلة اليابسة.

تشكل وحيدات الخلية الخضراء في المحيط المحول الرئيس لطاقة الشمس الضوئية إلى طاقة كيميائية في كوكبنا.

48- يمكن تمثيل الطبيعة الطاقوية المختلفة للنباتات الخضراء في البحر والبر بأعداد دقيقة وبشكل آخر. المعادلة:

$2^{NA} = Nn$ (الفقرة 32) تعطينا تغير العضوية في اليوم (α) لدى التكاثر، فإذا أخذنا عضوية ابتدائية واحدة، لدينا من أجلها (في اليوم الأول عندما $n=1$):

$$2^{\Delta} - 1 = \alpha$$

ومنها :

$$2^{\Delta} = (\alpha + 1)$$

$$2^{n\Delta} = (\alpha + 1)^n \text{ و}$$

قيمة α ثابتة من أجل كل نوع، وهي تحدد التغير اليومي لعدد العضويات الناتج عن عضوية واحدة. أي يشير إلى تزايد عضوية واحدة في اليوم.

يحدد المقدار $(\alpha + 1)^n$ عدد العضويات الذي تكون بالتكاثر في اليوم n ، $(\alpha + 1)^n = Nn$.

أهمية هذه الأعداد تتوضح بالمثال التالي. حسب «لومان» التكاثر المتوسط للبلانكتون (مع اعتبار موته والتهامه) يمكن أن يمثله الثابت $(\alpha + 1)$ ، الذي يساوي 1.2996 ذلك الثابت نفسه من أجل محصول القمح في فرنسا يساوي 1.0130. هذه المقادير توافق القيمة اليومية المتوسطة المثلى لعضوية واحدة من القمح والبلانكتون بعد يوم واحد من التكاثر. بهذا الشكل تكون نسبة كميتي عضويات القمح والبلانكتون:

$$\frac{1.2996}{1.0130} = 1.2829 = \delta$$

هذه العلاقة سوف تتزايد مع كل يوم بدرجة واحد لـ δ ، أي أن اليوم n تكون

δ .

من أجل اليوم رقم 20 القيمة تساوي 145.9، أما في اليوم رقم 100 يكون عدد عضويات البلانكتون أكبر بـ 6.2810^{10} مرة من عدد أفراد القمح خلال دورة العام. بعد أن يتجمد مؤقتاً نمو القمح هذا الفرق δ^{365} - يبلغ رقماً فلكياً $3.1 \cdot 10^{39}$. بالطبع بفارق كهذا بين وتأثر التكاثر يختفي فرق الوزن بين النبات العشبي البالغ للبر الذي يزن مئات الغرامات أي $n \cdot 10^2$ ، والعضوية المجهرية للبلانكتون التي تزن أجزاء قليلة من عدة ملايين أجزاء الغرام أي $n \cdot 10^{-10}$ - $n \cdot 10^{-6}$.

تبلغ المادة الخضراء المنتظمة في البحر هذه النتيجة بفضل سرعة دورة مادتها. القوة التي أودعها فيها شعاع الشمس، تسمح له خلال عشرات الأيام (خلال 50-70

يوماً) وربما أقل، بتكوين كتلة من المادة يساوي وزنها وزن القشرة الأرضية (الفقرة 44). مثل هذه الكمية الحدية يمكن أن تنتجها النباتات العشبية في البر خلال عدة سنوات، مثلاً نبات *Solanum nigrum* ينتجها في خمسة سنوات (نبات زهري من الفصيلة الباذنجانية).

لا بد من اعتبار أن هذه الأرقام لا يمكن أن تكون قابلة للمقارنة كمياً، للتعبير عن دور النبات العشبي الأخضر والبلانكتون الأخضر في البيوسفير. لمقارنة كهذه يجب أن نأخذهما في فترة زمنية واحدة منذ بداية العملية، يتضخم الفرق بسرعة مع مرور الزمن. في تلك الفترة التي تنتج فيها الـ *Solanum nigrum* مادة مقدارها 2.10^{25} ، فإن البلانكتون الأخضر ينتج في نفس الفترة كمية يصعب التعبير عنها بأرقام مفهومة.

49- هذا الفارق بين المادة الحية الخضراء على اليابسة وفي البحر ليس مصادفة، هذا الفارق ينتج شعاع الشمس، ويرتبط بعلاقة هذا الشعاع المختلفة مع الماء السائل الشفاف ومع المادة الصلبة غير الشفافة للأرض. إن عالم البلانكتون سريع التكاثر أي الذي يملك طاقة أكبر بما لا يقاس في البيوسفير يميز ليس فقط حياة المحيط - بل يميز أية حياة مائية بالمقارنة مع حياة اليابسة. إن قيمة δ^n يمكن أن تعطي فكرة عن الطاقة المختلفة للمواد الحية موضوع المقارنة، إلا أنه من وجهة نظر جيوكيماوية فإن طاقتها تتجلى أيضاً في كتلة ووزن العضويات المكونة. تتعين كتلة المادة الحية المكونة بجداء عدد العضويات ومتوسط وزنها P أي:

$$M=p(\alpha+1)^n$$

فقط في الحالة، التي تستطيع فيها العضويات الدقيقة أن تنتج كتلة كبيرة من المادة في البيوسفير، ستكون في وضع أفضل من العضويات كبيرة الحجم في البيوسفير وفق المبادئ العامة للطاقة، لأن أي منظومة تبلغ التوازن المستقر عندما تتعدم طاقتها الحرة أو تقترب من الصفر، تصبح أقل إمكانية. أي أنه عندما ينجز كل العمل الممكن في شروط المنظومة، فسوف نرى أن كل عمليات البيوسفير - وعموماً عمليات القشرة الأرضية - ووجهها المشترك تحددها شروط توازن الجمل الميكانيكية التي يمكن أن تؤول إليها.

يمثل الإشعاع الشمسي إحدى هذه الجمل مقترناً مع المادة الحية الخضراء للبيوسفير. هذه الجملة ستكون في وضع التوازن المستقر عندما ينجز شعاع الشمس فيها العمل الأقصى، أي يكون أكبر كتلة ممكنة من العضويات الخضراء. على اليابسة لا يستطيع شعاع الشمس اختراق مادتها. يصادف في كل مكان أجساماً غير شفافة بالنسبة إليه. وتكون طبقة المادة الحية الخضراء التي يكونها رقيقة جداً.

النباتات كبيرة الحجم - الأعشاب والأشجار - في هذه الظروف تمتلك أفضلية في النمو مقابل وحيدات الخلية الخضراء.

إنها تكون كمية أكبر من المادة الحية من وحيدات الخلية، رغم أنها تفعل ذلك بزمان أطول. لكن عملها هذا ممكن في ظروف وسط اليابسة. وحيدات الخلية تبلغ خلال زمن قصير حد نموها الممكن - الحالة الثابتة (المستقرة) (الفقرة 37)، في جملة «شعاع الشمس - اليابس» تكون شكلاً غير مستقر، رغم أن النباتات العشبية والأشجار على اليابسة يمكنها أن تنتج في هذه الظروف عملاً أكبر، بغض النظر عن أن احتياطي أليتها من الطاقة أقل، وأنها تعطي كمية أكبر من المادة الحية.

50- في كل مكان نرى انعكاس هذه الظاهرة. في أول الربيع تستيقظ الحياة في سهوبنا، تتغذى السهوب، خلال زمن قصير، بطبقة رقيقة من الطحالب وحيدة الخلية سريعة النمو. يختفي هذا الغطاء الأخضر بسرعة، ويحل مكانه نبات عشبي بطيء النمو ويمتلك طاقة جيوكيماوية أقل. وبفضل خصائص المادة الصلبة غير الشفافة لليابسة تسود الأعشاب في النهاية وليس الطحالب التي تتفوق عليها من حيث الطاقة الجيوكيماوية.

تتغذى قشور الأشجار، والحجارة والتربة بطحالب البروتوكوك⁽¹⁾. في الأيام الرطبة خلال ساعات قليلة من أجزاء مليونية معلقة من الغرام تعطي ديسغرامات أو غرامات من المادة، لا يتابع نموها مسيرته. هي في أفضل الظروف في البلدان ذات المناخ الرطب؛ حيث في غابات هولندا تتغذى جذوع الأشجار بطبقة متصلة دائمة من البروتوكوك الكائن في توازن لا يتغير، لأن نموها لا يسير بعيداً، بسبب عدم نفوذية

1- البروتوكوك: طحالب خضراء وحيدة الخلية، مستعمرات وهي تتواجد في الماء العذب والتربة، وهي الغذاء الأساسي للأحياء المائية، وتسبب تغير لون الماء.

الأجسام الحاملة لها بالنسبة إلى الضوء. قريباتها المائيات تتمتع بوضع أفضل حيث تنمو بحرية في وسط شفاف سماكته مئات الأمتار.

أعشابنا وأشجارنا على اليابسة أنشأت كل شكلها، كما سنرى بانطلاقها في الوسط الهوائي الشفاف. في كل تنوعها اللامتناهي لأشكالها نرى السعي ذاته لإعطاء أقصى عمل، والحصول على الكمية القصوى من المادة الحية. لقد وجدت طريقاً آخر بإحاطتها وسطاً جديداً للحياة - التروبوسفيرا.

51- في المحيط، في الماء، الظروف مختلفة تماماً. هنا شعاع الشمس يخترق مئات الأمتار، للنباتات وحيدة الخلية الخضراء إمكانية تكوين، في نفس الفترة الزمنية، كمية من المادة الحية، أكبر بما لا يقاس مما يمكن للمادة الخضراء على اليابسة إعطاؤه. وذلك بواسطة الطاقة الجيوكيمياوية التي لديها والتي هي أكبر مما لدى الأعشاب الخضراء والأشجار.

هنا يستفاد من طاقة الشعاع الشمسي بشكل فائق، وهنا تشكل العضويات الخضراء الدقيقة وليس النباتات كبيرة الحجم شكلاً مستقراً. وبفضل الأسباب ذاتها نلاحظ وفرة استثنائية في الحياة الحيوانية التي تلتهم بسرعة البلاكتون الأخضر، وبذلك تتيح له تحويل كمية أكبر فأكثر من طاقة الشمس الإشعاعية إلى مادة حية.

52- نرى أن الشعاع الشمسي - حامل الطاقة الكونية - لا يحرض آلية تحويلها إلى طاقة كيمياوية أرضية فحسب بل ويكون شكل المحولات، التي تبدو لنا على شكل طبيعة حية. القوة الكونية تكسبها شكلاً مختلفاً على اليابسة وفي الماء، وهي ذاتها تغير بنيتها، أي تحدد النسب الكمية الموجودة بين العضويات ذاتية التغذية وغيرية التغذية. هذه الظواهر، التي تخضع لقوانين التوازن في كل مكان، يجب أن تتمثل بأرقام، بدأت للتو تتوضح لنا وتغدو معروفة.

هذه القوة الكونية تستدعي وجود ضغط الحياة، الذي ينتج بواسطة التكاثر (الفقرة 27). فيه نرى على أرض الواقع تناقل القوة الشمسية على سطح الأرض.

نحس دائماً بجوهر هذا الضغط في حياتنا الثقافية. عندما يغير الإنسان وجه الطبيعة البكر، ويخلي بعض الأمكنة من سطح اليابسة من النباتات الخضراء، يتوجب عليه أن يعاكس ضغط الحياة ويبذل جهوداً ويصرف طاقة مساوية له. ما إن يتوقف

الإنسان عن بذل القوى والوسائط، على الفور تتغطى منشأته الخالية من النباتات الخضراء، بكتلة من العضويات الخضراء، وعلى الفور، حيث يكون ممكناً، تسترجع ما سلب الإنسان من مساحة.

يتجلى هذا الضغط بشمولية الحياة. لا نعرف مجالاً خالياً منها أبداً ودائماً. على الصخور الأكثر صلابة في الحقول الثلجية والجليدية، في الصحارى الرملية والحجرية، نجد دائماً مظاهر الحياة. تنقل ميكانيكياً العضويات النباتية غير المتحركة إلى هناك، دائماً تولد وتتوقف الحياة الميكروسكوبية، تدخلها وتعيش وتستقر فيها الحيوانات ذاتية الحركة.

أحياناً في هذه المناطق نجد تكافؤاً في الحياة. الطيور، الوحوش، الحشرات، العناكب، البكتيريا، ونادراً وحيدات الخلية الخضراء تشكل سكان هذه المناطق الغنية التي تبدو لنا خالية من الحياة. وهي بالنسبة إلى عالم النبات الأخضر، تشكل فعلاً واحات، وإلى جانبها يجب أن توضع التوقفات المؤقتة للحياة الخضراء في مناطقنا في الغطاء الثلجي، والتجمد الشتوي للتركيب الضوئي.

هذه الظواهر تواجدت على كوكبنا في كل الحقب الجيولوجية، ودائماً كانت لهذه الظواهر حدود مقيدة. دائماً حاولت الحياة الإحاطة بها، ولكنها لم تستطع التكيف للعيش في ظروفها.

كل مكان تشغله الحياة في الطبيعة الحية بغض النظر عن أسباب ظهورها، سيمتلئ بالحياة بمرور الزمن حتماً. غالباً تسكن نباتات دقيقة أو حيوانات دقيقة جديدة أحواض الماء المحروقة من الحياة أو قطاعات من اليابسة بارزة حديثاً. في الظروف الجديدة، وعلى امتداد العصور الجيولوجية، تنمو أنواع أو صفوف من العضويات لم تكن معروفة سابقاً.

من المثير للفضول ومن المهم أن في البنية الجديدة لهذه العضويات يمكن التعرف على بنية وخصائص أسلافها، لكن بشكلها المتغير، كما تقتضي الضرورة من أجل الظروف الجديدة الخاصة بالوسط الجديد (كينو). هذه التغيرات البنيوية (المورفولوجية) تشكل تجلياً لتلك الطاقة الجيوكيمياوية ولا شيء سواه، وهو يستوجب وجود ضغط الحياة ويتمثل في شمولية الحياة.

في أي لحظة من وجود الكوكب كانت تنتشر بشكل محدد مناطق الواحات أو المناطق الفقيرة بالحياة النباتية. إلا أنها موجودة، وعلى اليابسة هي ملحوظة أكثر منها في الغلاف المائي.

بالكاد يكون هذا مجرد مصادفة، لكننا لا نعلم، ما الذي يستوجب هذه المحدودية بمظاهر طاقة الحياة، التي نراها على اليابسة فقط: أهو تناسب بين القوى الأرضية للحياة وقوة شعاع الشمس، أم هي خصائص غير معروفة للإشعاعات؟

53- إن تكييف النباتات الخضراء لالتقاط الطاقة الكونية يتجلى ليس فقط بتكاثرها. يجري التركيب الضوئي بشكل رئيس في أدق البلاستيدات⁽¹⁾ المجهرية، الأدق من الخلية التي تقع فيها. مليارات من هذه الجسيمات الخضراء منتشرة في النباتات وهي التي تعطينا انطباع اللون الأخضر.

إذا دققنا في عضوية خضراء، يمكننا أن نرى بوضوح - في الدقيق وفي الكبير - تكييفه لالتقاط كل الأشعة الضوئية الشمسية المتاحة. إن مساحة الأوراق الخضراء أعظمية، وتوزعها في الفضاء موجه بحيث لا يفلت أي شعاع من الجهاز المجهرى لتحويل الطاقة. عندما يقع الشعاع على الأرض يواجه في كل مكان عضوية تحاول اصطياده. هذه الآلية متحركة، وكمالها يفوق الآليات التي بنتها إرادتنا وعقلنا.

بهذا تتحدد بنية النبات المحيط بنا. إن المساحة الورقية للغابات والسهول تفوق بعشرات المرات المساحة التي تنمو عليها أعشاب السهول في مناطقنا - ب 22-38 مرة. حقل البرسيم الأبيض - ب 85.5 مرة، غابة الزان ب 7.5 مرة... في هذه الإحصاءات لا يؤخذ في الحسبان العامل العضوي الجانبي، الذي في كل مكان يملأ الفراغ الحاصل لدى نمو النباتات الكبيرة. في غاباتنا تحل النباتات العشبية محل الأشجار والأشنيات والطحالب والنباتات المائية المتسلقة على جذوع الأشجار في المناطق الرطبة، التي تغطيها والتي تتكون بسرعة في شروط مناسبة ولو قليلاً من الحرارة والرطوبة. في المساحات المزروعة التي تغطي الجزء الأكبر من اليابسة، ورغم الجهد الكبير والصرف الضخم للطاقة، فإنه نادراً جداً ما يتمكن الإنسان من تنظيف المزروعات من الأعشاب الدخيلة. قبل ظهور الإنسان في الطبيعة البكر، كانت هذه البنية بارزة بوضوح مميز ونستطيع ملاحظة بقاياها علمياً في كل مكان. في القطاعات الحرة «من السهوب البكر» التي بقيت بعيدة عن يد الإنسان في جنوب روسيا، كان من الممكن أن نرى التوازن المستقر للطبيعة منذ قرون، ذلك التوازن

1- البلاستيدات Plastid - جسيمات صغيرة قد تكون ملونة أو عديمة اللون تتواجد في بروتوبلازما الخلايا النباتية، من أنواعها الليكوبلاست، الكلوروبلاست وكروموبلاست.

الذي يبعث من جديد في قرن أو قرنين إذا زال تأثير إرادة وعقل الإنسان. وصف «ي. ك باتشوفسكي» سهوباً من الشوفان كهذه: «كان هذا انطباع البحر، لا يوجد أي نبات أعلى من سوط إنسان بالغ - لم يكن يرى سوى الشوفان، إن جموع نباتات الأراضي البكر غالباً ما تغطي بشكل متصل تقريباً سطح الأرض مظلة إياها، وبذلك تساعد في الحفاظ على الرطوبة عند السطح مباشرة. هذا يسمح للطحالب والأشنيات بالنمو بين أعواد النباتات وحتى تحت غطائها، والتي تكون خضراء حتى في منتصف الصيف».

بصورة مماثلة يبدو الغطاء الأخضر المتصل في السهوب العشبية لأمريكا الجنوبية - السافانا. المراقبون الأوائل، وعلى سبيل المثال (ف ازارا 1781-1810) كتب أن الغطاء النباتي هناك كثيف؛ بحيث ترى الأرض فقط على الطرق وعند الأنهار ومنحدرات الشواطئ الحادة.

هذه السهوب «البكر» المشبعة بالمادة الخضراء بقيت فقط في بعض الأماكن المتفرقة وحلت محلها حقول الإنسان الزراعية.

في مناطقنا تتواجد الأعشاب الخضراء دورياً، حياتها ترتبط بشكل وثيق مع الظاهرة الفلكية - دوران الأرض حول الشمس.

54- في مظاهر الحياة النباتية الأخرى نلاحظ تلك اللوحة ذاتها. إشباع سطح الأرض بالغطاء النباتي: نباتات غابات الدول المدارية وتحت المدارية. غابات المناطق الشمالية والمعتدلة السافانا، التوندرا كلها إذا لم يلمسها الإنسان تشكل تعبيراً عن الغطاء الأخضر الدائم أو المتكرر دورياً للكوكب. يدخل الإنسان الخلل ولكن لا يمكن الجزم بأن الإنسان ينقص أم فقط يعير توزيع محول الطاقة الأخضر في الأرض.

في كل مكان وفي أي وقت تكون التجمعات النباتية وأشكال النباتات المستقلة مهياة لكي تلتقط شعاع الشمس مرات عديدة، ولكي تمنع إفلاته من الجسيمات اليخضورية المجهرية. لا شك أنه في كل مكان عموماً باستثناء البقع الخالية من الحياة دائماً أو بشكل مؤقت، لا يستطيع شعاع الشمس أن يقع على سطح الأرض دون المرور عبر طبقة المادة الحية التي تكون مساحتها أكبر بمئات المرات من تلك المساحة التي يضيئها في وسط المادة الجامدة الخالي من الحياة.

55- تشكل اليابسة الجزء الصغير من وجه الأرض (29.2%). الجزء الرئيس يملؤه البحر، وفيه تتركز الكتلة الرئيسة من المادة الخضراء الحية. البحر يشكل المحول الرئيس لطاقة الشمس الضوئية إلى طاقة كيميائية أرضية.

عادةً لا يرى اللون الأخضر للمادة الحية المركزة في البحر. هذه المادة متناثرة إلى مليارات من وحيدات الخلية الخضراء المجهرية، والتي تتسرب إلى كل مكان. إنها تسبح بحرية، متكاثفة أحياناً وممددة أحياناً أخرى على كل سطح المحيط الذي يبلغ ملايين الكيلومترات المربعة. إنها تتسرب إلى كل مكان يصله شعاع الشمس حتى عمق 400 متر، وتحملها التيارات إلى الأعماق. إلا أن كتلتها الرئيسة تتركز على عمق 20-50 متراً. ترتفع وتنخفض بحركة دائمة. يتغير تكاثرها حسب درجة الحرارة وظروف أخرى، يتزايد أو يتناقص حسب دورة الكوكب حول الشمس. لا يكاد يساورنا شك أنه في البحر أيضاً تستخدم طاقة إشعاع الشمس الضوئي بالكامل. وبشكل صحيح تماماً يزيج بعضها بعضاً تبعاً للعمق. النباتات المائية الخضراء، الزرقاء، البنية، الحمراء، والطحالب القرمزية تستخدم البقايا الأخيرة من الضوء الذي لم تمتصه المياه - أي الجزء الأزرق الفاتح من الشعاع، كما بين (ف اينغلمان). كل هذه النباتات المائية مكيفة للتركيب الضوئي الأعظمي في الظروف المتوفرة في مجال تواجدها.

تبدل العضويات تبعاً للعمق يلاحظ في كل مكان من الغلاف المائي، في بعض الأماكن - عند الشواطئ أو في المياه الضحلة أو التشكلات الخاصة، كبحر سارغاس في المحيط الأطلنطي، المتصلة بالتاريخ الجيولوجي للمكان - يستبدل البلانكتون غير المرئي بمساحات واسعة من النباتات العائمة أو بغابات (أحياناً عملاقة) وأعشاب، تشكل معامل للطاقة الكيميائية تفوق أضخم الغابات على اليابسة. إلا أن المساحة التي تشغلها ليست كبيرة؛ إذ إنها لا تتعدى نسبة مئوية ضئيلة من المساحة التي يشغلها البلانكتون وحده.

56- في النهاية يتغطى سطح كوكبنا من وقت إلى آخر بغطاء أخضر متصل. الأماكن الخالية من النباتات الخضراء دائماً، أو الفقيرة بالحياة أو الخالية منها، لا تكاد تشكل 5-6% من سطح الأرض. حتى إذا أخذنا هذا بعين الاعتبار، فإنه في هذه الحالة طبقة المادة الخضراء، التي تغطي كوكبنا، تشغل دائماً مساحة تفوق مرات كثيرة مساحة سطح الكوكب وتشكل نسبة مهمة من الظواهر الكونية - من الشمس.

لا شك أنه حتى على اليابسة تفوق مساحة الطبقة الخضراء اللاقطة لأشعة الشمس في حالاتها القصوى، مساحة سطح الأرض التي تغطيها بأكثر من 100 مرة. في الطبقة العليا من المحيط العالمي والتي تقدر سماكتها بـ 400 متر تساوي تقريباً مساحة الطبقة الخضراء ذات السماكة المساوية لسماكة ورقة النبات الخضراء. وتفوق دون شك هذه القيمة بمرات كثيرة. في النهاية يواجه سطح متصل من المحولات اليخضورية المجهرية للطاقة شعاع الشمس تزيد مساحته مساحة أكبر كواكب المجموعة الشمسية - المشتري - أو قريبة منها. سطح الأرض يساوي $5.1 \cdot 10^8$ مرة، فإن المساحة الخضراء في حالاتها القصوى تساوي $5.1 \cdot 10^{10}$ كم².

لا يكاد يساورنا شك في أن هذه الأرقام ليست مصادفة وأن الآلية المشار إليها ترتبط بشكل وثيق مع البنية الكونية للبيوسفير. يجب أن تكون على صلة بطبيعة وكمية الإشعاع الشمسي. يشكل سطح الأرض أقل بقليل من 0.0001 من سطح الشمس أي 0.3-10-8.6%. مساحة آلية التحويل الخضراء تعطي رقماً مختلفاً يبلغ 0.86-4.2% من مساحة سطح الشمس.

57- ما يلفت الانتباه أن درجة هذه الأرقام توافق درجة ذلك الجزء من الطاقة الشمسية التي تلتقطه المادة الحية الخضراء في البيوسفير. ما تلتقاه العضويات من الطاقة الشمسية، التي تصل إلى سطح الأرض، هو جزء ليس بالكبير، وسطح الأرض بدوره يتلقى جزءاً لا يذكر من إشعاع الشمس من كامل الطاقة الشمسية البالغة $4 \cdot 10^{30}$ وحدة حرارة كبيرة خلال عام. تتلقى الأرض حسب (س ارنيوس) $1.66 \cdot 10^{21}$ وحدة حرارة كبيرة في العام.

هذه الطاقة الكونية وحدها يمكن أن تؤخذ بعين الاعتبار بالدقة الحديثة لمعارفنا في هذا المجال. لا تكاد إشعاعات كل النجوم التي تصل إلى سطح الأرض تزيد كثيراً عن 10⁻³% من إشعاع الشمس كما قد أثبت ذلك (آ. نيوتن).

إن معظم إشعاعات كل الكواكب والقمر، هي شمسية منعكسة، ويمكن اعتبار أن كمية الطاقة التي تلتقها الأرض بهذه الطريقة لا تبلغ 0.01 من الطاقة التي تلتقها الأرض من الشمس.

الجزء الأكبر من هذه الطاقة يصطادها القسم العلوي من غطاء الأرض - الغلاف الجوي، وفقط 40% منها - 6.7×10^{20} وحدة حرارية تصل إلى سطح الأرض وتكون بهذا الشكل تحت تصرف النباتات الخضراء.

الجزء الأكبر من هذه الطاقة يذهب إلى العمليات الحرارية في القشرة الأرضية المتعلقة بالنظام الحراري للمحيط والغلاف الجوي. لا شك أن جزءاً كبيراً منها تلتقطه المادة الحية أيضاً، ولا نأخذ بالاعتبار اتزان عمل الحياة الكيماوي، إلا أنه من الواضح، أنه يلعب دوراً كبيراً في تكوين الحياة في البيوسفيرا لكنه لا يظهر مباشرة في تكوين اتحادات كيماوية جديدة، تشكل وحدها معياراً لعمل الحياة الكيماوي.

في العمل الكيماوي، وفي إنشاء اتحادات عضوية غير ثابتة في الحقل الترموديناميكي للبيوسفيرا (الفقرة 89) تستخدم النباتات الخضراء فقط بعض الإشعاعات المحددة بحدود 670-735 ميكرومتر (دانفارد وديسروش 1910-1911)، رغم أن للأشعة الأخرى (بين 300-700 ميكرومتر) أهمية معلومة، لكنها نسبياً قليلة التأثير.

هذا هو سبب استخدام النبات الأخضر جزءاً صغيراً فقط من الأشعة التي تصل إليه وليس عدم الكمال في آلية التحويل.

حسب (بوسنغو) الأرض الزراعية الخضراء تلتقط 1% من الطاقة الشمسية الواصلة إليها لتحويلها إلى مادة عضوية قابلة للاحتراق (وقود). (ارينبيوس) يظن أنه في الزراعة التكثيفية يمكن أن ترتفع هذه النسبة إلى 2%. حسب (براون) و(إيسكومب)، إنها تبلغ عن طريق المراقبة المباشرة 0.722% من أجل الورقة الخضراء، المساحة المغطاة في الغابة بالكاد تستخدم 0.33% (الحساب انطلاقاً من الأشجار).

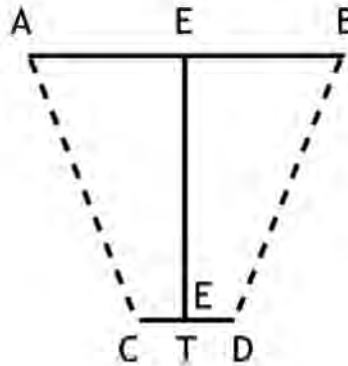
58- لا شك أن هذه الأرقام هي حدود دنيا وليست قصوى. في حسابات (بوسنغو) وحتى من تصحيح (ارينبيوس) اعتمدت نباتات اليابسة، مع بافتراض أننا بالزراعة فعلاً نزيد إنتاجية التربة، ولا نخلق ظروفاً مؤقتة من أجل نبات زراعي محدد، بإخماد حياة النباتات الأخرى غير اللازمة. هذه الحسابات لا تأخذ في اعتبارها حتماً حياة النباتات «الضارة» والنباتات المجهرية، التي تستخدم ظروفاً مؤقتة من الأسمدة والفلاحة. إلى جانب الحقول، حتى على اليابسة لدينا تكاثفات خضراء غنية بالحياة - المستنقعات، الغابات الرطبة والسهول الرطبة، التي تفوق كمية الحياة فيها زراعة الإنسان (الفقرة 150).

وسطياً كمية النبات الأخضر في وحدة المساحة في البحر (هكتار) حيث تتركز كتلتها الخضراء الرئيسية، تعطي أرقاماً من الدرجة ذاتها، كما في واحدة المساحة على اليابسة. تفسر الكمية الكبيرة سنوياً من المادة الحية المتكونة في البحر بوتيرة التكاثر الأسرع (الفقرة 49).

يلتهم عالم الحيوان المادة النباتية بنفس السرعة التي تتكون فيها. بهذه الطريقة تتكون تجمعات للحياة الحيوانية عديمة اليخضور بلانكتون وبينتوس (كائنات بحرية يخضورية) في المحيط: نادراً ما نراها (إذا رأيناها) على اليابسة. مهما كان علينا أن نزيد من قيمة عدد (ارينيوس) الدنيا، فيمكن الآن اعتبار، أن درجة الظاهرة معينة بواسطته بشكل صحيح.

تستوعب المادة الخضراء نسبة قليلة من الطاقة الإشعاعية للشمس التي تصل إليها، على ما يبدو أكثر من اثنين بالمئة منها. هذه النسبة أكثر من اثنين بالمئة تقع تماماً ضمن حدود 0.8-4.2% من سطح الشمس التي توافق مساحة التحويل الخضراء في البيوسفيرا (فقرة 56). يصل إلى النبات 40% من كل الطاقة الشمسية التي تحيط بكوكبنا (فقرة 57). 2% التي يستخدمها النبات توافق 0.8% من كل الطاقة الشمسية التي تصل إلى الأرض.

59- يمكن فهم هذا التطابق فقط في حالة وجود جهاز في آلية البيوسفيرا يستخدم بالكامل جزءاً محدداً من الطاقة الشمسية. المساحة التحويلية الخضراء على الأرض، التي تكونت بفضل طاقة إشعاع الشمس ستوافق في هذه الحالة ذلك الجزء منها، كمية تلك الأشعة ذات الموجة محددة الطول الموجودة فيها، والتي يمكنها أن تنتج عملاً كيمياوياً على الأرض. نستطيع أن نمثل السطح المضيء للشمس سريعة الدوران بمساحة مضيئة ما مقدارها AB (انظر الشكل).



من هذه المساحة، ومن كل نقطة فيها، تسقط على سطح الأرض اهتزازات ضوئية، فقط $M\%$ منها - أشعة طول موجتها محدد - تستطيع بواسطة المادة الكيماوية أن تكون فاعلة في البيوسفيرا. سطح الأرض الذي يدور بسرعة واستمرار يمكن أن يمثل ويستبدل بمساحة مضاءة تساويه - نظراً للطول الهائل لقطر الشمس مقارنة بقطر الأرض والمسافة الكبيرة بين الأرض والشمس. واضح أن هذه المساحة سوف تمثل على الشكل بالنقطة T. وهي تشبه محرقاً للأشعة الصادرة عن الشمس المضيئة AB. يتألف جهاز التحويل الأخضر في البيوسفيرا من طبقة رقيقة جداً من حبيبات متناهية في الصغر - الجسيمات اليخضورية، التي يتناسب تأثيرها مع سطحها، لأن طبقة المادة اليخضورية تصبح - بسرعة فائقة - غير شفافة (عاتمة) بالنسبة إلى الأشعة الكيماوية التي تحولها. لنستبدل هنا أيضاً سطح الجسيمات المضاء بمساحته. في هذه الحالة فإن التحويل الأعظمي للطاقة الشمسية بواسطة النبات الأخضر سيجري عندما يتواجد على الأرض مستقبل للضوء (لاقط) مساحته تساوي $M\%$ من مساحة الشمس المضيئة أو أكبر. في هذه الحالة كل الأشعة اللازمة للأرض سوف يلتقطها الجهاز اليخضوري.

في الشكل ترمز CD إلى قطر الدائرة الموافقة 2% من سطح الشمس المضيء⁽¹⁾ كل الرسم منسوب إلى أقطار دوائر مساحاتها توافق سطح الشمس المضيء (AB)، سطح الأرض المضاء (CD, T).

من المحتمل أن بين إشعاعات الشمس، ومميزها (نسبة الأشعة M)، ومساحة النباتات الخضراء (والبقع الخالية) توجد علاقات عديدة ليست معلومة لنا الآن. إن طبيعة البيوسفيرا الكونية يجب أن تؤثر حتى في بنيتها اللاحقة المرتبطة بطبيعتها.

1- على الرسم حولت السطوح إلى مساحات، اتخذنا قطر مساحة تساوي سطح الشمس وهذه الأفكار هي:

قطر مساحة تساوي

سطح الشمس $R=1.3889. 106$ كم

مثله للأرض $R1=1.2741. 104=0.00918$

2% سطح الشمس $R2=1.9650. 105=0.14148$

8.0% من سطح الشمس $R3=1.2425. 105=0.08947$

بنفس المقياس رسم متوسط المسافة بين الشمس والأرض ويساوي $1.495. 108$ كم.

60- تحتفظ المادة الحية بجزء من الطاقة الإشعاعية التي حصلت عليها في مادتها، في العضويات الحية. كل شيء يدل على أن كمية الحياة على سطح الأرض لا تتغير بشكل طفيف خلال فترة زمنية قصيرة، بل إنها لا تتغير تقريباً أو لا تتغير⁽¹⁾ حتى في الأدوار الجيولوجية (بدءاً من العصر الأركي وحتى الوقت الحاضر). العلاقة الوثيقة لكمية الحياة بطاقة الشمس تجعل هذا التعميم التجريبي هاماً بشكل خاص، لأنه يربطها بقيمة كالإشعاع الشمسي، الذي ثباته في الزمن الجيولوجي - خلال زمن وجود المجموعة الشمسية بشكلها المعاصر - لا تكاد تثير شكوكاً جدية. العلاقة الوثيقة للجزء الأساسي من الحياة - المادة الحية الخضراء - بالإشعاعات الشمسية محددة بطول الموجة وآلية البيوسفيراً المكتشفة، المرتبطة باستخدامها كاملة من قبل النبات الأخضر، وتقدم دليلاً جديداً على ثبات كمية المادة الحية في البيوسفيراً.

61- يمكن أن تؤخذ بالحسبان كمية الطاقة التي تكون على شكل مادة حية في كل ثانية. وفق حسابات (أرينيوس) يضم النبات الأخضر على شكل اتحادات قابلة للاحتراق 0.024% من مجموع الطاقة الشمسية، التي تصل إلى البيوسفيراً أي 10×1.6^{17} وحدة حرارية كبيرة.

هذا الرقم الضخم - الفلكي، يبدو لي أنه جرى تصغيره كثيراً، في موضع آخر⁽²⁾ حاولت توضيح، أن عدد (أرينيوس) يجب أن يضاعف 10 مرات على الأقل، وربما أكثر. يحتمل أن أكثر من 0.25% من الطاقة الشمسية تتواجد دائماً كاحتياطي - في المادة الحية - على شكل اتحادات، تقع في حقل ترووديناميكي خاص يختلف عن الحقل الترووديناميكي للمادة الجامدة.

بغض النظر عن كميات المادة الضخمة التي تمر دائماً خلال الحياة عبر العضويات، وعن كميات الأوكسجين الحر التي تصنعها (حوالي 10^{21} 1.5) فإن الناتج السنوي للطاقة يتجلى بأرقام أقل، من الكائنات التي أوجدتها المتجددة دائماً بالتكاثر والفانية دائماً بالموت. هناك كما أشرنا (في الفقرة 45) خلال العام تنتقل كتل من

1- أي أنها كما في كل توازن تنذبذب حول وضع ثابت (ساكن).

2- انظر ملامح الجيوكيمياء، ليشيفراد، 1934 ص182.

العناصر تزيد عدة أضعاف عن وزن القشرة الأرضية بسماكة 16 كم، مضاعفات كثيرة للدرجة 10^{25} غرام.

إن إسهام المادة الحية الطاقوي في البيوسفيرا خلال عام لا يزيد كثيراً عن تلك الطاقة التي تحتفظ بها المادة الحية في حقلها الترموديناميكي مئات ملايين السنين. إنها تبقى في نفسها على شكل اتحادات قابلة للاحتراق لا أقل من 1.10^{18} وحدة حرارية كبيرة، وهي تستخدم في العام عملاً يتعلق بإنشاء الجديد وتجديد المفقود لا أقل من $1.5 \cdot 10^{19}$ وحدة حرارية كبيرة، إذا كبر هذا الرقم خلال الدراسة اللاحقة، فلا تكاد درجة 10^{19} وحدة حرارية كبيرة تتغير.

بما أن كمية المادة الحية تبقى ثابتة على امتداد الزمن الجيولوجي، فإن الطاقة المتعلقة بجزئها القابل للاحتراق تعتبر دائماً خاصة بالحياة. في هذه الحالة فإن $n \cdot 10^{19}$ وحدة حرارية كبيرة تمثل الطاقة التي تعطيها الحياة سنوياً إلى البيوسفيرا.

بعض الملاحظات عن المادة الحية في آلية البيوسفيرا

62- إن المادة الحية الخضراء، بصرف النظر عن أهميتها، لا تشمل كل تجليات الحياة في البيوسفيرا.

تخترق ظواهر الحياة كيمياء البيوسفيرا كلها بواسطة الطاقة الكونية التي تلتقطها، ولا يمكن أن تفهم حتى في ملامحها الأساسية، بدون توضيح مكان المادة الحية في آلية البيوسفيرا، حيث وحدها (الطاقة) تتعلق فقط بعالم النبات الأرضي. هذه الآلية معروفة بدرجة غير كافية، لكن الآن يمكن الإشارة إلى بعض نواحي صحتها، التي يجب أن نعتبرها تعاميم تجريبية.

في المستقبل ستتغير دون شك صورة الظاهرة إلى درجة كبيرة، لكننا منذ الآن يجب أن نأخذ دائماً في الحسبان على الأقل أشكالها غير الكاملة.

سأتوقف بشكل مختصر عند بعضها، تلك التي يبدو لي أنها أساسية. في تاريخ التركيب الكيماوي للمادة الحية لوحظت منذ زمن بعيد خصوصية تنظم كل تاريخه الجيوكيماوي في البيوسفيرا، الذي اكتشفه عالم الطبيعة الروسي (ك. م. بير) الذي عبر عن ذلك بالنسبة إلى الفحم. اكتشف ذلك من أجل الآزوت ويمكن أن تعمم على

كل التاريخ الجيوكيماوي للعناصر، إنه قانون الحرص في استخدام المادة الحية للأجسام الكيماوية الداخلة في تركيبها .

يظهر الحرص في استخدام المادة الحية للعناصر الكيماوية اللازمة للحياة بأشكال شتى. من جهة يلاحظ في حدود الجسم نفسه. فالعنصر الداخل إليه يتنقل عبر سلسلة طويلة من الحالات، ويدخل في العديد من الاتحادات قبل أن يخرج منه ويعتبر مفقوداً بالنسبة إليه. والجسم يدخل إلى منظومته فقط الكمية الضرورية لحياته من العناصر، ويتجنب الزيادة.

لكن هذا وجه واحد للظاهرة، لفت الانتباه إليها (ك. م. بير) والتي ترتبط باستقلالية الجسم وينظم التوازن المميزة له التي تمكنه من بلوغ الحالة الثابتة (المستقرة)، التي تملك أدنى طاقة حرة (ذات الطاقة الحرة الدنيا).

هذه الخاصة للتاريخ الجيوكيماوي للجسم تتجلى بشكل أكثر حدة في مادته الحية، في تجمعاته. في الظواهر البيولوجية الكثيرة، نلاحظ هنا ظهور قانون الحرص. فالذرات الداخلة إلى أحد أشكال المادة الحية، والتي جذبتها دوامة الحياة، تعود بعضوية أو قد لا تعود إلى الخلف إلى المادة الجامدة للبيوسفيرا. العضويات التي تلتهم غيرها، الطفيليات، العضويات المتعايشة، والرميات، تقوم دون إبطاء بتحويل بقايا الحياة المرمية للتو من جديد إلى شكل حي. في واقع الحال هذه البقايا في جزئها الأكبر حية، مشبعة بالأشكال المجهرية. الأجيال الجديدة الناتجة بالتكاثر - كل هذه الآليات المختلفة والعديدة - «تصطاد» الذرات في وسط متغير، وتحفظ بها في دوامات الحياة، ناقلة إياها من دوامة إلى أخرى.

وهذا له مكانته على امتداد دورة الحياة كلها، مئات الملايين من السنين. لا شك أن قسماً من ذرات الغطاء الثابت للأرض، والتي تحافظ طاقته دائماً على درجة 10^{18} وحدة حرارية كبيرة، لا تخرج أبداً من دوامة الحياة، حسب تعبير (بير) الخاص، الحياة حريصة في إنفاقها للمادة الملتقطة، تعيدها بصعوبة وبلا رغبة بشكل طبيعي ولفترة طويلة.

63- بفضل «قانون الحرص» يمكننا الحديث عن الذرات التي تبقى في حدود المادة الحية خلال أدوار جيولوجية، وهي دائماً في حركة وانتقال، لكنها لم تعد إلى الخلف، إلى المادة الجامدة.

هذا التعميم التجريبي بالصورة المفاجئة تماماً والخاصة، التي يرسمها لنا،
يرغمننا أن نتعمق في الاستنتاجات التي يمكن أن تستنتج منه، ويرغمننا أن نبحث عن
تفسير له .

في الوقت الحاضر يمكن أن نقوم بذلك فقط بشكل افتراضي (بناءً على
فرضيات). وقبل كل شيء يطرح هذا التعميم أمامنا سؤالاً، لم يطرح سابقاً في العلم،
لكنه أثر بأشكال مختلفة (في الانتهازيات الفلسفية والدينية). هل الذرات التي تمسك
بها المادة الحية بهذا الشكل، هي ذاتها الذرات التي نراها في المادة الجامدة؟ أم أنه
لدينا نظائر مختلفة عنها أو خلائط خاصة منها؟ التجربة وحدها تقرر، وقد أصبحت
بهذه الطريقة على جدول الأولويات.

64- يشكل التبادل الغازي (الفقرة 42) للعضويات مع الوسط الغازي المحيط أحد
أهم مظاهر الحياة. جزء من هذا التبادل الغازي فهمه بشكل صحيح (لوفوازيه)
كاحتراق. بهذه الطريقة تخرج ذرات الكربون والهيدروجين والأوكسجين بأعداد
ضخمة من دوامات الحياة وتدخل فيها بشكل مستمر .

من المحتمل جداً أن هذا الاحتراق في العضوية لا يمس قاعدة الحياة الأساسية
- البروتوبلازما. ومن المحتمل أنه أثناء حياة العضوية فإن ذرات الكربون الخارجة إلى
الغلاف الجوي أو إلى الماء ثاني أوكسيد الكربون تأتي من المادة الغريبة التي تدخل
العضوية - أي من الغذاء، وليس من المادة التي تكون الهيكل الكربوني للعضوية. في
هذه الحالة سوف تتجمع الذرات المحتجزة في المادة الحية، في القاعدة البروتوبلازمية
للحياة وتشكلاتها .

لا بد من إعادة النظر الآن في تصورنا عن طبيعة التبادل - حركة الذرات -
داخل الجسم، وعن ثبات البروتوبلازما، وهي وجهة النظر التي طرحها (برنار) في
زمنه والتي طرحت في العلم أكثر من مرة .

ربما كانت هناك علاقة بين أفكار (برنار) هذه، بين تعاميم (بير) بالنسبة إلى
حرص الحياة، وبين الحقائق التي أثبتتها الجيوكيمياء - ثبات كمية المادة الحية في
البيوسفيرا .

ومن المحتمل أن كل هذه الأفكار تنسب إلى الظاهرة ذاتها . وبالضبط - إلى
ثبات كتلة التشكلات البروتوبلازمية في البيوسفيرا على امتداد الأدوار الجيولوجية.

65- إن دراسة ظاهرة الحياة على مستوى البيوسفيرا تعطينا إشارات أكثر تحديداً على الصلة الوثيقة بينها وبين البيوسفيرا، وتشير إلى وجوب اعتبار ظواهر الحياة كأجزاء آلية البيوسفيرا، وأن مهمات كالتى تنفذها المادة الحية في هذه الآلية المعقدة والمنظمة تمام التنظيم - البيوسفيرا، تنعكس بشكل أساس وببالغ العمق على طبيعة وبنية المادة الحية.

من بين هذه الظواهر يشغل المكانة الأولى: التبادل الغازي للعضويات وتنفسها، ولا تكاد تساورنا شكوك بصلته الوثيقة بالتبادل الغازي للكوكب، الذي يشكل إحدى أهم، إن لم يكن أهم، مكوناته.

في عام 1884 في محاضرة رائعة في باريس أشار (دوما) و(بوسينغو) إلى أن المادة الحية يمكن اعتبارها ملحقات للغلاف الجوي. وهي تتكون من غازات الغلاف الجوي - الأوكسجين، حمض الكربون، الماء، اتحادات الآزوت والكبريت - جسم العضوية، إنها تحول هذه الغازات إلى أجسام قابلة للاحتراق، سائلة وصلبة، وتجمع على تلك الهيئة طاقة الشمس الكونية. بعد موتها وفي زمن حياتها، أثناء التبادل الغازي، تعيد إلى الغلاف الجوي تلك الأجزاء الغازية ذاتها.

لا شك أن هذا التصور يوافق الواقع. العلاقة النشئية بين الحياة وغازات البيوسفيرا عظيمة بشكل خارق. وهي أعمق مما تبدو عليه من النظرة الأولى. تتعلق نشأة غازات البيوسفيرا بالمادة الحية، وهي تحدد الغلاف الجوي في تركيبه الكيماوي الأساس.

لقد أشرت إلى هذه الظاهرة، عندما تحدثت عن أهمية التبادل الغازي في إيجاد وتحديد تكاثر العضويات، أي تجلي طاقتها الجيوكيماوية (الفقرة 42).

كل كمية الغازات مثل الأوكسجين الحر وأوكسيد الكربون التي توجد في الغلاف الجوي، تقع في توازن ديناميكي، في تبادل أبدي مع المادة الحية. الغازات التي تفقدها المادة الحية لا تلبث أن تعود إليها، دخولها وخروجها من العضوية ليس نادر الحدوث بشكل لحظي. التيار الغازي في البيوسفيرا يتصل أوثق اتصال بهذا الشكل بالتركيب الضوئي، بمنبع الطاقة الكوني.

66- إذاً يعود الجزء الأكبر من الذرات فوراً إلى المادة الحية بعد تحطمها. جزؤها الأصغر - نسبة ضئيلة من وزنها - يخرج لزمن طويل من العملية الحيوية.

هذه النسبة الصغيرة من المادة ليست مصادفة. هي، على ما يبدو، ثابتة ولا تتغير من أجل عنصر. إنها تعود إلى المادة الحية بطريق مختلف بعد آلاف السنين أو ملايين السنين. خلال هذا الزمن الفاصل تلعب المادة المعزولة عن المادة الحية دوراً هائلاً في تاريخ البيوسفيرا وحتى تاريخ القشرة الأرضية عموماً، لأن القسم الأكبر من هذه الذرات يخرج لفترة طويلة خارج حدود البيوسفيرا.

إننا نتعامل مع عملة جديدة - مع تسرب بطيء داخل الكوكب للطاقة الشمسية الإشعاعية التي وصلت إلى السطح.

بهذه الطريقة تغير المادة الحية البيوسفيرا والقشرة الأرضية. إنها تبقى باستمرار جزءاً من العناصر الكيماوية، مكونة طبقة سمكية ضخمة من الفلزات إلى جانب الأملاح المنحلة في الماء أو مختزنة بغير بقاياها الدقيق جداً مادة البيوسفيرا الجامدة. هي من جهة أخرى تخرق بطاقتها الكونية صبغة تلك الاتحادات المتشكلة إضافة إلى تأثيرها المباشر (الفقرة 140).

القشرة الأرضية بكاملها، وضمن العمق المتاح للمراقبة، متغيرة بهذه الطريقة. على امتداد الزمن الجيولوجي، وبفضل تأثير المادة الحية، تتسرب داخل الكوكب الطاقة الإشعاعية الكونية المتغيرة، وتعدّ الأملاح المنحلة أثناء تغيير أشكال منظوماتها الجزيئية أداة لهذا الانتقال (التسرب إلى داخل الكوكب).

مادة البيوسفيرا الجامدة هي إلى حد كبير من صنع الحياة. بهذا المعنى كان علماء الطبيعة - الفلاسفة في بداية القرن التاسع عشر - (أوكين) و(ستيفينس) و(لامارك) أقرب إلى الصواب في تصورهم عن معناها الجيولوجي، من جيولوجي الأجيال اللاحقة.

من المميز أن التأثير على مادة البيوسفيرا، وخصوصاً تكوين طبقات الأملاح المنحلة، يتعلق بعمل العضويات المائية. الانتقال الدائم للأحواض المائية في الزمن الجيولوجي يوزع تجمعات الطاقة الكيماوية الحرة كونية المنشأ الحاصلة لهذه الطريقة على كل الكوكب.

يبدو أن كل هذه الظواهر تملك صفة التوازنات المستقرة، وكتل المادة المشتركة فيها قليلة التغير كما هي طاقة الشمس التي تصل إلى الأرض والتي تحددها قليلة التغير.

67- في النهاية، في الغلاف الخارجي - في البيوسفيرا - تكون الكتلة الأساسية من مادتها التي تلتقط وتخزن في الأجسام الحية هي عبارة عن طاقة الشمس

الكونية المتغيرة. ويجب أن يكون وزن البيوسفيرا من درجة 10^{24} غ، لكن المادة الحية الأكثر فعالية، حاملة الطاقة الشمسية، تشكل وسطياً لا أكثر من 1٪ من وزن تلك القشرة الخارجية للأرض - ومن المحتمل أنها جزء من تلك النسبة. رغم ذلك تسود في بعض الأماكن على المادة الجامدة وفي طبقة رقيقة، في التربة مثلاً، ويمكن أن تبلغ أكثر من 25٪ بكثير من حيث الوزن.

إن ظهور وتشكل المادة الحية على كوكبنا هو ظاهرة كونية الطابع، وهذا ما يظهر بسطوح فائق في انعدام توالد الأحياء من غير الأحياء (اييوغينيز). أي أنه وعلى مدى التاريخ الجيولوجي كله، كانت العضويات الحية تولد من عضويات حية. كل العضويات ترتبط وراثياً ولا نرى في أي مكان التقاطاً لشعاع الشمس أو تحويلاً لطاقة الشمس إلى طاقة كيميائية خارج الجسم الحي الموجود أصلاً.

كيف يمكن أن تتشكل هذه الآلية الخاصة في القشرة الأرضية؟ وأية مادة من البيوسفيرا هي التي تحيط بها الحياة، التي لم تزل مؤثرة، فاعلة منذ مئات ملايين السنين من الزمن الجيولوجي؟ لا نعرف، إنه لغز كما هي الحياة ذاتها لغز بالنسبة إلى مستوى معرفتنا.

المقالة الثانية

مجال الحياة

في السنة اللطى نما عالمه،
اخضرت الأرض، توهج الأثير
شعر. فـ تيومتشيف 1831.

البيوسفيرا - الغلاف الأرضي

68- دخل معنى «الحي» في بنية القشرة الأرضية ببطء في وعي العلماء، وحتى الآن لا يقدر حق قدره.

فقط في عام 1875، أحد أكبر جيولوجي القرن الماضي، البروفيسور في جامعة فيينا (زوس) أدخل في العلم تصوراً عن البيوسفيرا كطبقة مميزة عن القشرة الأرضية، تحيط بها الحياة. لقد أتم بذلك التصور المتسرب ببطئاً إلى الوعي العلمي عن شمولية الحياة وتواصل ظهورها على سطح الأرض.

مع إدخال المفهوم الجديد عن غلاف خاص للأرض يتميز بالحياة، طرح (زوس) في الواقع تعميماً تجريبياً كبيراً جداً، لم يتوقع كل نتائجه. هذا التعميم وفي هذه الآونة فقط بدأ بالتوضيح بفضل إنجازات العلم الجديدة.

69- تشكل البيوسفيرا الغلاف الخارجي أو الجيوسفيرا لواحد من أهم الحالات متحدة المركز (ذات المركز المشترك) من كوكبنا - القشرة الأرضية.

إن خواص كوكبنا الفيزيائية والكيميائية تتغير وفق ناموس محدد تبعاً لبعدها عن المركز. وهي متساوية في القطاعات ذات المركز المشترك. وهذا ما تثبته الدراسة.

يمكن تمييز صيغتين في هذه البنية: من جهة مجالات الكوكب الكبرى ذات المركز المشترك - دوائر مختلفة الحجم متحدة المركز. من جهة أخرى - أجزاء أصغر تسمى القشور الأرضية أو الجيوسفيرات⁽¹⁾.

يظهر للعيان، أن مادة هذه المجالات منفصلة إحداها عن الأخرى، وإذا انتقلت من مجال إلى آخر، فإن هذا الانتقال يتم ببطء شديد أو بشكل متقطع، من وقت إلى آخر، ولا يشكل حقيقة تاريخها الجاري.

كل مجال يشكل منظومة ميكانيكية لا ترتبط بأخرى.

الأرض للملايين إن لم يكن للمليارات السنين، تظل عموماً في الظروف الترموديناميكية ذاتها. لا بد من الاعتقاد، أنه خلال هذا الزمن تكونت توازنات للمادة ثابتة لا تتغير، في أماكن لا يوجد فيها (بالنسبة للمنظومات الميكانيكية التي تتألف منها) تدفق للطاقة الفاعلة.

يجب الاعتقاد أنه في المجالات المغلقة من الأرض لدينا منظومات ميكانيكية ذات توازن أكمل، كلما كان تدفق الطاقة الخارجية أقل.

توجد على الأقل ثلاثة مجالات كهذه: 1- نواة الكوكب، 2- الطبقة الوسطية التي تسمى أحياناً «سيما» حسب (زوس)، 3- القشرة الأرضية.

70- نواة الكرة الأرضية تملك تركيباً كيمياوياً مختلفاً عن القشرة الأرضية التي تقع فيها. من الممكن أن تكون مادة النواة في حالة غازية خاصة (الغاز ذو الضغط فوق الحرج)، إلا أن تصوراتنا عن الحالة الفيزيائية للأجزاء العميقة من الكوكب، الواقعة تحت ضغط عشرات إن لم يكن مئات آلاف الضغوط الجوية، تخمينية جداً. يمكن افتراض وجود عناصر ثقيلة أو اتحاداتها البسيطة في الحالة الصلبة أو اللزجة أو الغازية، ومعقول أن تكون حرارتها عالية جداً - آلاف الدرجات. وأن تكون حرارتها منخفضة قريبة من حرارة الفضاء الكوني. عادة ما تهمل قانونية الاحتمال الأخير. نتيجة ذلك ينحرف تقييم حدود جهلنا (عدم معرفتنا).

هذا التركيب الكيماوي المختلف، وغير العادي بين القشرة الأرضية والنواة ينتج عن الوزن النوعي الكبير للكوكب (5.7) بالمقارنة مع الوزن النوعي للأغلفة العليا من

1- يستخدم كلمة «جيوسفيرا» في المعنى المذكور كثير من الجيولوجيين والجغرافيين. يبدو أن (موري) أدخل هذا التعبير للمرة الأولى عام 1910. وكان يستند إلى أفكار (زوس).

القشرة الأرضية (2.7)، لا يمكن أن يقل الوزن النوعي للنواة عن (8) وحتى (10) وأكثر⁽¹⁾ - يظن - وهذا محتمل - أنها تتكون من معدن الحديد واتحاداته المعدنية.

لا شك أنه على عمق 2900 كم من سطح المحيط سيحدث تغير قوي في خواص مادة الكوكب الميكانيكية. هذه الحقيقة أثبتت بشكل متين أثناء دراسة الهزات الأرضية ويبدو أنه لا يطالها الشك.

يفسر تغير خواص المادة بفرضية: أن موجات الزلازل في ذلك العمق تدخل في مجال آخر. هذا العمق يوافق عندئذ سطح النواة المعدنية. من أجل هذا يمكن افتراض أعماق أقل - 1200-1600 كم توافق قفزات أخرى تلاحظ في مسار الموجات الزلزالية.

71- سوف يتم الحصول على معطيات جديدة في هذا المجال بأسرع مما كان يعتبر ممكناً لوقت قريب. إذا قارنا نتائج الدراسات الصخرية مع نتائج المراقبة الزلزالية، فإنه يمكننا أن نلاحظ أن الفلزات التي تحتوي على السيليكات وسيليكات الألمنيوم تشغل مكاناً أكبر مما كان يعتقد سابقاً في بنية الكوكب. تبين ذلك بشكل رئيس من المراقبة الرائعة للعالمين الكرواتيين - موخوروفيتش، الأب والابن. هما لفتا الانتباه إلى هذه الحقيقة في الزمن الحديث. ودراساتهما تعتبر إنجازاً دون شك بالمقارنة مع بحوث سابقتهما.

72- يمكن الآن تحديد بعض الخصوصيات الهامة للمجال الثاني المشترك بمركز الأرض، والذي سماه (زوس) سيما، وبدا له أنه يتصف بغلبة ذرات O, Mg, Si. هذا المجال قبل كل شيء يختلف بسماكته. إنه يشغل مئات الكيلومترات، وربما يتجاوز الألف كيلومتر. بعد ذلك يميز هذا المجال وجود خمسة عناصر كيميائية - السيليسيوم، المغنيزيوم، الأوكسجين، الحديد والألمنيوم - تلعب دوراً هاماً. تزايد كمية العنصر الثقيل - الحديد - يبدو أنه مرتبط بالعمق.

من الممكن أن تكون فلزات المجال الثالث، الشبيهة بفلزات القشرة الأرضية، تلعب دوراً كبيراً أيضاً في بنية مجال السيميا. الخواص الميكانيكية لهذه الفلزات توحى بالانسجام، وذلك حسب رأي بعض العلماء الجيولوجيين والجغرافيين.

1- حسب زيبيرغ (1923) استناداً لتصورات فيخرت الوزن النوعي للنواة (9.1).

73- الحد العلوي لمجال السيماء يمثل القشرة الأرضية: سماكتها الوسطية - أقل بقليل من 60 كم - وقد تم إثبات ذلك بدقة بواسطة ملاحظات مختلفة لا تتعلق إحداها بالأخريات: من جهة عن طريق دراسة الزلازل، ومن جهة أخرى عن طريق قياس قوة الجاذبية.

السطح متساوي السكون يفصل مجال السيماء عن القشرة الأرضية. وهو يظهر خصوصية رائعة لمجال السيماء. ويتميز جذرياً عن مجال القشرة الأرضية. مادة السيماء متجانسة في كل الطبقات المتحدة بالمركز.

تتغير الخواص الفيزيائية والكيميائية للسيماء تبعاً لبعدها النقطة المدروسة عن مركز الكوكب، أما مادة القشرة الأرضية، فإنها في حدود الطبقة المشتركة بالمركز وعلى بعد واحد عن مركز الكوكب، وتبدو مختلفة.

74- هذه المعطيات ترغمنا قبل كل شيء على أن نهمل أي تصورات من أي نوع عن السيماء كأحد مجالات الكوكب الغنية بالطاقة الحرة.

يمكن أن تكون طاقتها بالنسبة إلى الظواهر التي ندرسها كامنّة، ولم ولن يبلغ ظهورها سطح الأرض. لم يبلغه على امتداد الزمن الجيولوجي كله - مئات ملايين السنين. يمكننا اعتبار هذا الوضع تعميماً تجريبياً، أكدته كل قوة المنطق في المشاهدات الجيولوجية.

بكلمات أخرى، لا توجد أي معطيات تشير إلى أن السيماء لا تقع في حالة الحياء الكيماوي (الخمول) أو التوازن الثابت الكامل والمستقر خلال كل الزمن الجيولوجي.

ولهذا يمكن أن نشير إلى: أولاً: أننا لا نعلم في طبقات القشرة الأرضية المدروسة حالة واحدة أثبتت علمياً لتدفق المادة من الأقسام العميقة للكوكب، التي تقع خارج حدود القشرة الأرضية؛ وثانياً: لا يوجد ظاهرة واحدة تجلت فيها الطاقة الحرة المفترضة في السيماء، كحرارتها العالية المحتملة.

إن الطاقة الحرة النافذة من الأعماق إلى سطح الأرض لا تتعلق «بالسيماء» بل بالطاقة الذرية للعناصر الكيماوية المشعة - المركزة، على ما يبدو، بشكل رئيس في القشرة الأرضية، في الطبقات العليا من الكوكب في ظروف تتيح ظهور طاقتها بصيغة قادرة أن تنتج عملاً.

75- من بين تلك الظواهر، التي نشاهدها على سطح الأرض، فإن توزيع قوة الجاذبية يعطينا إمكانية التوغل داخل الكوكب أعمق مما تعطيه الظواهر الأخرى باستثناء الزلازل.

الحقيقة الأساسية، أن الأمر يتعلق بالبنية المحددة والخاصة للجزء العلوي لكوكبنا . توزيع الجاذبية يشير إلى أن قطاعات كبيرة من القشرة مختلفة الوزن النوعي (من 1 للماء حتى 3.3 للفلزات الأساسية) متركزة كلها فقط في الجزء العلوي للكوكب، وهي تتوضع عليها بحيث يتم تعويض القطاعات الخفيفة في المقطع الشاقولي بقطاعات أثقل وعلى عمق معين - على السطح متساوي السكون - يستقر توازن كامل، أسفل منها طبقات الكوكب على امتداد كل طبقة تكون ذات وزن نوعي واحد . النتيجة المنطقية هنا هي أنه أسفل السطح متساوي السكون لا توجد إمكانية الإخلال الميكانيكية ولا الاختلاف الكيماوي في طبقات ذات عمق متساو: يجب أن يوجد توازن تام في المادة والطاقة.

لذلك من المناسب أن نعتبر السطح متساوي السكون حداً أسفل للقشرة الأرضية وحداً أعلى للسيما . هذا السطح يحدد خاصية هامة جداً للكوكب: تفصل مجال التغيرات عن مجال التوازنات الثابتة والمستقرة.

رأينا في المحاضرة الأولى، أن وجه الكوكب - البيوسفيرا، الغلاف الخارجي لمنطقة التغيرات هذه، تتلقى طاقة من الوسط الكوني، من الشمس، تثير فيها تغيرات. نحن نعلم وسنرى أيضاً، أن فيها تجهيزات تنقل هذه الطاقة الشمسية الفاعلة إلى أعماق البيوسفيرا .

إلا أنه في القشرة الأرضية يوجد منبع آخر للطاقة الحرة - المادة المشعة، التي تنتج إخلالات أقوى بتوازناتها الثابتة .

هل تصل الذرات المشعة إلى السيماء لا نعلم، لكن يبدو ذلك غير قابل للشك . إن كمية المواد المشعة لا يمكن أن تكون فيها بنفس الدرجة التي في القشرة الأرضية، لأنه في هذه الحالة ستكون الخواص الحرارية للكوكب مختلفة تماماً . ويبدو أن المواد المشعة - منابع الطاقة الحرة لكوكبنا - لا تذهب إلى السيماء أو تنعدم فيها بسرعة .

76- إن تصوراتنا عن الحالة الفيزيائية لمجال السيماء ناقصة جداً . حرارة هذا المجال، كما يبدو، ليست مرتفعة جداً، والوضع غير العادي المميز لمادته يسببه في

الدرجة الأولى تأثير الضغط المرتفع. إن الخصوصيات الميكانيكية لهذه المادة الممتدة حتى عمق 2000 كم على الأقل مختلفة بشدة عن كل الأوضاع المعتادة لدينا، ولكنها مشابهة في كثير من نواحيها للحالة الصلبة (موخوروفيتش 1921). الضغط في هذه الأعماق هائل؛ بحيث يفوق خيالنا ويحطم تصوراتنا المبنية على المعطيات التجريبية عن الحالات الثلاث للمادة: الصلبة، السائلة والغازية. فعند الحد الأعلى للسيما، حيث الضغط يبلغ 20 ألف ضغط جوي، لا وجود لأي فارق بين حالات المادة الثلاث في المعايير العادية المميزة، كما ينتج هذا من التجارب (بريدجمان 1925).

بالطبع مادة كهذه لا يمكن أن يكون لها بنية كريستالية. يحتمل أن لها بنية شبيهة بالزجاج أو بنية المعدن تحت الضغط المرتفع. إنه أكثر التصورات قبولاً. طبقات هذا المجال متجانسة تماماً وبسبب تزايد الضغط تتغير أكثر فأكثر تبعاً للعمق.

77- ليس معلوماً بدقة عمق السطح متساوي السكون. في البدء اعتبر العمق 110-120 كم. الحسابات الأحدث تعطي أرقاماً أصغر 60-90 كم. يبدو أن عمقها في مناطق متعددة مختلف جداً. وشكلها يتغير باستمرار تحت تأثير منابع الطاقة الحرة، الموجودة في القشرة الأرضية. وهذا ما نسماه تغيرات جيولوجية.

فوق السطح متساوي السكون يقع مجال كان يسمى القشرة الأرضية بسبب فرضية جيولوجية قديمة تشير إلى أنه في الأعماق المدروسة جيولوجياً نصطدم بآثار وبقايا قشرة التجمد للكوكب الذي كان سائلاً في وقت ما. وهذا يتصل بفرضية علمية كونية عن ماضي الأرض. التعبير الأعمق عن مثل هذه الفرضية كان لدى (لابلاس)؛ حيث انتشر على نطاق واسع في الوسط العلمي، الذي بالغ في وقت من الأوقات في تقدير قيمتها العلمية. إلا أنه شيئاً فشيئاً اتضح أنه في الطبقات التي يمكن أو أمكن الوصول إليها لا نجد في أي مكان آثار تلك الطبقة المتجمدة الأولى، ما يجعل فرضية ماضي الأرض الناري السائل عديمة التأثير جيولوجياً. وبهذا الشكل اختفت الفرضيات عن وضع الأرض الناري السائل الأولى، لكن تعبير «القشرة الأرضية» دخل العلم تاريخياً وبقي في الاستعمال متخذاً معنى جديداً.

78- في هذه القشرة الأرضية نميز مجموعة أغلفة مشتركة المركز موزعة فيها، رغم أن سطوح تماسها ليست كروية.

كل غلاف يتميز إلى درجة كبيرة بمنظومات توازنات ديناميكية مستقلة ومغلقة - فيزيائية وكيمائية. حدود كل غلاف صعبة التحديد بسبب النقص الحاد في معارفنا،

يمكننا تحديد هذه الحدود بدقة أكبر من أجل الأقسام العلوية من الطور الصلب للكوكب ومن أجل الأقسام السفلية من الطور الغازي. على عمق 16-20 كم من سطح الأرض، وعلى ارتفاع 10-20 كم منه تصلنا أو كانت تصل اتحادات كيمائية. إن دراسة بنية الأرض الجيولوجية تدل على أن تشكل أكثر الفلزات المعروفة لدينا عمقاً كان على عمق لا يتجاوز الأعماق التي أشرنا إليها. إن سماكة 16 كم توافق طبقة الصخور الرسوبية والمتحولة. يمكن الاعتقاد بأن التركيب الكيماوي للكيلومترات الـ 16-20 العلوية مرهون بذات العمليات الجيولوجية، التي ندرسها في هذه الأيام. هذا التركيب معروف لدينا بملامحه العامة.

خارج هذه الحدود تصبح معارفنا أقل دقة بكثير، ليس فقط بسبب عدم قدرتنا على تحديد المادة التي تصل إلينا من هناك، وإنما أيضاً لأن حالة المادة في تلك الحدود من الضغط المرتفع والمنخفض غير معروفة رغم النجاحات الكبيرة للعلوم التجريبية. لكننا دون شك نقف على أرض صلبة - فتطور العلوم يسير بطيئاً ولكن راسخاً. والواضح أن تصوراتنا القديمة عن القشرة الأرضية تتعرض لمراجعة جذرية تبدأ للتو.

79- من وجهة النظر هذه لا بد من الإشارة إلى بعض الظواهر المهمة من أجل فهم بنية القشرة الأرضية.

أولاً - في الطبقات العالية من الغلاف الغازي للكوكب، تكون المادة بحالة تختلف بشدة عن تلك التي اعتدنا أن نراها حولنا. ربما نتعامل مع مجال مختلف عن القشرة الأرضية (أعلى من 80-100 كم). هنا في الوسط المادي المتخلخل تتركز على شكل الكثرونات وإيونات احتياطات ضخمة من الطاقة الحرة، لا تعرف أهميتها في تاريخ الكوكب.

بعد ذلك يعتبر مؤكداً تقريباً أن الحالة السائلة المتصلة لطبقات الأرض الداخلية، والتي اعتبرت الانفجاعات البركانية كأحد مظاهرها، غير موجودة. لا بد من افتراض وجود قطاعات كبيرة أو صغيرة من الماغما أي مصهور من السيليكات لزج يملؤه الغاز حرارته (600-1000)° ضمن غلاف صلب أو نصف صلب لزج. لا شيء يدل على أن بؤر الماغما اخترقت كل القشرة الأرضية وأن حرارة كل القشرة مرتفعة بمقدار حرارة هذه المصهورات الساخنة والغنية بالغازات.

80- رغم أن بنية القسم العميق من القشرة الأرضية تخبيئ الكثير من الألغاز، فقد أدت نجاحات العلم في هذا المجال إلى إنجازات رائعة.

تتألف القشرة الأرضية، على ما يبدو، من صخور حامضية وأساسية (قلوية)، تشاهدها على السطح. الصخور الحامضية كالغرانيت والغرانوديوريت تتوضع تحت الفجارات وتصل سماكتها إلى 15 كم. أحياناً أقل بقليل من ذلك. الصخور الأساسية تسود في الأعماق تحت الغلاف المائي وتقترب من سطح الأرض. هذه الصخور أفقر بالطاقة الحرة، وبالعناصر الكيماوية المشعة.

يجب أن نقبل بوجود ثلاثة أغلفة على الأقل تحت القشرة الأرضية. أحدها الغلاف العلوي يوافق الصخور الحامضية (الغلاف الغرانيتي). ينتهي على عمق 9-15 كم تحت السطح، وهو غني نسبياً بالعناصر المشعة.

تحت السطح بحوالي 34 كم يلاحظ تغير كبير جديد في خواص المادة (جيفريس، موخوروفيتش)، من المحتمل أنه يدل على الحدود السفلى لوجود الحالة الكريستالية للمادة. وهذا في الوقت نفسه الحد العلوي للغلاف البلوري (ديلي 1923). أعماق من ذلك توجد الصخور الأساسية. وجزئياً صخور حامضية في حالة شبيهة بالزجاج غير معروفة لدينا.

التغير الشديد الثاني يلاحظ على عمق 60 كم وسطياً من سطح الأرض، ومن المحتمل أن يكون نتيجة ظهور الصخور الثقيلة، يظهر تأثيرها على الظواهر الزلزالية. يمكن أن يكون الإيكولوجيت، الذي كثافته لا أقل من 3.3-3.4.

هنا ندخل في مجال السيماء، يتزايد الوزن النوعي للصخور، على حدودها يبلغ 4.3-4.4 (أدامس وويليامسون 1925). هذه الملاحظات فقط تعطي انطباعاً أكبر عن تعقيد العملية.

81- استمرت عملية اكتشاف وجود الأغلفة الأرضية بالطريقة التجريبية زمناً طويلاً - كالأغلاف الجوي مثلاً - أثبتت من مئات السنين ودخل وجودها مجريات الحياة العادية.

إلا أنه فقط في نهاية القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين تم فهم أسس تكونها، وحتى الآن لم يدخل فهم أهميتها في بنية القشرة الأرضية في وعينا العلمي. إن تكونها يرتبط بقوة مع كيمياء القشرة الأرضية، ووجودها يعتبر نتيجة لخضوع العمليات الكيماوية للقشرة الأرضية لقوانين التوازن الميكانيكي.

وبفضل ذلك في بنية القشرة الأرضية الكيماوية بالغة التعقيد لا تزال تظهر في كل مكان وتسترعي الانتباه ملامح عامة، تتيح في الظواهر الطبيعية المعقدة - بطريقة تجريبية - تمييز حالاتها الأساسية وتصنيف تلك المنظومات المعقدة للتوازنات الديناميكية التي توافق الأغلفة الأرضية في مفهومها المبسط ذاك.

إن قوانين التوازنات بالصيغة الرياضية العامة أظهرها (جيبس 1884-1887) وحولها إلى علاقات قادرة على الوجود بين المتغيرات المستقلة التي توصف العمليات الفيزيائية أو الكيماوية، كالحرارة، والضغط والحالة الفيزيائية والتركيب الكيماوي المشتركة في عمليات الأجسام.

كل نوسفيراً أثبتت بطريقة تجريبية بحتة (الجيوسفيراً) يمكن أن توصف ببعض المتغيرات، التي تدخل في التوازنات التي درسها جيبس.

وهكذا يمكن تمييز الأغلفة الترموديناميكية، التي تحددها مقادير الحرارة والضغط والأغلفة الطورية، التي تتميز بالحالة الفيزيائية (صلبة، سائلة) .. للأجسام الداخلة في تركيبها وأخيراً الغلاف الكيماوي المميز بتركيبه الكيماوي.

بقي جانباً فقط الغلاف الذي اكتشفه (زوس) - البيوسفيراً. لا شك أن كل تفاعلاته تخضع لقوانين التوازن، لكنها تضم مؤشراً جديداً متغيراً مستقلاً جديداً لم يأخذه (جيبس) بعين الاعتبار.

82- المتغيرات المستقلة، التي تؤخذ في الحسبان عادة، للتوازنات غير المتجانسة، والتي تدرس في مخبرنا الكيماوية - درجة الحرارة والضغط، حالة وتركيب المادة - لا تحيط بكل أشكالها. درس (جيبس) رياضيات التوازنات الكهروديناميكية. إن القوى السطحية المتعددة أهمية ضخمة في التوازنات الطبيعية في الأرض. فقد

أثارت ظواهر التركيب الضوئي اهتماماً كبيراً، حيث الطاقة الضوئية الإشعاعية تمثل المتغير المستقل. في ظواهر التبلور نأخذ في الحسبان الطاقة الداخلية الموجهة لكريستال (البلورات) مثلاً في التوائم، والطاقة السطحية - في كل البلورات.

إن الأجسام الحية التي تدخل في العمليات الفيزيوكيماوية للقشرة الأرضية، تختلف بجوهرها بشدة عن بقية المتغيرات المستقلة في البيوسفيريا. تقوم الأجسام الحية على غرار بقية المتغيرات المستقلة بتغيير مجرى توازنات القشرة الأرضية، ولكنها وبخلاف تلك القيم تعتبر تشكيلات مستقلة خاصة، وكأنها أنظمة ثانوية للتوازنات الديناميكية، في الحقل الترموديناميكي الأولي للبيوسفيريا.

إن استقلالية الأجسام الحية تعبير عن حقيقة أن للحقل الترموديناميكي الخاص بها بارامترات⁽¹⁾ مختلفة تماماً عن تلك التي نشاهدها في البيوسفيريا. وبسبب ذلك تحتفظ الأجسام الحية بدرجة حرارتها الخاصة في وسط له درجة حرارة أخرى، ولها ضغط داخلي خاص بها. إنها منفردة معزولة في البيوسفيريا. وحقلها الترموديناميكي يعينها فقط كونه يحدد مجال وجود هذه المنظومات المستقلة، وليس حقلها الداخلي. من وجهة نظر كيماوية يتضح تأثير استقلاليتها في كون الاتحادات الكيماوية المتشكلة فيها، لا يمكن أن تحدث خارجها في الظروف العادية للوسط الخامل للبيوسفيريا. وإذا وقعت في ظروف هذا الوسط، فإنها تكون حتماً غير ثابتة، وتتحلل فيه، وتنتقل إلى أجسام جديدة، وبهذه الطريقة ستكون عاملاً مغلاً لتوازنها، ومنبعاً للطاقة الحرة فيها.

تحصل هذه الاتحادات كثيراً في المادة الحية في ظروف تختلف بحدة عن تلك التي نشاهدها في البيوسفيريا. فمثلاً لا يمكن أن يحصل في البيوسفيريا تحليل جزيئي غاز الكربون والماء - إحدى العمليات البيوكيماوية الأساسية. في كوكبنا يمكن أن يجري ذلك فقط في مجالات الماغما العميقة خارج البيوسفيريا. في مخبرنا يمكننا فعل ذلك بدرجات حرارة عالية ليست موجودة في البيوسفيريا. بيد أن الحقل الترموديناميكي للمادة الحية يختلف بشدة عن مثيله في البيوسفيريا مهما فسرنا هذا

1- البارامتر: متغير يميز ثابتاً أو عملية ما. ولقد دخلت الكلمة بقوة مجال العلوم في اللغة العربية مثلاً بارامترات الجسم هي أبعاده: الطول، العرض، الارتفاع، وللأجسام الحية مثلاً: العمر، ضغط الدم، درجة الحرارة،..

الاختلاف. تجريبياً يمكن أن توصف الأجسام الحية كحقول ترموديناميكية في البيوسفيراً وهي غريبة عنها ومعزولة ذات مقاييس ضئيلة بالنسبة إليها وحاملة طاقة شعاع الشمس وهي صنيعة في البيوسفيراً مقاييسها تتراوح بين 10^{-15} n. و 10^{-13} n.سم³. مهما قلنا في تفسير وجود هذه الأجسام وتشكلها في البيوسفيراً، فإن تغير كل التوازنات الكيماوية يشكل حقيقة واقعة فيها، مع أن قوانين التوازن العامة في البيوسفيراً لا تنقض، والكائنات الحية بمجملها أي المادة الحية الموافقة لها، يمكن أن تعتبر شكلاً خاصاً للمتغيرات المستقلة لحقل الطاقة في الكوكب.

83- تأثير الكائنات الحية هذا يتعلق بشكل وثيق بتغذيتها، وتنفسها، وبخربها وموتها، أي بعمليات الحياة، التي تدخل فيها العناصر الكيماوية وتخرج منه. تجريبياً لا شك أن العناصر الكيماوية التي تدخل الجسم الحي تقع في وسط لا نجد له مثيلاً في أي مكان آخر على كوكبنا. إننا نعبّر عن هذه الظاهرة بقولنا، إن العناصر الكيماوية بدخولها في الجسم الحي تقع في شكل جديد للوجود.

كل تاريخها في هذا الشكل للوجود يختلف بشدة فائقة عن تاريخها في أجزاء كوكبنا الأخرى. بيد أن هذا الاختلاف مرتبط بالتغير العميق للنظم الذرية في المادة الحية. هنالك أساس قوي للاعتقاد أن العناصر الكيماوية فيها لا تعطي خلائط من النظائر. هذا ما يجب أن تثبت التجربة.

في وقت ما - وكثيرون حتى الآن - كانوا يربطون بين خصوصية تاريخ العناصر الكيماوية في المادة الحية وبين الغلبة الكبرى لوضع التشتت في اتحادات العناصر، لمنظوماتها الغرائية. إلا أن منظومات غرائية مشابهة تشاهد في أماكن أخرى من البيوسفيراً، وجلي أنها لا ترتبط بالكائنات الحية وفق تصوراتنا الحديثة، وتتعلق المنظومات الغرائية المشتتة دائماً بالجزئيات وليس بالذرات. وتكفي هذه الحقيقة وحدها لكي نبحث عن تفسير الأشكال المختلفة لوجود العناصر الكيماوية، بعيداً عن الحالة الغرائية، لأن أشكال الوجود تتميز حتماً بوضع الذرات.

84- إن مفهوم شكل الوجود (التواجد) للعناصر الكيماوية أدخل عام (1921) من قبلي كتعميم تجريبي. وعينت بذلك قطاعات الحقول الترموديناميكية الخاصة لوجود

الذرات، التي تشاهد فيها بحدة مظاهرها المختلفة، التي تؤول وفق تصوراتنا الحديثة إلى تراكيب خاصة متنوعة للذرات، مختلفة لكل من أشكال تواجدها . من الواضح أن أشكال وجود العناصر الكيماوية يمكن أن تكون كثيرة جداً، إن الكثير منها لا يشاهد في الحقول الترموديناميكية لكونها . إذاً، لا شك أن ذرات النجوم يجب أن تلاحظ في حالات خاصة، ليست ممكنة على الأرض. ونرى أنها تعطيها تلك الحالات الخاصة، مثلاً، لتفسير أطيافها (الذرات المشحونة حسب «كارا») أو لتفسير الكتل الضخمة لبعض النجوم التي عرفت بالمراقبة. لتفسير هذه الأخيرة لا بد أن نقبل بتركيز آلاف أو مئات آلاف الغرامات من المادة في السننيمتر المكعب (ايدينغتون)⁽¹⁾.

واضح أن أوضاع الذرات النجمية هذه تمثل أشكال وجودها، غير الموجودة في القشرة الأرضية. وجود الأشكال الأخرى غير الموجودة عندنا، يمكن ويجب أن يكون على الشمس، في الحالة الشمسية (غاز من الالكترونات) في السديميات، النيازك ونواة الأرض.

85- إننا نميز المواد الحية كشكل وجود خاص للذرات، اعتماداً على التجربة البحتة. وليس لدينا حتى الآن إمكانية التصور الدقيق لما يحدث من تغيرات للذرات الداخلة فيها .

لكن التطابق التام بين شكل الوجود هذا للذرات في القشرة الأرضية وبين أشكال وجود خاصة أخرى، يجعلنا نعتقد أن الدراسات اللاحقة سوف تكشف تلك التغيرات التي تطرأ على النظم الذرية بدخولها المادة الحية .

إن أشكال الوجود الخاصة المتنوعة تجريبياً، تتميز في الوقت نفسه:

1- بحقل ترموديناميكي خاص لكل شكل،

1- من أجل النجم سيرْيوس B يجب أن تكون كثافة مادته تساوي 53 ألفاً . يمكن الاعتقاد أنه إذا اعتمدنا التصورات الديناميكية لـ (بور - رزفورد) (وكما هو معلوم، هذه النماذج تشكل تقريباً الواقع) فإن مدارات الالكترونات ستكون أقرب إلى النواة. من وضعها في الذرات العادية (تيرينغ 1925)، فإن الانزياح الحاصل في القسم الأحمر من طيف سيرْيوس b يؤكد الكثافة الضخمة: الانزياحات المستنتجة حسابياً من أجل أجسام بهذه الكثافة بالاستناد إلى نظرية النسبية لخطوط الطيف توافق ما تمت مشاهدته (ادامز 1925) .

2- بمظهر ذري خاص،

3- بتاريخ جيوكيماوي للعنصر شديد الاختلاف،

4- بعلاقة محددة بين ذرات العناصر المختلفة، التي غالباً ما تكون خاصة بالشكل المعطى فقط (منشؤها المزدوج).

86- في القشرة الأرضية يمكن تمييز أربعة أشكال وجود مختلفة للعناصر الكيماوية تمر عبرها على مر الزمن وتحدد تاريخها.

هذه الأشكال الأربعة هي:

1- الصخور والفلزات، حيث تغلب الجزيئات الثابتة كيماوياً وغير المتحركة والتراكيب البلورية (الكريستالية) للعناصر.

2- الماغما - مزيج لزوج من الغازات والسوائل يقع في حالة مزيج من النظم الذرية المتفككة التي لا توجد فيها بلورات ولا جزيئات الكيمياء⁽¹⁾.

3- تبعثر العناصر، عندما تقع عناصر منفردة في حالة حرة، منعزلة عن بعضها، من الممكن جداً أن العناصر خلال ذلك في بعض الحالات تكون متآنية أو فاقدة قسماً من إلكتروناتها⁽²⁾. هذا هو الوضع الخاص للذرات الموافقة للمادة المشعة (فاراداي، كروكس).

4- المادة الحية التي يكون وضع ذراتها غير واضح، فتبدو هذه الذرات في وضع جزيئات لمنظومة أيونات متفككة لوجود مبعثر. إن هذه التطورات تبدو لي غير كافية تجريبياً بشكل جلي. ومن المحتمل جداً أنه في الجسم الحي إلى جانب النظائر (فقرة 83) تلعب دوراً معلوماً ولا نعيده اهتماماً، تتناظر الذرات وتناظر الحقول الذرية.

87- أشكال وجود الذرات (العناصر) تلعب دوراً في التوازنات غير المتجانسة كالدور الذي تلعبه المتغيرات المستقلة الأخرى - درجة الحرارة، الضغط، التركيب الكيماوي، الحالة الفيزيائية للمادة (الطور). كذلك توصف أشكال وجود الذرات الأغلفة مشتركة المركز للقشرة الأرضية، التي تتغير بتغير العمق.

1- أحد أشكال الماغما، وربما شكل مستقل للوجود يمثل الزجاج بدرجة حرارة مرتفعة وضغط عال. (انظر الفقرة 80).

2- ربما مثلت هاتان الحالتان شكلين مختلفين للوجود

يجب أن نضيف إلى الأغلفة الترموديناميكية الطورية والكيمائية المشار إليها (في الفقرة 81) الأغلفة الخاصة وفق شكل وجود العناصر الكيمائية. يمكن تسميتها الأغلفة مزدوجة المنشأ، لأنها في الملامح العريضة وبشكل رئيس تحدد المنشأ المزدوج للعناصر، أي قوانين وجودها المشتركة. البيوسفيرا أحد الأغلفة مزدوجة المنشأ، المعلوم لدينا ونستطيع الوصول إليه.

88- إن تصور بنية القشرة الأرضية مؤلف من أغلفة معينة ترموديناميكية، وكيمائية، وطورية ومزدوجة المنشأ، يعد واحداً من التعميمات التجريبية النموذجية. وليس له الآن تفسير، أي أنه لا يرتبط بأي من نظريات تشكل الأرض ولا بأي من نماذج تصورنا للعالم.

مما تقدم، وبشكل غير قابل للشك، نجد أن بنية كهذه هي نتيجة التأثير المتبادل للقوى الكونية من جهة وللمادة والطاقة في كوكبنا من جهة أخرى. وطبيعة المادة أيضاً - النسب الكمية للعناصر مثلاً - ليست ظاهرة عشوائية (مصادفة) ولا ترتبط بالأسباب الجيولوجية فحسب.

هذا التعميم التجريبي الممثل جدولياً في الجدول 1 سوف نضعه في أساس الدراسة التالية كلها.

هذا الجدول، كأى تعميم تجريبي، يجب أن ينظر إليه كأول تقريب لوصف الواقع، والذي يجب أن يغير ويضاف إليه في المستقبل. إن أهميته تكون أكبر كلما كانت المادة التجريبية الحقيقية، التي يبنى عليها، أكبر. هذا المعنى تكون أهميته متفاوتة.

حول القسم الأكبر من الغلاف الأول العلوي الترموديناميكي (والأغلفة الموافقة له المتعلقة بالمتغيرات المستقلة الأخرى)، كذلك حول الغلاف الترموديناميكي الخامس وأسفل منه، لا تتوفر لدينا معلومات إلا على عدد قليل جداً من الحقائق وترتبط بالحدس والتخمين والقياس التي تخل بالتعميم التجريبي.

لذلك فإن معارفنا في هذا المجال من الظواهر ليست موثوقة وتتغير بسرعة مع سيرة التطور العلمي.

يمكننا إذاً توقع إنجازات وتغيرات جديدة كبرى في السنين القريبة القادمة حول وجهات النظر السائدة عن تطور العلوم الفيزيائية.

في معظم الحالات لا يمكن تعيين الحدود الفاصلة بين غلافين بدقة. كل الدلائل تشير إلى أن السطح الفاصل بين الأغلفة تتغير بمرور الزمن، وأحياناً تكون هذه التغيرات سريعة. شكلها شديد التعقيد وغير مستقر⁽¹⁾.

1- يرتفع الغلاف البازلتي تحت المحيطات ويمكن أن يكون هنا على عمق لا يبعد عن 10 كم في المحيط الهادي وعمقه في المحيط الهادي أكبر منه في المحيط الأطلنطي. بعض الباحثين يزدون كثيراً في سماكة الغلاف الغرانيطي تحت القارات (حسب غوتنبيرغ أكثر من 50 كم تحت أوروبا وآسيا).

بالنسبة إلى تلك الأسئلة التي تلامسها هذه المحاضرات، لا قيمة كبيرة لمعارفنا في هذه الأقسام من الجدول، لأن البيوسفير/ بأكملها تقع خارج أغلفة القشرة الأرضية. ذلك الجزء من الجدول يركز على مادة تجريبية ضخمة، وخال من الفرضيات، والتخمينات والقياسات.

89- كل العناصر التي تحدد التوازنات الكيماوية للحرارة والضغط والغلاف الموافق لها أهمية خاصة، لأنها توجد دائماً من أجل كل أشكال وجود المادة ومن أجل كل حالاتها وتراكيبها الكيماوية. إن نموذج الكون في خيالنا دائماً ترموديناميكي. لذلك من المهم أن نميز في القشرة الأرضية منشأ المادة والظواهر المتعلقة بها الناجمة عن أغلفة ترموديناميكية مختلفة.

فيما يلي سوف أسمى الظواهر المتعلقة بالغلاف الترموديناميكي الثاني/ظواهر حيوية، والمتعلقة بالغلافين الثالث والرابع/تشبثية، والمتعلقة بالخامس/تحويلية.

المادة الحية من الدرجتين الأولى والثانية في البيوسفير

90- إن حدود البيوسفير/ا مقترنة قبل كل شيء بحقل وجود الحياة، ويمكن أن تظهر الحياة فقط في وسط محدد، وفي شروط فيزيائية وكيماوية محددة. وهذا بالضبط ما تلبه البيوسفير/ا.

لكننا لا نكاد نشك في أن حقل الحياة الثابتة يتجاوز حدود هذا الوسط ونحن لا نعرف إلى أي مدى يمكن أن يبتعد، لأننا لا نستطيع كمياً تقييم قوة التكيف لدى العضويات على مدى الزمن الجيولوجي. نعلم أن التكيف يتعلق بمرور الزمن وهو تابع للزمن وأنه يظهر في البيوسفير/ا وثيق الارتباط بمئات الملايين من سنين وجودها. ونحن لا نملك هذه الملايين من السنين، وحتى الآن لا نستطيع أن نجد لها بديلاً في تجاربنا.

كل تجاربنا على الجسم الحي تجري على أجسام تكيفت بزمن غير محدود⁽¹⁾ مع البيوسفير/ا، وأنتجت كل المواد الضرورية للحياة والبنية اللازمة لها. نحن نعلم أن

1- لامحدودية الزمن - مفهوم ديني مثالي. في الواقع هنا توجد بشكل واضح علاقة لا نستطيع إدراكها حتى الآن - مدة محددة لتطور الكائن الحي في البيوسفير/ا (أكثر من 10^9 سنة).

هذه المواد تتغير مع مرور الزمن الجيولوجي. وحدود هذا التغير ليست معلومة لدينا، ولا يمكن استنباطها من دراسة طبيعتها الكيميائية⁽¹⁾.

إن الاستنتاج الأساسي بالنسبة إلينا هو أن الحياة في القشرة الأرضية تحيط بمجال من الأغلفة أصغر من حقل وجودها المحتمل. وأثبتت دراسة الطبيعة بقوة وثبتت باستمرار قناعتنا بأن الحياة تكيفت مع هذه الظروف وأنتجت وأن الأجسام خلال توالي القرون أنتجت أشكالاً مختلفة لتنظيمات تتيح لها العيش في البيوسفيرا.

نستطيع التعبير عن انطباعنا عن دراسة الطبيعة - هذا التعميم التجريبي غير المدرك، الذي يكون أساس كل عملنا العلمي - بالتأكيد على أن الحياة بتكيفها المستمر البطيء تحيط بالبيوسفيرا، وأن هذه الإحاطة لم تنته (فقرة 112-122) وأن ضغط الحياة (فقرات 27، 51) يتجلى في اتساع حدود حقل الحياة في حقل البيوسفيرا.

إن حقل استقرار الحياة هو نتيجة للتكيف بمرور الزمن. وهو ليس شيئاً ما ثابتاً غير متحرك: لا تعطينا حدوده تصوراً كاملاً عن الحدود المحتملة لظهور الحياة. إنه، كما تشير دراسة المستحاثات والبيئة يتوسع تدريجياً وببطء.

91- إن حقل وجود الكائنات الحية لا ينحصر في الخواص الفيزيائية والكيميائية لموادها، ولا في طبيعة وخصائص الوسط الخارجي المحيط بها، ولا في تكيف العضوية مع هذه الظروف - بالنسبة إليها وبشكل فائق فإن المهم هو ظروف التنفس والتغذية أي الاختيار الفاعل للمواد الضرورية من أجل حياتها. رأينا سابقاً الأهمية الضخمة للتبادل الغازي - التنفس - في تثبيت نظامها الطاقوي (طبعاً للكائنات الحية) والتبادل الغازي الشامل لنظام الكوكب والبيوسفيرا فيه. وهو على السواء مع تغذية العضويات أي مع تحريك المواد السائلة والصلبة بقوة طاقتها من الوسط المحيط إلى حقل العضوية المستقل (فقرة 82)، يحيط (أي التنفس) حتى مجال تواجدها.

لقد تطرقت إلى هذه الظاهرة عندما أشرت إلى التقاط الطاقة الشمسية من قبل العضويات الخضراء (فقرة 42). هنا يتوجب التوقف عندها بانتباه أكثر.

1- غالباً ما يبحثون عن حدود الحياة في خواص مكونات الجسم من الاتحادات الكيميائية. مثلاً البروتينات، التي تتخثر في الدرجة 60-70°. لكنهم لا يأخذون بالحسبان تعقيد التكيفات المحتملة للجسم. وبعض البروتينات الجافة لا تتغير بدرجة 100° (سيفريل).

في ظاهرتي التغذية والتنفس يكون العنصر الرئيسي هو المنبع، الذي منه تأخذ العضويات المواد اللازمة لحياتها .

من وجهة النظر هذه تنقسم العضويات إلى فئتين حادتي الاختلاف: إلى مادة حية من الدرجة الأولى - عضويات ذاتية التغذية، لا تتعلق تغذيتها بعضويات أخرى. ومادة حية من الدرجة الثانية - عضويات غيرية أو مختلطة التغذية. قسم الفيزيولوجي الألماني (بفيير) العضويات حسب تغذيتها إلى ثلاث فئات، ويعتبر هذا التقسيم تعميماً تجريبياً كبيراً، غنياً بالنتائج المتنوعة. أهميته في فهم الطبيعة أعظم مما يعتقد .

تبنى العضويات ذاتية التغذية جسمها بالكامل من مواد الطبيعة الخاملة (الميتة). وتضم كل اتحاداتها العضوية الآزوت، الأوكسجين، الكربون، الهيدروجين، التي تشكل معظم كتلة جسمها، والتي تأخذها من مملكة الفلزات. العضويات غيرية التغذية تستخدم الاتحادات العضوية التي بنتها كائنات حية أخرى كغذاء لها . في النهاية لا بد لها - من أجل البقاء - من عمل ذاتيات التغذية المسبق. بشكل خاص إنها تأخذ الآزوت والكربون اللازم لها بمعظمه أو بكامله من المادة الحية. في العضويات مختلطة التغذية يكون غذاؤها فيما يخص الآزوت والكربون من الاتحادات التي كونتها المادة الحية أو التي تكونت بالتفاعل الكيماوي للمادة الجامدة.

92- لا شك أن السؤال عن المنبع، الذي تحصل منه العضويات على الأجسام اللازمة لحياتها، أكثر تعقيداً مما يبدو للوهلة الأولى، لكن أظن أن التقسيم الذي اقترحه (بفيير) هو السمة الجذرية لكل الطبيعة الحية.

لا يوجد متعض واحد لم يكن متعلقاً بغذائه وتنفسه ولو جزئياً بالمادة الجامدة. إن انفراد ذاتيات التغذية يقوم على أساس أنها مستقلة عن المادة الحية من أجل جميع العناصر الكيماوية، وتستطيع الحصول عليها كلها من الوسط المحيط الجامد - غير الحي.

إنها تحصل على العناصر اللازمة للحياة من جزيئات واتحادات محددة للعناصر.

إلا أنه في النهاية في وسط الأحياء في البيوسفيرا توجد كمية كبيرة من الجزيئات المكونة لها والضرورية لحياتها، هي منتج هذه الحياة، وبدونها لم يوجد في المادة الجامدة مثلاً الأوكسجين الحر بكتلته - O_2 - وإلى درجة كبيرة كل الغازات

تقريباً مثل H_2S , NH_3 , CO_2 ، وغيرها . مشاركة الحياة ليست أقل في تكوين المحاليل المائية الطبيعية . لا تتفصل هذه المحاليل عن ظاهرتي التنفس والتغذية . هذا الماء الطبيعي وليس الماء النقي كيميائياً ضروري للحياة، بدرجة ليست أقل من التبادل الغازي .

إذا أخذنا بعين الاعتبار هذا الانعكاس العميق للحياة على طبيعة الأجسام الكيماوية في المادة الجامدة، التي تظهر في وسطها، فيجب علينا الحد من استقلالية العضويات ذاتية التغذية عنها . لا يمكن منطقياً أن نقوم باستخلاص نتيجة عادية جداً، وهي أن ما نشاهده من عضويات ذاتية التغذية قادرة على البقاء وحدها على كوكبنا . وهي لا تتوالد فقط من ذاتيات التغذية المماثلة، بل تحصل على العناصر الضرورية لبقائها من أشكال المادة الجامدة التي لا يمكن أن توجد لو لم تكونها سابقاً حياة العضويات .

93- إذاً، تتطلب العضويات الخضراء ذاتية التغذية من أجل بقائها وجود الأوكسجين الحر، وهذا الأوكسجين الحر تنتجه هي ذاتها من الماء وثاني أوكسيد الكربون . وهو دائماً منتج بيوكيماوي في مادة البيوسفيرا الجامدة . وأكثر من ذلك، فنحن لا نستطيع القطع بأنه وحده من بين الأجسام الضرورية لها يرتبط وجوده كلياً بالحياة .

لقد طرح (بوتوملي) مسألة حاجة النباتات المائية الخضراء من أجل وجودها لاتحادات عضوية معقدة منحلة في الماء - /الأيكسونومات، كما سماها هو . رغم أن هذا لا يعتبر مؤكداً تماماً، فهو ممكن إلى حد بعيد، لأنه تتضح بالتدرج أكثر فأكثر أهمية الشوائب من الاتحادات العضوية، التي لا نلاحظها وننساها، في لوحة الطبيعة، والتي نجدتها دائماً في الماء العذب أو المالح . كل هذه المواد العضوية التي تكون وتتكون كل ثانية منها كميات هائلة (مليارات الأطنان)، تقوم الحياة بتكوينها، ولا نستطيع التأكيد أن منشأها من العضويات ذاتية التغذية فقط . على العكس من ذلك نرى في كل مكان الأهمية الضخمة لمثل هذه الاتحادات الغنية بالآزوت وقد قامت ببنائها العضويات غيرية التغذية ومختلطة التغذية، كما بنت الفلزات .

نرى ظهور هذه الأجسام في لوحة الطبيعة حتى دون تحليل كيماوي . وهي التي تسبب تشكل زبد الماء الطبيعي، ومظهرها على شكل أغشية رقيقة تغطي بشكل

متصل مئات آلاف بل ملايين الكيلومترات المربعة من سطح الماء، هي التي تسبب تلون المستنقعات وأنهار وبحيرات التوندرا، الأنهار السوداء والرمادية المدارية وتحت المدارية. ليس هناك جسم واحد خال منها - ولا يقتصر وجودها فقط على تلك التي تعيش في هذه المناطق، بل إن نباتات اليابسة الخضراء تحصل على هذه المواد باستمرار من المطر والندى وبشكل رئيس في محاليل التربة.

في المياه الطبيعية تكون كمية الأجسام العضوية المنحلة (جزء منها متشتت) متأرجحة بشدة بحدود 10^{-6} وحتى 10^{-20} ٪. وسطياً هي قريبة من نسبتها في ماء البحر أي توافق 10^{-18} - 10^{-20} طن. وهي كما نرى تفوق كمية المادة الحية.

يدخل ببطء إلى الوعي العلمي تصور أهميتها. عند علماء الطبيعة القدامى غالباً ما نجد فهم هذه الظاهرة الضخمة في أغرب المواقف وأقلها توقعاً.

ذكرها عالم الطبيعة العبقري (ماير) في ملاحظة صغيرة أشار إلى أهميتها في تركيب المياه الشافية وفي اقتصاد الطبيعة العام في عام 1870.

94- لكن المنشأ البيوكيماوي لأجسام الطبيعة الجامدة تلك، الضرورية لحياة ذاتيات التغذية، لا يغير الاختلاف الكبير بينها وبين غيرية ومختلطة التغذية. يجب أن نفهم ذاتيات التغذية بشكل أكثر تعقيداً. وألا نخرج محاكماتنا خارج هذا الحد.

سوف نطلق تسمية ذاتية التغذية على كل العضويات، التي

تأخذ كل العناصر الكيماوية الضرورية لحياتها، في

البيوسفيرا المعاصرة، من المادة الجامدة المحيطة بها ولا

تتطلب اتحادات كيماوية جاهزة مأخوذة من عضوية

أخرى لتكوين جسمها.

دائماً في تعاريف الظواهر الطبيعية لا نستطيع بتعريف قصير الإحاطة بالظاهرة بشكل كامل. ويعقل أن تحدث تحولات أو حالات مشكوك فيها. مثالنا على ذلك هو الرميات: التي تتغذى على العضويات الميتة والمتحللة. إلا أن الرميات يتألف غذاؤها الأساسي أحياناً أو دائماً من العضويات وبقايا العضويات الحية المجهرية التي تنفذ إلى الجثة.

إذا اعتمدنا مفهوم «ذاتية التغذية» المقيد بالبيوسفيرا المعاصرة، نحن بذلك نستثني إمكانية وضع استنتاجات عن ماضي الأرض - عن إمكانية بداية الحياة على الأرض على أحد أشكال ذاتيات التغذية.

لأنه لا شك أن ذاتيات التغذية الموجودة (فقرة 93) تحتاج إلى وجود منتجات الحياة في البيوسفيرا .

95- إن الاختلاف بين المادة الحية من الدرجة الأولى والدرجة الثانية يؤثر على تواجدها معاً في البيوسفيرا . يتعلق مجال وجود المادة الحية من الدرجة الأولى من حيث بقائها وتغذيتها بالعضويات ذاتية التغذية، التي تنتشر على نطاق أوسع .

يمكن تمييز فئتين شديديتي الاختلاف بين العضويات ذاتية التغذية: الأولى هي العضويات الخضراء الكلوروفيلية، النباتات الخضراء؛ والثانية هي عالم البكتريا سريع التكاثر .

لقد رأينا أن النباتات الخضراء تشكل الآلية الرئيسة في البيوسفيرا، وهي تلتقط أشعة الشمس وتبني بواسطة التركيب الضوئي أجساماً كيميائية . تشكل طاقتها فيما بعد منبعاً للطاقة الكيميائية الفعالة في البيوسفيرا، وإلى حد كبير على كامل القشرة الأرضية .

يتحدد حقل تواجد هذه العضويات الخضراء ذاتية التغذية

بالمجال الذي تنفذ إليه أشعة الشمس (فقرة 23) .

كتلتها كبيرة جداً مقارنة مع كتلة المادة الحية الأخرى فهي قد تقترب من النصف (فقرة 46) .

إننا نرى فيها الأداة التي تسمح لها بالتقاط الإشعاع الضئيل من حيث كثافته والاستفادة منه كاملاً (استخدامه حتى نهايته) .

من المحتمل أن كمية المادة الخضراء التي كونتها تزيد أو تنقص من وقت إلى آخر . رغم أن هذا يقال غالباً كراي، إلا أننا لا نستطيع اعتباره مثبتاً بدقة .

كتلة المادة الضخمة المشكلة لها، تنتشر وتوزع في أي مكان ينفذ إليه شعاع الشمس . إنها تجعلنا غالباً نرى فيها قاعدة الحياة الأساسية . وتسمح لنا بافتراض أنه خلال الزمن الجيولوجي تكونت منها عضويات كثيرة العدد، كونت المادة الحية من الدرجة الثانية، وفي هذا الزمن إن وجود كل عالم الحيوان، وكمية ضخمة من النباتات غير اليخضورية - الفطور، البكتريات - بكاملها مرهونة بهذه النباتات الخضراء .

إنها تتجز على القشرة الأرضية أهم عمل كيميائي - إنها تنتج الأوكسجين الحر، محطمة في التركيب الضوئي أجساماً شديدة الثبات حاوية على الأوكسجين مثل

الماء وثاني أكسيد الكربون. ولقد أنجزت العمل ذاته في كل الحقب الجيولوجية السحيقة. إن ظواهر التهوية تدلنا بشكل واضح على دور الأوكسجين الحر الاستثنائي في العصر الجيولوجي الأول (الأقدم). كذلك الدور الذي يلعبه في البيوسفيرا الحديثة. إن تركيب نواتج التهوية، ونسبها الكمية، حيث يمكننا أن نثبت أنها كانت في العصر الأركي الأول كما هي عليه الآن. والواضح أن منبع الأوكسجين الحر هو ذاته - عالم النباتات الأخضر. كل كتلة الأوكسجين الحر كانت من نفس الدرجة التي نراها فيها الآن. إن التغير الذي يحدث الآن لكمية المادة الخضراء وطاقة شعاع الشمس المولد لها، يعدّ ضئيلاً بالمقارنة مع ملايين السنين الماضية (فقرة 57).

بالنسبة إلى العصر الأركي ليس لدينا بقايا أجسام خضراء. هي تستمر بدءاً من العصر القديم وتشير إلى التطور الحاد في مجموعة أشكالها غير القابلة للحصر، حتى عصرنا هذا، التي على ما يبدو تزيد عن 200 ألف نوع على كوكبنا. أما كمية كل الأنواع التي وجدت وتوجد على كوكبنا فلا يمكن إحصاؤها، لأن الكمية الصغيرة نسبياً التي تم اكتشافها من الأنواع، تعبر عن عدم اكتمال معارفنا. تتزايد هذه الكمية بمرور كل عقد وحتى بمرور كل عام.

96- تجمعت كميات أقل بكثير من المادة الحية على شكل بكتيريا ذاتية التغذية. أصبح واضحاً وجود العضويات الخضراء ذاتية التغذية في نهاية القرن الثامن عشر وبداية التاسع عشر وفي الأربعينات من القرن التاسع عشر، وذلك بفضل أبحاث (بوسبنغو) و(دوما) و(لوبيخ) وقد دخل هذا في الوعي العلمي. وجود ذاتيات التغذية غير المرتبطة بأشعة الشمس، البكتريا الخالية من الكلورفيل (اليخضور) اكتشفت في نهاية القرن التاسع عشر على يد (فينوغرادسكي) ولم تحدث أثراً على الفكر العلمي كما كان متوقعاً. هذه العضويات تلعب دوراً كبيراً في التاريخ الجيوكيمياوي للكبريت، والحديد، والآزوت، والكربون. لكنها ليست كثيرة التنوع، المعروف منها لا يكاد يتجاوز المئة نوع، أما كتلتها وأهميتها لا تقارن بالنباتات الخضراء.

إنها تنتشر في كل مكان، نجدها في التربة، وفي وحل الأحواض المائية، في ماء البحر، لكن كميتها لا تقارن في أي مكان بكمية خضرة اليابسة، دون النظر إلى البلاكتون الأخضر في المحيط العالمي. بينما الطاقة الجيوكيمياوية للبكتريا أكبر بكثير

من طاقة النباتات الخضراء وتفوقها بعدة أضعاف، وأحياناً بعشرات ومئات الأضعاف، وهي القصوى بالنسبة إلى المواد الحية. إن الطاقة الحركية الجيوكيمياوية في الهكتار الواحد، هي في النهاية متساوية من أجل النباتات المائية وحيدة الخلية والبكتريا. لكن في الوقت الذي يمكن أن تبلغ فيه النباتات المائية حالتها الثابتة خلال عشرات الأيام، فالبكتريا بظروف مناسبة تفعل ذلك أسرع بكثير - في 36-48 ساعة.

97- إن مراقبة تكاثر البكتريا ذاتية التغذية قليلة جداً. ويبدو أنها تتكاثر أبطأ من البكتريات الأخرى (رينكه). إن مراقبة تكاثر البكتريا الحديدية لا تناقض هذا الرأي (خولودني). هذه البكتريات تنقسم مرة أو مرتين في اليوم، في حين يكون هذا الانقسام بالنسبة إلى البكتريا العادية فقط في الظروف غير المناسبة للحياة. مثلاً *Bacillus Ramosus* التي تعيش في الأنهار تعطي في الظروف المواتية أكثر من 48 جيلاً في اليوم، وتعطي في درجات الحرارة المنخفضة فقط أربعة أجيال (وورد 1925).

حتى إذا أصبح هذا الانخفاض في سرعة تكاثر ذاتيات التغذية بالمقارنة مع البكتريا الأخرى ظاهرة عامة، فإن سرعة تكاثرها عموماً توافق السرعة القصوى، وليس الوسطى لانتقال الحياة لدى النباتات الخضراء وحيدة الخلية. كان يجب توقع أن كميتها ستكون أكبر بكثير من كتلة العضويات الخضراء، وأن هذه الظاهرة التي نشاهدها في البحر بالنسبة إلى النباتات، وحيدة الخلية المائية (فقرة 51) - زيادتها على كثيرات الخلايا الخضراء - ستكون موجودة من أجل البكتريا بالمقارنة مع وحيدات الخلية الخضراء.

98- في الواقع لا يوجد ذلك. إن سبب التجمع القليل للمادة الحية بهذه الصيغة الحياتية شبيهة جداً بالسبب الذي يحتم زيادة كثيرات الخلايا الخضراء على وحيدات الخلية الخضراء في اليابسة (الفقرة 49).

إن انتشارها الهائل، واختراقها كل سماكات المحيط - أبعد من التي ينفذ إليها شعاع الشمس. هذا ما يجعلنا نفكر أن سبب قلة كمياتها النسبية في البيوسفير، يعود إلى قلة اكتشاف الفوارق بين البكتريا الأزوتية، والكبريتية، والحديدية، وهذا لا يجب أن يكون سبباً خاصاً، بل سبباً ذا صفة عامة.

يمكن رؤية هذا السبب في ظروف تغذيتها شديدة الخصوصية أي في كل ظروف إمكانية عيشها .

كلها تحصل على القدرة (الطاقة) اللازمة لحياتها بأكسدة اتحادات الآزوت، الحديد، الكبريت، المنغنيز، الكربون غير تامة أو تامة التأكسد بأعلى درجات الأكسدة، لكن الأجسام البدئية اللازمة الفقيرة بالأوكسجين - الأملاح الحيوية لتلك العناصر - لا يمكن أبداً أن تتجمع في البيوسفيريا بكميات كافية. إن مجال البيوسفيريا عموماً هو مجال الأكسدة الكيماوية، لأنها ممثلة بالأوكسجين الحر - صنعة العضويات الخضراء. في هذا الوسط الغني بالأوكسجين تكون الأشكال الثابتة. حتى بدون تأثير الحياة، هي الاتحادات الأعلى أكسدة، والغنية بالأوكسجين.

حسب هذا الوضع يجب على العضويات ذاتية التغذية أن تفتش عن وسط حياتها. بهذا الظرف تتعلق أدوات تنظيمها .

تستطيع أن تؤكسد اتحادات الأوكسجين - بعضها مثل الآزوتية تفعل هذا دائماً - وأن تحصل على الطاقة اللازمة للحياة، من خلال الأكسدة من الدرجة الدنيا إلى الدرجة العليا، إلا أن كمية العناصر الكيماوية التي تسمح بتفاعلات من هذا النوع محدودة، إضافة إلى ذلك فإن وفرة الأوكسجين الحر تنتج تلك الأجسام الغنية بالأوكسجين بدون البكتريا، لأنها في هذا الوسط بالذات تنتج شكلاً ثابتاً من البنى الجزيئية.

99- تقع ذاتيات التغذية في نقص دائم في الغذاء، في وضع دون الشبع، وهذا هو سبب تعدد أدوات عيشها. في كل مكان في الأوحال، والينابيع، وفي ماء البحر وفي التربة الرطبة - نرى توازنات ثانوية خاصة بين البكتريات التي تجدد أملاح الكبريت والعضويات ذاتية التغذية التي تؤكسدها .

يشير التكرار المستمر لمثل هذه التوازنات الثانوية إلى قانونية الظاهرة. أنتجت المادة الحية هذه البنى بفضل ضغط الحياة الضخم في البيوسفيريا، والعدد الكافي من الاتحادات الفقيرة بالأوكسجين، في هذه الحالات تكونها المادة الحية بنفسها في الوسط الجامد .

في المحيطات نشاهد توازنات مشابهة بين البكتريا ذاتية التغذية، التي تؤكسد الآزوت، وبين العضويات غيرة التغذية التي تؤكسد النيترات. وهذا أحد التوازنات الكبرى للكيمياء في الغلاف المائي.

يعد انتشار هذه العضويات تجلياً لطاقتها الجيوكيمياوية الضخمة ولسرعة انتقال الحياة عندها : إن انعدام تجمعات كبيرة لها حيثما كان، مرتبط بعدم كفاية الاتحادات الفقيرة بالأوكسجين في البيوسفيريا في وسط، حيث طوال الوقت تفرز النباتات الخضراء الأوكسجين الحر.

إنها لا تشمل كتلاً كبيرة من المادة الحية فقط بسبب الاستحالة الفيزيائية لفعل ذلك، بل بفضل غياب الاتحادات اللازمة لحياتها في البيوسفيريا.

توجد نسب محددة بين كمية المادة المشمولة بالعضويات ذاتية التغذية الخضراء والبكتريا ذاتية التغذية. هذه النسب تفرضها قيمة الطاقة الجيوكيمياوية الكبرى للعضويات السائدة من حيث الكتلة، التي تصنع الأوكسجين الحر.

100- كثيراً ما ترددت آراء، أن لدينا ممثلين عن أقدم العضويات التي ظهرت قبل النباتات الخضراء، وهي هذه العضويات المتميزة والخاصة جداً. صرح بهذه الأفكار عالم الطبيعيات الأمريكي (اوزبودن 1908).

ومن خلال مراقبة دورها في البيوسفيريا، اتضح أن النتائج ناقضت هذه الآراء. إن علاقة وجود هذه العضويات الوثيقة بوجود الأوكسجين الحر، تدل على علاقتها بالعضويات الخضراء - بطاقة الشمس الإشعاعية - بدرجة ليست أقل مما تتعلق بها الحيوانات والنباتات عديمة اليخضور، التي تتغذى على مواد جهازتها النباتات الخضراء. لأنه في الطبيعة - في البيوسفيريا - كل الأوكسجين الحر يشكل غذاء لتلك الأجسام، وهو ناتج النباتات الخضراء.

وتشير طبيعة وظيفتها في اقتصاد الطبيعة الحية العام إلى تلك الأهمية - الثانوية - لهذه العضويات بالمقارنة مع النبات الأخضر.

إن أهميتها ضخمة في التاريخ البيولوجي للكبريت والآزوت - العنصرين الضروريين لإنشاء مادة البروتوبلازما الرئيسة - جزيئات البروتين. لكن لو توقف نشاط هذه العضويات ذاتية التغذية، فالحياة، ربما تناقصت كمياً. إلا أنها ستبقى آلية جبارة للبيوسفيريا. إن هذه الاتحادات الحيوية - النيترات والسلفات والصيغ الغازية لنقل الآزوت والكبريت والأميالك والأوكسجين - تتكون باستمرار في الطبيعة بكميات كبيرة بدون الحياة.

من خلال تقرير مسألة التغذية الذاتية وبداية الحياة (فقرة 94) على الأرض، يمكن القول إن البكتريا ذاتية التغذية تتبع للعضويات الخضراء - إن تكوينها الثانوي بالنسبة إليها هو على الأقل أمر محتمل جداً.

يشير كل شيء إلى أنه لدينا شكل من أشكال الحياة في هذه العضويات ذاتية التغذية، يزيد الاستفادة حتى النهاية من طاقة شعاع الشمس، ونلاحظ تحسناً لآلية «شعاع الشمس - العضوية الخضراء»، وليس شكلاً من الحياة مستقلاً عن الإشعاعات الكونية.

كذلك فإن عالم غيريات التغذية متعدد الأشكال من الحيوانات والفطور ملايين أنواع العضويات يشكل مظهراً للعملية ذاتها.

101- ينعكس هذا في طبيعة توزيع الأحياء في البيوسفيرا. في مجال الحياة. يحدد حقل استقرار النبات الأخضر هذه التبعية بالكامل، بتعبير آخر - مجال الكوكب الذي يصله ضوء الشمس.

تتركز الكتلة الرئيسية من المادة الحية في هذا الجزء من الكوكب، الذي يغمره شعاع الشمس، ويكون تكاثف الحياة أكبر كلما كانت هذه الإضاءة أقوى. هنا تجتمع العضويات غيرية التغذية والبكتريا ذاتية التغذية، لأنهما مرتبطان بوجودهما بشكل وثيق إما مع منتجات الحياة للعضويات الخضراء (الأوكسجين الحر قبل كل شيء)، أو مع ما تكونه من اتحادات عضوية معقدة.

من هذا الجزء في مجال البيوسفيرا الذي تضويّه الشمس، تتسرب العضويات غيرية التغذية والبكتريا ذاتية التغذية الخالية من أشعة الشمس والحياة الخضراء. كثير منها يعيش حصراً في هذه المجالات المظلمة من البيوسفيرا. يفترض عادة أن هذه العضويات تسربت إلى هنا من سطح الأرض المضاء بالشمس، متكيّفة تدريجياً مع ظروف الحياة الجديدة، يمكن الاعتقاد بذلك لأن دراسات التركيب العضوي (المورفولوجيا) لعالم الحيوان في الكهوف الأرضية وأعماق البحار غالباً ما تشير بما لا شك فيه إلى أن هذه الأحياء نشأت من أجداد كانت تعيش في المجال المضاء. يمكن من وجهة نظر جيوكيماوية أن تكتسب تجمعات الحياة الخالية من العضويات الخضراء أهمية خاصة: غشاء القاع الحي للغلاف المائي (فقرة 130) الأجزاء السفلية لتجمعات الحياة الشاطئية في المحيط، أغشية القاع الحية في أحواض الماء على

اليابسة (فقرة 156). سنرى أهميتها الكبيرة في التاريخ الكيماوي للكوكب. ويمكن التأكد أن وجودها مرتبط بأشد الارتباط مباشرة أو بشكل غير مباشر بعضويات مجالات الحياة الخضراء، ليس فقط بدراسة التركيب العضوي (مورفولوجياً). في كثير من الحالات يمكن إثبات ذلك، أما في الحالات الأخرى - يمكن افتراض نشوء هذه العضويات عن طريق دراسة تطور المستحاثات من الأقسام المضاءة من الأرض، إنما في أساس حياتها اليومية تقع طاقة الشمس الإشعاعية.

إن وجود أغشية القاع هذه وثيق الصلة ببقايا عضويات الأجزاء العليا من المحيط، الساقطة إلى القاع دون أن تتحلل في الطريق أو تؤكل من قبل عضويات أخرى. يجب البحث عن المنبع النهائي للقدرة في قسم الكوكب المضاء، في ضوء الشمس. من الغلاف الجوي الحر إلى ماء البحر، إلى الأعماق المظلمة يتسرب أوكسجين من مصدر مختلف ليس بيوكيماوياً، لا نعرف له نشأة من عمل العضويات الخضراء. العضويات التي لا تحتاج الأوكسجين تخص الأجزاء السفلية من غشاء القاع، كلها وثيقة الارتباط بالكائنات المعتمدة على الأوكسجين في حياتها وترتبط ببقاياها التي تتغذى عليها.

كل الدلائل تؤكد بأن ظهور الحياة في المناطق معدومة الإضاءة من الكوكب يتطور باستمرار وتزداد مساحته.

يبدو أنه على مر الزمن الجيولوجي سارت - وتسير الآن ببطء - عملية نفاذ متواصلة للمادة الحية في طريق الغطاء الأخضر وتنتشر أبعد فأبعد في أرجاء الكوكب.

ونحن نعيش الآن في هذا الطور من التوسع البطيء.

102- ربما كان أحد مظاهر هذا التوسع للحياة إنشاء أشكال جديدة للطاقة الإشعاعية بواسطة المادة الحية غيرية التغذية بيوكيماوياً.

في أعماق البحار تقوى إضاءة العضويات. إشعاعها موجات ضوئية لها نفس طول الأمواج الكونية التي ترسلها الشمس إلى سطح الأرض فتذهب الطاقة للحياة وعبرها - للتغيرات الكيماوية في الكوكب.

نحن نعلم أن ظهور هذه الإشعاعات الثانوية - إشعاع (إضاءة) سطح البحر الذي يحدث باستمرار على كوكبنا ويشمل مئات آلاف الكيلومترات المربعة في وقت

واحد - يتيح لعضويات البلانكتون الخضراء إنجاز عملها الكيماوي حتى في الساعات التي لا تصلها فيها الطاقة الإشعاعية لمنبع الضوء المركزي.

هل تشكل إضاءة أعماق البحر تجلياً جديداً للآلية ذاتها؟ هل هذا تقوية للحياة بفضل نقل طاقة الشمس الكونية إلى عمق كيلومترات من السطح، إلى حيث لا تستطيع الأشعة الوصول بدون ذلك؟

نحن نعرف ذلك، لكننا لا يمكن أن ننسى حقيقة مفادها أن بعثات استكشاف الأعماق وجدت عضويات خضراء حية على أعماق تزيد كثيراً عن مدى اختراق أشعة الشمس للبحر من الأعلى، مثلاً «السفينة فالديفيا» وجدت نباتات مائية «الهاليونيلا» في المحيط الهادي على عمق يقارب 2كم.

لو اكتشفنا أن المادة الحية قادرة على نقل طاقة الشمس الإشعاعية إلى مجالات جديدة ليس فقط على شكل اتحادات كيماوية غير مستقرة في الغلاف الترموديناميكي، الذي تمثله البيوسفيرا (فقرة 82) أي على شكل طاقة كيماوية. بل وعلى شكل طاقة إشعاعية كونت تكويناً ثانياً، إذن لكان ذلك في تاريخ البيوسفيرا مجرد توسع غير كبير لمجال التركيب الضوئي الرئيس. حتى الآن هذا مجرد احتمال، كما كان توسعها قليلاً عند صناعة البشرية للطاقة الضوئية.

لا شك أن الطاقة الإشعاعية الجديدة في البيوسفيرا، التي صنعتها البشرية تستخدمها المادة الخضراء الحية، لكنها لا تزال في التركيب الضوئي الكوني العام تتعكس بأجزاء ضئيلة لا تذكر. في نهاية الأمر كل المادة الخضراء الحية، التي تحدد مجال حياة كل الأحياء على الأرض ترتبط بضوء الشمس.

في الشروح اللاحقة سوف نميز هذا الجزء من المادة الحية من الدرجة الأولى وننسب إليه كل بقية مظاهر الحياة.

حدود الحياة

103- يزيد حقل استقرار الحياة كثيراً، كما رأينا، على حقل البيوسفيرا، الذي تحدده المتغيرات المستقلة المميزة له، المأخوذة بالحسبان عند دراسة التوازنات الفيزياكيماوية القادرة على تبوء مكانة فيها.

حقل استقرار الحياة يحدد المجال، الذي تستطيع الحياة فيه بلوغ التوازن التام، هو، كما يبدو متحرك وليس له حدود فاصلة.

تشكل القدرة على التغير، والقدرة على التكيف مع ظروف الوسط الخارجي خصوصية مميزة للمادة الحية. بفضل هذه المقدرة تستطيع العضويات الحية خلال أجيال قليلة أن تتكيف مع الحياة في ظروف كانت قاتلة لأجيال سابقة. في الوقت الحاضر لا توجد إمكانية إثبات هذه المقدرة على التغير بواسطة التجربة، لأننا لا نملك الزمن الجيولوجي اللازم لظهورها. إن المادة الحية، مجموع العضويات الحية، تختلف بشدة عن المادة الجامدة: هذا التوازن المتحرك، الذي يضغط على الوسط المحيط، إلا أن علاقة تأثير هذا الضغط مع امتداد الزمن ليست واضحة.

حقل استقرار الحياة المرتبط بإمكانية تغير العضويات هو بالإضافة إلى ذلك غير متجانس. إنه ينقسم بحدّة إلى حقلين: حقل الجاذبية، حقل العضويات الأضخم، وحقل القوى الجزيئية، الذي تنسب إليه العضويات الدقيقة، أقل من الدرجة 10^{-4} في القطر.. الميكروبات، والميكروبات الدقيقة و.. والتي حياتها وبالأخص حركتها لا تتحدد بالجاذبية، بل بالإشعاع - الضوئي وسواء. تحدد قابلية التغير في العضويات امتداد كل من هذه الحقول وكذلك قابلية التكيف، لكن كلا العاملين لم يدرسا بشكل كاف.

وهكذا سوف نأخذ بعين الاعتبار: 1- الحرارة، 2- الضغط، 3- طور الوسط، 4- قابلية الوسط للتفاعلات الكيماوية، الفاعلية الكيماوية للوسط، 5- الطاقة الإشعاعية. تلك هي أهم المؤشرات التي تميز كلاً من حقلي استقرار الحياة.

104- كذلك يجب أن نميز الشروط التي تحافظ عليها الحياة، دون أن توقف كل وظائفها، أي التي خلالها تعاني العضوية مصاعب ولكنها تبقى حية، ثم الشروط التي خلالها تستطيع العضوية أن تتكاثر أي تزيد الكتلة الحية - تزيد الطاقة الفاعلة للكوكب.

ربما بسبب العلاقة الوراثية (النشوئية) لكل المادة الحية تكون هذه الشروط متقاربة لكل العضويات.

في النهاية يتحدد حدها الفاصل بالخواص الفيزيوكيماوية للاتحادات المكونة للجسم، مقاومتها للموت في ظروف الوسط المحددة. إلا أنه لدينا كثير من الحالات تدل أنه قبل تحطم الاتحادات تتحطم الآليات المكونة منها والتي تحدد وظيفة الحياة.

والاتحادات ذاتها، والآليات المكونة منها تتغير باستمرار على مسار الزمن الجيولوجي متكيفة مع تغير وسط الحياة.

يمكن أن يتحدد الحقل الأقصى للحياة بحالات البقاء الحدية لعضويات ما .

105- إن أعلى درجة حرارة تتحملها دون أن تموت بعض العضويات غيرية التغذية، خصوصاً في الحالة الكامنة لحياتها (التوقف المؤقت لفاعليات الحياة) مثلاً لأبواغ الفطور تقترب من 140°. وهي تختلف في الوسط الجاف عنها في الوسط الرطب.

أوضحت تجارب (باستور) على التوالد العشوائي أن التسخين لدرجة 120° في وسط رطب لا يقتل كل أبواغ الميكروبات. في الوسط الرطب يجب تسخينها حتى 180° (دوكلوكس)⁽¹⁾. في تجارب (كريستن) تحملت أبواغ فطور التربة دون أن تفقد الحياة حرارة 130° مدة خمس دقائق، وتحملت حرارة 140° لمدة دقيقة واحدة. أبواغ أحد البكتريات، التي وصفها (سيتتوف)، تحملت تياراً من البخار ليوم كامل (أوميلانسكي). يذهب ثبات الحياة أبعد في درجات الحرارة المنخفضة. أشارت تجارب معهد (جينير) في لندن إلى ثبات حياة أبواغ البكتريا (في الهيدروجين السائل) 20 ساعة في درجة حرارة 252°، أشار (ماكفايدن) أن العضويات المجهرية بقيت حية في الهواء السائل عدة شهور بدرجة -200°. وحسب تجارب (بيكريل) لم تفقد أبواغ فطور العفن قدرتها على الحياة في وسط خال من الهواء لمدة ثلاثة أيام وبحرارة -253°.

وهكذا يجب اعتبار أن المجال الممتد 433 درجة مئوية هو في الوقت الحاضر الحقل الحراري الحدي، الذي تستطيع بعض أشكال الحياة أن تبقى فيه دون موت أو تحطم. وهذا المجال يضيق كثيراً بالنسبة إلى النباتات الخضراء. ليس لدينا تجارب دقيقة في هذا المجال، لكنه لا يكاد يتجاوز 150-160° (من 80° وحتى 60°).

106- أما حدود الضغط - حقل الحياة الديناميكي. فإنها تذهب بعيداً كما يبدو. أشارت تجارب (خلوبين) و(تامان) أن فطور العفن، البكتريا، والخمائر تحملت

1- هذا انطباع المشاركين في الجدل بين باستور وبوشي، ويبدو لي أن أهميته بالنسبة إلى تحديد درجة الحرارة القصوى لحقل الحياة الحراري أكبر مما هي عليه بالنسبة إلى أنواع نقية. إنه يركز على دراسة منقوع القش، الذي هو أقرب إلى وسط الحياة المعقد في القشرة الأرضية من الأنواع النقية.

ضغطاً قدره 3000 ضغط جوي بدون أي تغيير مرئي في خواصها . تستمر حياة الخميرة في ضغط 8000 ضغط جوي . من جهة أخرى لا شك أن أشكال الحياة الكامنة - البذور أو الأبواغ - تستطيع البقاء زمناً طويلاً في حيز « خال من الهواء » أي في ضغوط تساوي أجزاء ألفية من الضغط الجوي . على ما يبدو لا فرق بين بذور وأبواغ غيريات التغذية والعضويات الخضراء .

107- إن الأهمية الكبيرة لأمواج الطاقة الإشعاعية من طول محدد للنباتات الخضراء سبق وأشرنا إليها غير مرة ، إنها توجد في أساس بنية البيوسفيريا بأكملها . تموت النباتات الخضراء في غياب هذه الإشعاعات بسرعات مختلفة تستطيع العضويات غيرية التغذية والبكتريات ذاتية التغذية - على الأقل البعض منها - العيش في الظلام ، لكن الطبيعة الإشعاعية لهذا « الظلام » (الأمواج الطويلة تحت الحمراء) غير مدروسة .

في المقابل معلوم لنا حد أي حياة في مجال الأمواج القصيرة . إن الوسط الذي تنتشر فيه الأشعة فوق البنفسجية ذات الأمواج القصيرة جداً ، أقصر من 0.3 ميكرون حتماً دون حياة . دلت تجارب (بيكريل) أن الأشعة ذات التردد العالي جداً المكون لأمواجها تقتل خلال فترة قصيرة كل أشكال الحياة . ولا يمكن أن يعبر أي شكل من أشكال الحياة فضاءً تقع هذه الأشعة فيه ، كالفضاء بين الكواكب . لا تمنع الحرارة ولا الضغط ولا الطبيعة الكيماوية وجود الحياة المتكيفة في البيوسفيريا .

بناءً على ما نرى من العلاقة التي توجد بين تطور الحياة في البيوسفيريا والإشعاعات الشمسية ، فإن الدراسة الدقيقة والتفصيلية الممكنة لحدود الحياة في مختلف مجالات الطاقة الإشعاعية تستحق أكبر اهتمام .

108- إن مجال التغيرات الكيماوية التي تتحملها الحياة ضخم جداً . دلّ اكتشاف (باستور) للعضويات اللاهوائية على وجود الحياة في وسط خال من الأوكسجين الحر ، ووسع بشكل فائق حدودها المفترضة سابقاً . برّر إثبات (فينوغرادسكي) وجود العضويات ذاتية التغذية إمكانية وجود الحياة في غياب المركبات العضوية الجاهزة ، في وسط معدني بحت .

تستطيع الأبواغ والبذور، أشكال الحياة الكامنة، أن تبقى دون تضرر زمنياً غير محدود، في وسط خال من الغازات وجاف تماماً، خال من الماء.

في الوقت نفسه، وضمن حدود الحقل الترموديناميكي لوجود الحياة، تستطيع مختلف أشكالها أن تكون دون تضرر في أوساط كيميائية شديدة التنوع.

فمثلاً تستطيع *Bacillus Baroacicala* التي تعيش في المنابع البورية الساخنة في توسكانا أن تعيش في وسط مشبع بحمض البور، وتحمل بسهولة محلول حمض الكبريت بنسبة 10% في درجة الحرارة العادية (بارجاغلي بتروسي 1914). تعرف مجموعة كاملة من العضويات وبشكل رئيس من فطور العفن وهي تعيش في محاليل مركزة لأملح مختلفة قاتلة للعضويات الأخرى. توجد فطور تعيش في محاليل مشبعة بأملاح حمض الكبريت وحمض الآزوت ونيوبات البوتاسيوم. *Bacillus Baroacicala* نفسها تتحمل محلول السليمانية (كلور الزئبق) بنسبة 0.3% وبعض البكتريات ووحيدات الخلية تتحمل محاليل مركزة منها (بيزردكا - 1925). الخميرة تعيش في محاليل فلور الصوديوم. يرققات بعض أنواع الذباب يمكنها العيش في محلول القورمالين بنسبة 1%.

وتوجد بكتريات تتكاثر بجو من الأوكسجين الحر.

لم يدرس مجال هذه الظواهر جيداً بعد، لكن يبدو أن تكيف أشكال الحياة لا حدود له.

إلا أن ذلك صحيح فقط من أجل غيريات التغذية. يتطلب تطور (نمو) العضويات الخضراء وجود الأوكسجين الحر (ولو منحللاً في الماء). لا تتيح محاليل الأملاح المركزة إمكانية تطور هذه الأشكال من الحياة.

109- تستطيع بعض أشكال الحياة في حالتها الكامنة البقاء دون أن تموت في وسط خال من الماء، وجاف تماماً، رغم أن الماء بحالته السائلة أو الغازية شرط ضروري لنمو وتكاثر العضويات، ولظهورها في البيوسفيرا.

تنتقل الطاقة الجيوكيميائية التكاثرية للعضويات من شكلها الكامن إلى شكلها الحر حصراً بوجود الماء الحاوي على الغازات المنحلة فيه واللازمة للتنفس.

أن أهمية الماء شديدة الوضوح بالنسبة إلى النباتات الخضراء، وقد دخلت منذ القدم في الوعي العام. إن أساس كل حي - الحياة الخضراء - لا وجود له من دون ماء.

في الوقت الحاضر يمكننا الذهاب أبعد في اكتشاف آلية تأثير الماء. اكتشفت أهمية التفاعلات المائية الحمضية والأساسية بالنسبة إلى الحياة، ودرجة وطبيعة تشردها.

عظيمة هي أهمية هذه الظواهر، لأنه في الماء الطبيعي تتركز الكتلة الرئيسية للمادة الحية (بالوزن)، وترتبط أوثق ارتباطاً بظروف حياة كافة العضويات بالمحاليل المائية الطبيعية. تتألف غالبية كتلة مادة كل العضويات من المحاليل والمعلقات المائية. يمكن اعتبار البرتوبلازما كمعلق مائي (المعلق عبارة عن أجزاء دقيقة صلبة من المادة موجودة في الماء دون أن تنحل فيه) تحدث فيه تكاثفات وتحولات غرائية. في كل سوائل العضوية تجري ظاهرة التشرد. وخلال التأثير المتبادل بين المحاليل المائية الطبيعية وبين سوائل العضويات التي تعيش فيها، يكون لنسب التشرد في كلا الوسطين أهمية كبرى.

بفضل وسائل البحث الدقيقة نستطيع بدقة كبيرة أن نراقب تغير التشرد، وبذلك لدينا وسيلة رائعة لدراسة الوسط الرئيس؛ حيث تتركز الحياة.

يحتوي ماء البحر على 10% من شوارد H^+ ، وهو قلوي ضعيف. وهذه الزيادة الصغيرة على شوارد OH^- تبقى في العموم ثابتة، وتتجدد باستمرار، بغض النظر عن العمليات الكيماوية العديدة التي تجري في البحر (التشرد 8-PH).

هذا التشرد مناسب جداً لحياة العضويات البحرية، وتنعكس تقلباتها الصغيرة بشكل مختلف على العضويات المختلفة، فقد تناسب هذه ولا تناسب تلك.

أصبح واضحاً أن الحياة يمكن أن توجد فقط ضمن حدود معلومة للتشرد من $10^{-6}\%H^+$ وحتى $10^{-6}\%H^+$. وآية حياة خارج هذه الحدود غير ممكنة.

110- لا شك أن تطور الوسط أهمية كبرى في ظهور الحياة.

تستطيع الحياة البقاء في حالة كامنة في وسط أي طور - سائلاً كان أو صلباً أو غازياً - في حيز خال من الهواء. على الأقل تدل التجارب على أن البذور تستطيع البقاء بعض الوقت دون تبادل غازي، وبالتالي في أي طور ضمن حدود الحقل الحراري للأرض. لكن العضوية الحية في كامل تطورها وظائفها مرتبطة وجودياً بإمكانية التبادل الغازي (التنفس) وثبات منظوماتها الغرائية التي تكونها.

لذلك يمكن أن توجد العضويات حصراً في الوسط، الذي يكون فيه التبادل الغازي ممكناً؛ السائل، الغرائي، الغازي. أما في الوسط الصلب فيحتمل وجودها

وتوجد فعلاً في الأوساط الهشة والمسامية، التي تتيح إمكانية التبادل الغازي. ونظراً لصغر مقاييس الكثير من العضويات، يمكن أن تكون الأوساط الصلبة الكثيفة إلى حد ما قاعدة مشتركة للحياة.

أما الوسط السائل - المحلول أو الغراء - الخالي من الغازات لا يمكن أن يكون مجالاً للحياة.

نرى هنا مرة أخرى ظهور الأهمية الاستثنائية للطور الغازي للمادة التي رأيناها عدة مرات في هذه البند.

حدود الكائنات الحية في البيوسفيرا

111- مما سبق يتضح أن البيوسفيرا وفق بنيتها، تركيبها، خواص وسطها الفيزيائية، تدخل مجال الحياة بكاملها.

تتكيف الحياة مع شروطها، وليس فيها أمانة لا تستطيع الحياة أن تظهر فيها بشكل أو بآخر.

هذا صحيح دائماً إذا لم نأخذ بعين الاعتبار تلك الإخلالات المؤقتة والعبارة، القاتلة للحياة، ولكنها ليست صفة ملازمة للبيوسفيرا. لا يمكن للحياة أن تتواجد في فوهات البراكين أثناء ثورانها وفي سطح الحمم الذي لم يبرد بعد. هذه حالات مؤقتة خاصة في ظروف البيوسفيرا ويمكن إهمالها.

إن عمليات قذف الغازات السامة المرافقة لثوران البراكين (مثلاً كلور أو فلور الهيدروجين)، أو الينابيع الساخنة المعدنية الخالية من الحياة، كلها تعتبر ظواهر مؤقتة.

الظواهر طويلة الأمد كالمياه الجوفية الساخنة التي تصل حرارتها حتى 90° تحتلها الحياة بعضوياتها المتكيفة مع تلك الظروف.

ليس واضحاً إن كانت المحاليل الملحية عالية التركيز (أي المحاليل التي يتجاوز تركيزها 5%) خالية من الحياة أم لا. أكبر تجمع لمثل ذلك هو الماء المالح في البحر الميت في فلسطين. ويفسر البعض غياب الحياة في البحر الميت بوجود البروم بشكل وافر، لكن هذه فرضية - تخمين لا يستند إلى التجربة. ربما كانت تصوراتنا عن البحر الميت محكومة بنقص معلوماتنا عنه وعدم دراسة الحياة المجهرية والبكتيرية فيه.

لا شك أن بعض المياه الطبيعية الحامضية الكبريتية أو الكلورية التي درجة تشردها لا تبلغ $10^{-11}\% H^+$ يجب أن تكون خالية من الحياة (فقرة 109) لكنها بشكل عام تكون تجمعات ضئيلة جداً لا تذكر.

112- على العموم يمكن اعتبار الغلاف الأرضي، الذي تظهر فيه المادة الحية بكاملها، موافقاً لحقل وجود الحياة. هذا الغلاف متصل كـالغلاف الجوي، ويختلف بذلك عن الأغلفة المتقطعة كـالغلاف المائي.

لكن حقل استقرار الحياة الأرضي، ليس بكامله مشغولاً بالمادة الحية. نشاهد حركة الحياة البطيئة باتجاه أماكن جديدة، واحتلال الحياة لهذا الحقل على مدى الزمن الجيولوجي.

يجب أن نميز في حقل استقرار الحياة، أولاً مجال التسرب المؤقت - أي دون موت سريع - للعضويات الحية. ثانياً مجال التواجد طويل الأمد المرتبط حتماً بظهور التكاثر.

يجب أن تتحدد الحدود القصوى للحياة بوجود ظروف لا تستطيع كل الكائنات الحية تجاوزها.

من أجل ذلك يكفي حتى شرط واحد (متغير التوازن المستقل) أن يبلغ قيمة لا تستطيع الحياة تجاوزها إن كان حرارة أو تركيباً كيميائياً أو تشرد الوسط، أو طول موجات الإشعاعات.

ولا يجوز أن نفعل أن هذه الحدود ليست نهائية وليست مطلقة، فإن ما نسميه تكيف العضويات ومقدرتها على حماية نفسها من ظروف المحيط الضارة، عظيم ولا نعرف حدوده وبالأخص بتوافر الزمن.

إذا وضعنا هذه الحدود على أساس ما نشاهده الآن من إمكانيات الحياة، فإننا حتماً سندخل في تعميم الجزء على الكل وهو مجال للخطأ والانزلاقات.

إن الإنسان الموهوب عقلاً وإرادة موجهة بإتقان، يستطيع بوسائط أو دونها أن يبلغ مجالات عصية على بقية الكائنات الحية.

لدى وحدة كل ما هو حي، التي كما نرى تلفت الانتباه في كل مكان عندما نحيط بالحياة كظاهرة كوكبية، فإن خاصة مثل Homo Sapiens (الإنسان العاقل) لا يمكن اعتبارها ظاهرة عشوائية (مصادفة).

إن وجودها يضطرنا أن ننظر بحذر إلى ثبات حدود الحياة في البيوسفيرا .

113- إن تحديد حدود الحياة، الذي يوضع على أساس إمكانية وجود وحياة العضويات بأشكالها المعاصرة ومدى مقدرتها على التكيف، تشير بوضوح إلى طبيعة البيوسفيرا كغلاف لأن الظروف التي تمنع الحياة تبرز في وقت واحد على كل سطح الكوكب.

يكفي لذلك تحديد الحد الأعلى والأدنى لحقل الحياة فحسب.

الحد الأعلى محكوم بالطاقة الإشعاعية الذي يمنع وجود الحياة.

الحد الأدنى يتصل ببلوغ الحرارة درجة تكون حداً للحياة بحتمية أكبر ضمن الحدود المثبتة. بهذه الطريقة تشمل الحياة - وإن ليس كاملاً - غلاًفاً ترموديناميكياً واحداً، وثلاثة أغلفة كيماوية وثلاثة طورية (فقرة 88).

إن أهمية الثلاثة الأخيرة - التروبوسفيرا، الهيدروسفيريا والجزء العلوي من الليتوسفيرا - بتأثيرها الأوضح على ظواهر الحياة، سوف نضعها في أساس عرضنا .

114- لا تستطيع الحياة بأي من أشكالها المعاصرة أن تتجاوز حدود الستراتوسفيرا وعلى أقل تقدير أجزاءها العليا .

كما نرى في الجدول 1 (الفقرة 88) هنا يبدأ غلاف مزدوج المنشأ، حيث لا تكاد توجد أي جزيئات كيماوية أو تركيبات كيماوية أكثر تعقيداً .

هذا مجال المادة فائقة التخلخل، حتى وإن اعتمدنا الحسابات الجديدة للبروفيسور (فيسينكوف 1923-1924)، التي تعطي كميات أكبر من المادة عما كان معتمداً سابقاً. إنه يفترض أنه على ارتفاع 150-200 كم تضم الستراتوسفيرا في 1 كم³ طناً من المادة⁽¹⁾. شروط تواجد الذرات الجديدة للمادة المتخلخلة ليست نتيجة التخلخل فحسب - تناقص اصطدامات الجزيئات الغازية، تطاول مساراتها الحرة، بل ترتبط بالتأثير الهائل للأشعة فوق البنفسجية وربما لإشعاعات شمسية أخرى (وحتى إشعاعات الفضاء الكوني) التي تصل دون عوائق إلى هذه الحدود من كوكبنا (فقرة 8).

نحن نعلم أن الأشعة فوق البنفسجية عامل فائق الفعالية، بالأخص الأشعة قصيرة الأمواج، 160-180 ميكرون، تقضي على أية حياة، وعلى أكثر الأبواغ ثباتاً في

1- الحسابات الأخرى أصغر بألف مرة 1 طن / 100 كم³ - 1 طن / 200 كم³.

وسط جاف خال من الهواء . لا شك أن الأشعة المذكورة تضيء تلك المجالات البعيدة من كوكبنا .

115- لا تستطيع الأشعة الاختراق إلى أسفل لأن الأوزون يمتصها بكاملها، وهو يتشكل باستمرار وبكميات أكبر نسبياً من الأوكسجين الحر وربما من الماء بتأثير تلك الأشعة القاتلة للحياة ذاتها، التي يحتجزها الأوزون.

لو جمع كل الأوزون معاً لتشكلت طبقة بسماكة 5كم (حسب رأي سابري وبوسون)، لكنه حتى على شكل ذرات مبعثرة، فإن هذه الكميات كافية لكي تمنع مرور الأشعة الضارة بالحياة.

مهما تحطم الأوزون فهو يتجدد دائماً، لأن الأمواج أقصر من 200 ميكرون تصطدم دائماً في الطبقات السفلى من الستراتوسفير بكميات كبيرة من ذرات الأوكسجين.

إن وجود الحياة محمي بحاجز الأوزون الذي سماكته 5كم. وهو يشكل الحدود الطبيعية العليا للبيوسفيرا.

اللافت أن الأوكسجين الحر الضروري لتشكيل الأوزون يتشكل في البيوسفيرا حصراً بطريقة بيوكيماوية. ويجب أن يختفي في حال توقفت الحياة.

عندما تكون الحياة الأوكسجين الحر في القشرة الأرضية، تكون بذلك الأوزون وتحمي البيوسفيرا من إشعاعات الأجرام السماوية القصيرة الأمواج والقاتلة.

واضح أن التجلي الأحداث للحياة - الإنسان المتحضر - يستطيع أن يحمي نفسه بطرق أخرى، وأن ينفذ دون عقاب إلى ما وراء حاجز الأوزون.

116- يعين حاجز الأوزون الحد الأعلى للحياة الممكنة فحسب.

في الواقع تقع الحياة أخفض من الغلاف الجوي بكثير - النباتات الخضراء ذاتية التغذية لا ترتفع فوق الأشجار الخضراء والغطاء العشبي لليابسة - لا توجد خلايا خضراء تنمو في وسط هوائي. ترتفع خلايا البلانكتون الخضراء عشوائياً وليس عالياً في رذاذ المحيط.

تستطيع العضويات أن ترتفع فوق الأشجار إما بطريقة ميكانيكية أو بفضل وسائل طيران أوجدتها العضويات. نادراً جداً ما تستطيع العضويات أن تنفذ إلى الغلاف الجوي بعيداً وطويلاً بهذه الطرق.

إن غبار طلع الصنوبر أو خفيات الإلقاح، الخالية من اليخضور أو الفقيرة به، يحتمل أن يكون كتلاً كبيرة من العضويات الخضراء التي تذروها الرياح وترتفع أحياناً لفترات قصيرة إلى مسافات عالية.

تتكون الكتلة الرئيسية من المادة الحية، النافذة إلى الغلاف الجوي، من مادة حية من الدرجة الثانية. وإليها تنتسب العضويات الطائرة كلها. تتوضع الطبقة الخضراء من كوكبنا، حيث يبدأ تحويل الإشعاعات الشمسية إلى طاقة كيميائية أرضية، على سطح اليابسة وعلى الطبقة العلوية من المحيط، ولا ترتفع عالياً في الغلاف الجوي.

في الزمن الجيولوجي توسعت هذه الطبقة. في سعيها لالتقاط أكبر كمية من أشعة الشمس، نفذت العضويات إلى الطبقات السفلى من الترابوسفيرا. لقد ارتفعت عشرات الأمتار عن السطح على شكل أشجار عالية أو تجمعات على شكل غابات. أشكال الحياة هذه قد تم تكوينها، على ما يبدو، في العصر الجيولوجي القديم (الباليوزوي).

117- تنفذ الحياة إلى الغلاف الجوي وتبقى فيه طويلاً في الغالب على شكل بكتيريا دقيقة، وأبواغ وأشكال الحيوانات الطائرة.

يمكن أن ترى تجمعاتها النسبية وبشكل رئيس على هيئة أشكال كامنة (أبواغ العضويات المجهرية) فقط في الجو المغبر أي في أجزاء الغطاء الهوائي؛ حيث ينفذ الغبار من سطح الأرض. الجو المغبر مرتبط بشكل رئيس باليابسة. هذا الجو المغبر حسب (كاسوفسكي) يبلغ ارتفاع 5 كم، وحسب (مونفيل) معظم تجمعات الغبار لا ترتفع أكثر من 2.8 كم.

إلا أن معظم الغبار مادة جامدة.

على قمم الجبال الهواء فقير بالعضويات إلا أنها موجودة. حسب تعريف (باستور) يوجد هنا وسطياً أقل من 4-5 ميكروبات ممرضة (مسببة للمرض) والمكتشفة بواسطة السوائل المغذية في المتر المكعب الواحد. وجد (فيلمينغ) في الهواء على ارتفاع 4 كم وسطياً أقل من ميكروب ممرض واحد في 3 لتر. على ما يبدو أن الحياة الهوائية في الطبقات العليا تصبح أفقر بالبكتيريا وأغنى بالفطور العفنية والخمائر (أوفيلانسكي).

لا شك أن هذه الحياة تنفذ إلى ما وراء الحدود الوسطية للجو المغبر (5كم). لكن عدد الأبحاث الدقيقة للأسف ضئيل جداً. وهي تستطيع بلوغ حدود التروبوسفير (9-13كم)، لأن حركة الغازات - الرياح والتيارات الهوائية التي نراها على الأرض تصل إلى هذا الارتفاع.

لا يكاد هذا التحليق العالي فوق سطح الأرض يتمتع بأهمية تذكر في تاريخ الأرض، لأن الغالبية الساحقة من هذه العضويات تكون في هيئة كامنة، ولا تكاد كتلتها تلحظ، على الرغم من تخلخل الغاز الذي تنتشر فيه.

118- ليس واضحاً إن كانت الحيوانات تتجاوز التروبوسفير، فهي تصعد أحياناً، إلى ارتفاعات كبيرة أعلى من قمم الجبال الشاهقة (التي تقع دائماً ضمن حدود التروبوسفير) أي ما تتجاوز حدودها العليا.

وفق مشاهدات غومبولدت، يرتفع الكوندور⁽¹⁾ في طيرانه حتى 7كم، كما شاهد ذباباً على قمة تشيمبوراسو (5882م).

وقد أكدت مشاهدات (وولاستون 1923) العالم الطبيعي في بعثة إنكليزية إلى قمة إيفرست، أن بعض الجوارح ترتفع أو تحلق فوق قمم أعلى الجبال على ارتفاع 7540م.

لكن على ما يبدو هذه أنواع قليلة من الطيور. فبعيداً عن القمم وحتى في المناطق الجبلية نادراً ما تصعد الطيور حتى 5كم. مشاهدات الطيارين تشير إلى ارتفاع النسر حتى 3كم.

شوهدت الفراشات على ارتفاع 6.4كم، والعناكب - 6.7كم، بعض الحشرات الدقيقة الطفيلية - 8.2كم وبعض النباتات: 6.2-6.3كم (هينفستون 1925).

119- يحلق الإنسان أبعد من كل الكائنات الحية في الستراتوسفير ويحمل معه دون أن يدري أشكال الحياة الموجودة عليه وفيه ذاته أو في بعض معداته. يتوسع مجال نفوذ الإنسان بتطور علم الطيران ليتجاوز حدود الحياة التي ترسمها طبقة الأوزون.

وترتفع مناطيد الرصد الجوي أكثر من أي شيء سواها، وطبعاً تحمل معها بعض أشكال الحياة. في 17 كانون الأول 1913 ارتفع منطاد أطلق في بافيا حتى 37.7كم.

1- نسر أميركي كبير الحجم يتغذى على الجيف وهو عاري الرأس والرقبة من الريش

ويرتفع الإنسان ذاته بواسطة معداته أعلى من قمم الجبال. بلغ (تيساندي 1875) ارتفاع 8.6 كم (غليشر 1868-8.83 كم) بواسطة المناطيد .

مع تطور الطيران الشراعي توصل الإنسان إلى ارتفاعات بلغت حدود الستراتوسفير . الفرنسي (كاليزو) والأميركي (ماك ريدي) بلغوا في عام 1925 -12.1 كم. وبديهي أنه سيتم تجاوز تلك الارتفاعات. تصادف مساكن الإنسان الدائمة، وقراه على ارتفاع 5.2-5.1 كم (البيرو والتيت). والسكك الحديدية - على ارتفاع 4.77 كم (البيرو) وحقول الزراعة على ارتفاع 4.65 كم.

120- وأخيراً يمكننا التأكيد على أن الحياة الناشئة في البيوسفير تبلغ حدها الأرضي - حاجز الأوزون - فقط من أجل بعض العضويات النادرة والمفردة. ليس فقط الستراتوسفير بل والطبقات العليا من التروبوسفير في غالبية كتلتها خالية من الحياة.

لا توجد عضوية واحدة تعيش دائماً في الهواء. طبقة رقيقة فقط لا تتجاوز عشرات الأمتار، عادة أقل بكثير من مئة متر من الغلاف الجوي يمكن اعتبارها مليئة بالحياة.

لا يكاد يساورنا شك بأن احتلال الوسط الهوائي هو ظاهرة جديدة في تاريخ الكوكب الجيولوجي: وقد أصبح هذا ممكناً فقط بعد تطور العضويات البرية، في البداية النباتات (ما قبل الكامبري)، ثم الحشرات، والفقاريات الطائرة (في العصر القديم الجيولوجي)، بدءاً من العصر الوسطي - الطيور. هنالك دلائل على الانتقال الميكانيكي للحياة المجهرية والأبواغ منذ أقدم العصور. إلا أنه فقط بعد ظهور الإنسان المتحضر خطت المادة الحية خطوة واسعة لاحتلال كل الغلاف الجوي.

ليس الغلاف الجوي مجالاً مستقلاً للحياة. تشكل طبقاته الرقيقة السفلى، من وجهة نظر بيولوجية، جزءاً من طبقات الغلاف المائي (الهيدروسفير) والغلاف الصخري (الليتوسفير) المتاخمة لها. وفقط في الغلاف الصخري يحصل تكاثف الحياة (فقرة 100).

يرتبط تأثير المادة الحية الكبير على تاريخ الغلاف الجوي، ليس بتواجدها المباشر في الوسط الغازي، بل بالتبادل الغازي - بتكوين غازات جديدة تطلق في الغلاف الجوي، وبامتصاص الغلاف الجوي لها .

تؤثر المادة الحية على كيمياء الغلاف الجوي وتغير الطبقة الرقيقة من الغاز الملاصقة للأرض أو الغازات المنحلة في المياه الطبيعية.

والنتيجة النهائية الكبرى - شمول طاقة الحياة كل الطبقة الغازية للكوكب. تفوذ نواتج الحياة الغازية إلى كل مكان (قبل كل شيء الأوكسجين الحر) - هو في حقيقته نتيجة خواص المادة الغازية وليس خواص المادة الحية.

121- جيولوجياً يجب أن تكون الحدود الدنيا للحياة محددة بشكل لا يقل حدة عن الحدود العليا بحاجزها الأوزوني.

يجب أن تتوافق الحدود الدنيا مع درجة الحرارة التي لا تستطيع العضوية الحياة فيها بأي حال. وذلك تبعاً لخواص الاتحادات التي تتكون منها.

إن حرارة 100° تمثل حاجزاً كذاك دون شك، إنها الدرجة التي تبلغها الأرض على عمق 3-3.5 كم. وربما في بعض الأماكن على عمق أقل: حوالي 2.5 كم. وسطياً يمكن اعتباره أنه على عمق 3 كم من سطح الأرض لا يمكن أن توجد كائنات حية بشكلها المعاصر.

تحت سطح البحر تنخفض الطبقة التي حرارتها 100°، لأن متوسط عمق المحيط يصل 3.8 كم، والحرارة هنا قريبة من الصفر. وبديهي، في هذه النقاط من القشرة الأرضية ألا تصل درجة الحرارة إلى 100° قبل عمق وسطي 7-6.5 كم، إذا كان معدل تزايد الحرارة ثابتاً في كل الأرض. في الواقع هنا تزايد الحرارة بشكل أسرع. ولا تكاد توجد طبقة تحتمل فيها الحياة أعمق من 6 كم تحت سطح البحر.

لا شك أن حد 100° هو حد شرطي بحت، ونحن نعلم أنه على سطح الأرض توجد عضويات تتكاثر بدرجة حرارة أعلى من 70°-80°، ولكن هنا لم تصادف عضويات تكيفت لوقت طويل بدرجة 100°.

وهكذا فالحد السفلي للبيوسفيرا بنهايته الحدية لا يكاد يفوق 2.5-2.7 كم على اليابسة، 5-5.5 كم في منطقة المحيطات.

هذه الحدود يجب أن تعين انطلاقاً من درجة الحرارة، وليس من التركيب الكيماوي، لأن غياب الأوكسجين الحر لا يشكل عائقاً أمام الحياة. يتلاشى الأوكسجين قبل الحد بكثير، فهو وسطياً يرتفع بضع مئات من الأمتار فوق سطح الأرض: أما تحت الأرض فلا يمكن أن تعيش كائنات حية على عمق أكبر من 500 م باستثناء البكتريات اللاهوائية.

122- تشكل الحرارة العالية للطبقات العميقة حداً للبيوسفيراً نظرياً فقط، لأن العوامل الأخرى مجتمعة تؤثر بشكل أكبر على انتشار الحياة.

إضافة إلى ذلك (كما في الفقرة 110) تحتل الكائنات الأحداث المناطق المظلمة من الأرض، وهذا الاحتلال بعيد عن بلوغ حده.

تشاهد هنا ظاهرة كما في حالة الحدود العليا: تقترب الحياة ببطء من حدودها السفلية خلال زمن جيولوجي لكنها لم تبلغها بعد. إنها تبلغ الطبقات التي حرارتها 100° ببطء أشد من بلوغها الحاجز الأوزوني.

بديهي أن العضويات الخضراء المحتاجة إلى الضوء من أجل نموها، لا تستطيع تجاوز حدود إضاءة الشمس. الكائنات التي يمكن أن تذهب أعمق هي العضويات غيرية التغذية والبكتريات ذاتية التغذية.

تسير الحياة نحو العمق في اليابسة بشكل مختلف عنه في البحر. الحياة الحيوانية تنفذ إلى أعماق أكبر بتبعثرها، هذا النفاذ يتعلق بتضاريس القاع. ومع ذلك لا يبدو أنها تذهب أعمق من 7 كم. على عمق 6.35 م شوهد قنفذ بحري.

يحتمل أن توجد أشكال الحياة السابحة في الأعماق في أعمق نقاط المحيط⁽¹⁾. لكن لا تعرف لقي من قعر أعمق من 6.5 كم حتى الآن.

البكتريات بحالة بعثرة تخترق كل طبقة الماء (وجدت أعمق من 5.5 كم) متجمعة في الوحل البحري. لم يثبت وجودها في أعماق أكبر، لكنه محتمل جداً.

123- تنفذ الحياة إلى أعماق أقل كثيراً في اليابسة منه في البحر. قبل كل شيء بسبب عدم نفاذ الأوكسجين الحر إلى أعماق كبيرة في القشرة الأرضية.

في المحيط تكون نسبة الأوكسجين الحر في الغازات المنحلة في الماء أكبر دائماً من نسبته إلى الآزوت في الغلاف الجوي، وترتبط بشكل وثيق بالغلاف الجوي الخارجي. يصل الأوكسجين إلى أعمق نقاط المحيط - حتى 10 كم، وأي تناقص في محتواه يعوض باستمرار، إنما مع تأخير، بقدمومه من الغلاف الجوي بواسطة الانحلال أو الانتشار.

1- يبلغ عمق المحيط 10 كم تقريباً. منذ وقت قريب اكتشف عمق 9.95 كم عند جزر كوريل. قبل ذلك كان العمق الأكبر عند جزر الفلبين - 9.79 كم.

على اليابسة يختفي الأوكسجين الحر بسرعة مع ازدياد العمق، وتمتصه العضويات أو الاتحادات الكيماوية قوية الأكسدة وبشكل رئيس العضوية. دلت دراسة الماء القادم من عمق 1-2 كم أنه لا يحتوي على الأوكسجين الحر.

يتسرب الأوكسجين عادة إلى كل التربة وإلى ما تحتها. حدود الأوكسجين العليا في المستنقعات قريبة من السطح.

حسب دراسة (غاسيلمان) فإن أراضي المستنقعات الروسية لا يجب أن تحتوي على الأوكسجين الحر على عمق يتجاوز 30 سم. يتسرب الأوكسجين الحر إلى ما تحت التربة حتى عمق 10 أمتار وحتى أكثر إذا لم تعترض عوائق كالصخور الصلبة التي تمتصه، يمكن أن توجد آثاره في الأقسام العليا من هذه الصخور الملامسة دوماً للماء من الوسط المحيط بها.

في بعض الأحيان، يصل عمق الفوالق والشقوق الأرضية وغيرها من الفراغات، التي يمكن أن يتسرب الهواء من خلالها، إلى بضع مئات من الأمتار. أعمق منها تتوغل المناجم والآبار التي صنعها الإنسان المتحضر. وتصل إلى عمق 2 كم عمودياً. لكن أهميتها لا تذكر بالنسبة إلى البيوسفيرا.

كل هذه الفراغات تقع في غالبية حالاتها فوق مستوى قاع المحيط. إن أخفض مكان على اليابسة بالنسبة إلى مستوى سطح البحر - هو قاع بحيرة البايكال (الغني بالحياة). هي بحر حقيقي من المياه العذبة عمقه 1050 م.

وبديهي، حتى إذا أخذنا بالحسبان الحياة اللاهوائية، أن الأحياء لا تصل على اليابسة إلى تلك الأعماق التي تصلها في الغلاف المائي، حتى ولو كانت تلك الأعماق تقع بعيداً عن الحدود الحرارية لحقل الحياة النظري.

وكما يبدو، لا تصل الحياة في الطبقات العميقة للغازات إلى متوسط عمق الغلاف المائي (3.8). إلا أن الدراسات الجديدة لمنشأ النفط وكبريت الهيدروجين تخفض كثيراً الحدود السفلى للحياة اللاهوائية. إن منشأ هذه الخامات يبدو أنه منشأ بيولوجي ويجري بدرجة حرارة أعلى مما هي على سطح الأرض. لكن حتى إذا كانت العضويات الموجودة هنا (البكتريا) مقاومة للحرارة، فإنها عاشت بحرارة 70°، وهذا لا يزال بعيداً جداً عن الطبقة الجيولوجية متساوية الحرارة بدرجة 100°.

124- بهذا الشكل نرى أن كمية الأحياء ترجح في الهيدروسفير (الغلاف المائي) ليس فقط بفضل كونها أوسع بالمساحة السطحية، وإنما لأن الحياة ثابتة على امتداد سطحها وبعمق يتجاوز 10 كيلومترات، ووسطياً بعمق 3.8 كم، كما أن الحياة على اليابسة، التي لا تتجاوز مساحتها 21٪ من مساحة الكوكب، تشغل مجاًلاً بعمق لا يتجاوز 5.1 كم تحت سطح الأرض. في ظهورها الحدي وفي المتوسط تشكل طبقة بسماكة بضعة مئات من الأمتار. وفي هذه الطبقة الرقيقة من اليابسة، حيث تصادف كائنات حية، تتحدر الأحياء في حالات فردية خاصة إلى تحت سطح الأرض.

على الكوكب تنتهي الحياة على اليابسة على مستوى سطح البحر، في الغلاف المائي تشمل طبقة بسماكة 3.8 كم أسفل منها .

الحياة في الغلاف المائي (الهيدروسفير)

125- إن ظواهر الحياة في الغلاف المائي، رغم عشوائيتها الظاهرية، تمثل ملامح ثابتة. وتستمر على امتداد التاريخ الجيولوجي، بدءاً من العصر الأركي (الأقدم). يجب علينا اعتبارها ثابتة، وموجودة دائماً، وفي جوهرها، هي الملامح الثابتة لآلية كل القشرة الأرضية، وليس فقط البيوسفير. فهي في كل الأدوار الجيولوجية تبقى محافظة على نفسها في أماكن محددة من البيوسفير رغم التغير الأبدي للحياة والمحيط.

يمكن تمييز آلية البيوسفير هذه بشكل واحد على امتداد كل الزمن الجيولوجي.

في أساس هذه الدراسة يجب أن تكون كثافة الحياة - تمييز القطاعات الغنية بها . في بنية المحيط يمكن دائماً تمييز هذه القطاعات التي سوف أسميها أغشية وتكاثفات الحياة.

يمكن اعتبارها أقساماً ثانوية للهيدروسفير، لأنها تشكل قطاعات منها مشتركة بالمركز أو يمكن أن تكون كذلك في بعض الأدوار الجيولوجية. أغشية وتكاثفات الحياة بديهيّاً تشكل في المحيط مجال التحويل الأقصى للطاقة الشمسية. يجب أن تدرس كل ظواهر الحياة في المحيط بالنسبة إليها وفيها، إذا أردنا الإحاطة بظواهرها في تاريخ الأرض. بهذا الشرط فقط يمكن فهم المفعول الجيوكيمياوي للحياة في الهيدروسفير.

إضافة إلى فراغات الحياة من المهم أن نكتشف خواص أغشية، وتكاثفات الحياة:

1- بالنسبة إلى طبيعة مادتها الحية الخضراء وتوزعها فيها . بهذه الطريقة تتميز مجالات الهيدروسفير، التي يجري فيها تكوين القسم الأكبر من الأوكسجين الحر في الكوكب.

2- بالنسبة إلى توزع تكوين المادة الحية الجديدة في الزمان والمكان. أي سير ظاهرة التكاثر في أغشية وتكاثفات الحياة. ويدهي أن هذه الظاهرة يمكن أن تقدم تصوراً كمياً عن التغير الخاضع لقانون محدد، في مسيرة الطاقة الجيوكيماوية وغزارتها فيها .

3- بالنسبة إلى العمليات الجيوكيماوية، في الأغشية والتكاثفات تبعاً لتاريخ العناصر الكيماوية المنفردة . بهذه الطريقة يتوضح أثر المادة الحية في المحيط، جيوكيمياء الكوكب، سوف نرى أن الوظائف الكيماوية لمختلف الأغشية والتكاثفات، ثابتة، محددة، ومختلفة.

126- كما أشير (في الفقرة 100) إلى أن كل سطح المحيط مشمول بالحياة الخضراء (البلانكتون). في هذا المجال يجري إنتاج الأوكسجين الحر، الذي ينتشر في كامل كتلة الماء بفضل الانتثار وتتنقل الماء إلى أعماق الأعماق حتى القاع. إن العضويات الخضراء ذاتية التغذية تتركز بكتلتها الرئيسية في طبقات المحيط العليا، أقل من 100م. أعماق من 400م توجد عموماً حيوانات غيرية التغذية والبكتريات فقط.

يوجد من جهة كل سطح المحيط مجال للبلانكتون النباتي اليخضوري، من جهة أخرى - تحتل المرتبة الأولى في بعض الأماكن نباتات وأعشاب مائية. وهما تبدوان على شكل نموذجين مختلفين بشدة للتواجد رغم أنهما لا ينفصلان.

تبدي نباتات وأعشاب المناطق قليلة العمق والقريبة من الشاطئ نمواً قوياً. إلا أنه في أماكن متفرقة تشكل النباتات المائية كتلاً عائمة في عرض المحيط، أحد أكبر الأمثلة ما يسمى بحر سارغاس في المحيط الأطلنطي، مساحته تتجاوز 100كم². تمثل العضويات المجهرية الكتلة الرئيسية من الحياة الخضراء، وهي تتركز بمعظم كتلتها على سطح المحيط في البلانكتون.

يحدث هذا بسبب سرعة تكاثرها الكبير. سرعة تكاثر البلانكتون V تبلغ 250-275 سم/ثا (ويمكن أن تبلغ آلاف السنتيمترات في الثانية). بينما تبلغ سرعة النباتات القريبة من الشاطئ 1.5-2.5 سم/ثا (يمكن أن تبلغ عدة عشرات من السنتيمترات). لو أن احتلال سطح المحيط يتعلق فقط بالسرعة V : لكان سطح البحر الذي يشغله البلانكتون أكبر بمئة مرة مما تشغله النباتات والأعشاب البحرية. يقترب فعلياً من نسبة التوزيع هذه، ما نشاهده من توزيع هذه الأجهزة المختلفة لصنع الأوكسجين الحر. يمكن وجود النباتات القريبة من الشاطئ - في القطاعات المائية الأقل عمقاً من سطح المحيط⁽¹⁾ - في مجال البحار. مساحة البحار⁽²⁾، حسب (شوكالسكي، 1917) لا تزيد عن 8% من سطح المحيط، إلا أن جزءاً صغيراً منها تغطيه النباتات والأعشاب الكبيرة. يدهي أن 8% تمثل الحد الأقصى للنباتات الشاطئية والقريبة من الشاطئ. وتلعب الأعشاب العائمة الذي يمثل بحر سارغوس أكبر تجمع لها دوراً أصغر وهي توافق 0.02% من سطح المحيط.

127- الحياة الخضراء التي نادراً ما ترى في المحيط، بعيدة عن الإحاطة بكل ظاهرة الحياة في الهيدروسفير. تتصف الهيدروسفير بالنمو الهائل للحياة غيرية التغذية غير العادية تماماً. بالنسبة إلينا على اليابسة لا يكاد يكون إحساسنا لدى رؤية حياة المحيط خاطئاً. حسب كتلة المادة التي تحتلها الحياة، الحيوانات وليس النباتات تمتلك وضعاً مهيماً وهي التي تطيع بطابعها كل ظواهر الطبيعة الحية المتركة في المحيط.

لكن كل هذه الحياة الحيوانية ممكنة الوجود فقط بوجود الحياة النباتية. ويرتبط توزيعها ارتباطاً وثيقاً بتوزيع النباتات الخضراء وبآثار وجودها. العلاقة الوثيقة لظروف التغذية والتنفس بين مختلف ممثلي الحياة هي بالضبط ما يحتم تشكل تجمعات للعضويات في المحيط تميز أغشية وتجمعات حياته.

128- تشكل كتلة المادة الحية نسبة ضئيلة من كتلة المحيط. يمكن القول إن المياه البحرية العادية خالية من الحياة. حتى البكتريات - ذاتية وغيرية التغذية المنتشرة فيها - تشكل نسبة مهملة.

1- وفي حالة اقتراب الأعماق الكبيرة إلى الشواطئ فإن طبقة النباتات تشغل مساحة صغيرة.

2- أي الأعماق التي تتجاوز 1000-1200 م، بما في ذلك المياه الضحلة.

تشاهد الكميات الأكبر من العضويات الحية في الأغشية والتكاثرات. هنا في أماكن متفرقة يمكن أن تشكل نسبة في عدة وحدات مئوية من وزن ماء البحر. عادة تتجاوز نسبة وزن المادة الحية في الأغشية والتكاثرات الحية الواحد بالمئة من ماء البحر، ويمكن أن تبلغ عدة وحدات مئوية.

إن تجمعات الحياة هذه تكون مجالاً لفعالية كيميائية قوية.

تبقى الحياة في حركة دائماً. إلا أنه نتيجة تغيراتها العديدة تتشكل في الهيدروسفيراً أماكن تجمع ثابتة أو شبه ثابتة، توازنات ساكنة. وهي ثابتة ومميزة أيضاً للمحيط، كما هي التيارات البحرية مميزة له.

بالنظر فقط إلى الملامح العامة الكبرى لتوزع الحياة في المحيط، يمكن أن نميز أربعة تجمعات ساكنة للحياة: غشائين - البلاكتون والغشاء القاعي - وتكاثرين - الشاطئ (البحري) والساارغاسي.

129- إن الشكل الأساسي لتركيز الحياة هو الطبقة الحية العليا الرقيقة (الغشاء) من البلاكتون الغني بالحياة الخضراء. ويمكن اعتبارها تغطي كل سطح المحيط. من وقت لآخر يغلب النبات في البلاكتون، لكن دور العضويات الحيوانية غيرية التغذية، التي تعتمد في حياتها على البلاكتون، بظهورها النهائي في كيمياء الكوكب، ليس أقل من دور عالم النبات. البلاكتون النباتي وحيد الخلية دائماً. لكن في البلاكتون الحيواني تلعب كثيرات الخلايا دوراً ضخماً وهي تهيمن أحياناً لدرجة لا نرى مثيلاً لها على اليابسة.

في بعض الأحيان يغلب في بلاكتون المحيط بيوض ونطاف السمك والقشريات، والديدان، ونجوم البحر وما شابه، على المواد الحية الأخرى. على العموم حسب (بورت) تبلغ كمية البلاكتون النباتي الأخضر في اسم³ من 3 إلى 15 عضوية، هذا العدد يرتفع بحدوده القصوى إلى عدة مئات من العضويات المجهرية (آلان، 1919). يكون عدد خلايا البلاكتون النباتي عادة أقل من عدد العضويات الحيوانية (غيرية التغذية). لا يدخل في هذه الأعداد البلاكتون القزم ولا البكتريات. في نهاية الأمر لا بد من الاعتراف أنه في الغشاء البلاكتوني كمية العضويات المجهرية - المراكز المستقلة لنقل الطاقة الجيوكيميائية (فقرة 48) - يجب أن تعد بالآلاف في اسم³. تشكل هذه المادة الحية المنتشرة 10^{-4} - 10^{-3} % من وزن ماء المحيط (من المحتمل أن يكون أكبر من ذلك بكثير).

سماكة هذه الطبقة الواقعة بجزئها الأكبر على عمق 20-50م لا تتجاوز عشرات قليلة من الأمتار. يصعد البلانكتون إلى سطح الماء أحياناً أو يهبط إلى الأسفل. في هذا الغشاء من البلانكتون تتناقص كمية العضويات في الأعلى وفي الأسفل بسرعة. وفي عمق أكثر من 400م تكون عضويات البلانكتون قليلة جداً.

وهكذا في كتلة ماء المحيط، التي سماكتها وسطياً 3.8كم، ويبلغ عمقها الأقصى حتى 10كم، تشكل الكائنات الحية غشاءً رقيقاً جداً، يبلغ 10^{-2} من سماكة الهيدورسفيرا. في كيماوية المحيط يمكن اعتبار هذا الجزء فعالاً، أما بقية كتلة الماء - فهي قليلة النشاط بيوكيمياوياً.

من الواضح أن الغشاء البلانكتوني جزء هام من آلية البيوسفيرا، على الرغم من قلة سماكتها (رقته)، كما يشكل حاجز الأوزون بنسبة محتواه الضئيل جداً للأوزون. مساحة هذا الغشاء مئات ملايين الكيلومترات المربعة، أما وزنه فيجب أن يكون عدداً من درجة 10^{15} - 10^{16} طن.

130- التكاثر الآخر - الغشاء الحي القاعي - يشاهد في الوحل البحري وطبقة الماء التي تجاوره وتتسرب فيه.

هذه الطبقة الرقيقة شبيهة في مقاييسها وحجمها بغشاء البلانكتون، أما من حيث الوزن فيجب أن تكون أكبر بكثير.

ينقسم الغشاء القاعي بحدّة إلى قسمين. القسم الأعلى - البيلوجين⁽¹⁾ - وتقع في مجال الأوكسجين الحر. وتتمو فيها حياة حيوانية غنية. تلعب فيها كثرات الخلايا دوراً كبيراً. هنا نشاهد أعقد التناسبات بين العضويات ذات المنشأ الحي، تبدأ للتو دراسة ناحتها الكمية.

في بعض الأماكن تنمو بشكل ضخم، وبهذا النمو يحصل أن المادة الحية في الهكتار تساوي تجمع النباتات البرية في أفضل مواسمها (فقرة 58).

هذه الوحول الغنية بالحياة والكائنات القاعية المرتبطة بها، تشكل دون شك تجمعات واضحة للمادة الحية حتى عمق 5كم وربما أعمق. فقط من أجل الأعماق السحيقة توجد دلائل على غياب الكائنات الحيوانية في أعماق 7كم، وتناقص شديد في عدد الكائنات المستقلة من 4-6كم.

1- لفظة اقترحها علماء الجليديات (المؤلف).

تحت طبقة الماء القاعية تقع طبقة وحل القاع، التي تشكل القسم السفلي من الغشاء القاعي - تغلب بكمية ضخمة وحيدات الخلية، وتلعب البكتريا دوراً مهماً ببطاقتها الجيوكيماوية الضخمة. فقط جزؤها العلوي بسماكة عدة سنتيمترات تحتوي على الأوكسجين الحر، أسفل منها تقع طبقة من الوحل، مليئة بالبكتريا اللاهوائية، تخترقها حيوانات حافرة عديدة ومتنوعة.

هنا تجري كل التفاعلات الكيماوية في وسط مرجح حاد. في كيمياء البيوسفيريا لهذه الطبقة الرقيقة أهمية كبيرة (فقرة 141). لا تتجاوز سماكة الغشاء القاعي بما في ذلك طبقة الوحل 100م، ولكن ربما كانت أكثر سماكة، مثلاً في الأجزاء العميقة تنمو عضويات مثل سوسن البحر لها أهمية عظيمة جداً على ما يبدو في عمليات الأرض الكيماوية. للأسف يمكننا تحديد سماكة تجمعات الحياة القاعية شرطياً بـ 10-60م وسطياً.

131- يحيط البلانكتون والغشاء القاعي بكل الهيدروسفيريا. فإذا كان سطح البلانكتون مساوياً سطح المحيط أي 3.6-10⁸ كم²، فإن سطح الغشاء القاعي يجب أن يكون أكبر بكثير لأنه يتبع تعقيدات وتفاوتات تضاريس قاع المحيط. ينضم لهذين الغشاءين المحيطين بالهيدروسفيريا في بعض الأماكن تجمعان آخران، يتعلق وجودهما بسطح الكوكب الغني بالأوكسجين الحر، والمليء بالحياة الخضراء، حيث لا تنفصل عن البلانكتون تكاثفات الحياة - الشاطئية والسارغاسية. التكاثفات الشاطئية تضم أحياناً كل طبقة الماء حتى الغشاء القاعي، لأنها تلاءمت مع القطاعات الأقل عمقاً من الهيدروسفيريا.

مساحتها لا يمكن أبداً أن تتجاوز بكثير عشر مساحة المحيط. سماكتها تصل مئات الأمتار ويحتمل أن تصل وسطياً إلى 500م وربما اقتربت من الكيلومتر. في بعض الأماكن تتصل بطبقة واحدة مع البلانكتون والغشاء القاعي.

يرتبط ازدياد الحياة دائماً قرب الشاطئ بالأجزاء الضحلة من المحيط، كما يرتبط نفوذ الإشعاع الضوئي والحراري للشمس، بالبحر القاري وما تنقله الأنهار من محاليل مائية غنية بالبقايا العضوية، وبالغبار القادم من اليابسة. الكمية الكلية لهذه الحياة يجب أن تكون أقل حتماً من تلك المتعلقة بالبلانكتون أو الأغشية القاعية، لأن أعماق 1كم لا تزيد كثيراً (إن زادت) عن عشر مساحة المحيط. وهي في جزء منها

غابات النباتات المائية والأعشاب البحرية والجزء الآخر تجمعات المحار والرخويات والمستعمرات المرجانية وأعشاب الجص وغيرها .

132- تحتل الكائنات السارغاسية مكانة خاصة، وهي لا تثير الانتباه كثيراً ولها تفسيرات مختلفة .

إنها تختلف عن تكاثفات البلانكتون وطبيعة عالمها الحي، وعن التكاثفات الشاطئية - بأنها لا تتعلق بحت القارات ولا بما تنقله الأنهار من مكونات البر. بخلاف التكاثفات الشاطئية - تشكل تكاثفات سارغاس تكاثفات في المحيط وتشاهد على سطح الأجزاء العميقة من المحيط دون أية صلة مع الغشاء القاعي.

إن ما حملته الرياح والتيارات البحرية من أجزاء مقتطعة من النباتات الشاطئية اعتبرت لزمن طويل تكوينات ثانوي.. أما مكان تواجد الدائم وغير المتغير فبدا كأنه نتيجة لتوزع اتجاهات الرياح والتيارات؛ حيث تهدأ الرياح وتتوقف التيارات. وجهات النظر تلك لا تزال تصادف في الكتب العلمية. لكنها تناقض الحقائق بحدة، على الأقل بالنسبة إلى بحر سارغاس في المحيط الأطلنطي الأكثر اتساعاً والأكثر دراسة .

نجد في بحر سارغاس حياة خاصة به، تشير إلى أن منشأ بعض ممثليها من المناطق القريبة من الشواطئ. ويمكن جداً أن يكون (جير عن 1924) على حق، إذ ربط منشأها بتكيف العالم الحي المحدود مع الظروف الجديدة، ويتطور المادة الحية الشاطئية مع الهبوط البطيء على مر الزمن الجيولوجي للقارة التي كانت مكان بحر سارغاس أو شبكة جزر اختفت.

هل يمكن أو يستحيل أن نستخدم هذا التفسير من أجل كل التكاثفات الكثيرة الأخرى المشابهة؟ لكن الحقيقة تبقى هي: وجود تكاثفات للحياة من نموذج غني بالعضويات النباتية الكبيرة وملء بأشكال خاصة من الحيوانات تختلف عن الأغشية البلانكتونية والقاعية وعن التكاثفات الشاطئية. لم يحصل حساب دقيق لها، إلا أنه، يبدو، أن مساحة المحيط التي تشملها ليست كبيرة، وهي أصغر بكثير من مساحة التكاثفات الشاطئية.

133- يتضح من ذلك أن نسبة ما تشغله تكاثفات الحياة من كتلة المحيط لا تكاد تصل إلى 2٪ بقية كتلته تحتوي على حياة مبعثرة.

لا شك أن هذه التكاثرات وأغشية الحياة تؤثر في كامل عمق المحيط. تؤثر في تركيبه الكيماوي، وفي عملياته الكيماوية، وفي نظام تبادل الغازات فيه. لكن العضويات التي تقع في الطبقات الوسيطة لا تدخل تغيرات ذات شأن بالحساب الكمي للظاهرة.

لذلك وفي حساباتنا القادمة لأهمية الحياة في البيوسفيرا، يمكننا إهمال الكتلة الرئيسية لماء المحيط ونأخذ في الحسبان فقط مجالات التكاثر الأربعة: الغشاء البلاكتوني، والقاعي، والتكاثر الشاطيء، وتكاثر سارغوس.

134- يجري التكاثر في كل تلك التكاثرات والأغشية بانقطاعات في الزمن، بإيقاع محدد. إيقاع التكاثر يتوافق مع إيقاع العمل الجيوكيماوي للمادة الحية. يحدد إيقاع التكاثر في الأغشية والتكاثرات تغيرات عملها الجيوكيماوي من أجل كامل الكوكب.

كما سبق وأشرنا، فإن الشكل المميز لكلا الغشاءين في المحيط هو أرجحية وحيادات الخلية في كتلتها. والعضويات الدقيقة ذات سرعة التكاثر القصوى، لا تكاد تقل سرعة نقل الحياة - قيمة V - في الظروف المواتية الطبيعية لوجودها عن 1000م/ثا. وبناءً على ذلك فإن هذه الأجسام ذات التبادل الغازي الأكثر تناسب دوماً مع سطحها. والطاقة الحركية الجيوكيماوية القصوى التي تظهر في الهكتار (فقرة 41) قادرة في زمن محدد أن تعطي أكبر تكاثر للمادة الحية في الهكتار وتبلغ بأسرع ما يمكن حد الخصوبة.

يبدو أن وحيادات الخلية سريعة التكاثر تلك تختلف في طبقة البلاكتون عنها في الطبقة القاعية. في الطبقة القاعية ترجح البكتريا، التي تملأ كتلاً ضخمة من بقايا العضويات الكبيرة غير المتحللة. في الغشاء البلاكتوني تغلب وحيادات الخلية الخضراء ووحيدات الخلية الحيوانية.

135- وحيادات الخلية الحيوانية في البلاكتون لا تؤلف الجزء الرئيس من عالمه الحيواني. بين الحيوانات ترجح كثيرات خلايا - القشريات كائنات الدرجة البدائية - بيوض، ونطاق الأسماك وما شابه.

إن إيقاع تكاثر كثيرات الخلايا أبطأ دائماً من تكاثر وحيادات الخلية. في حالات مغايرة تبلغ سرعة انتقال الحياة لديها أجزاء السنتيمتر في الثانية. بالنسبة إلى

أسماك المحيط وقشريات البلانكتون لا تنقص السرعة V عن عدة عشرات سنتيمتر/ثا .

كمية ضخمة من كثرات الخلايا الكبيرة ليس نادراً ما تشكل صفة مميزة لبنية الغشاء البلانكتوني. يجري تكاثرها من وقت لآخر أبطأ من الحيوانات الأصغر في البلانكتون.

يحتمل أن تشاهد هنا عضويات ذات سرعة تكاثر صغيرة جداً. تميز كثرات الخلايا الحيوانية والنباتية في التكاثرات السارغاسية والشاطئية، تتراجع وحيدات الخلية بمختلف أنواعها بشكل واضح إلى المرتبة الثانية، وليست هي التي تحدد إيقاع العمليات الجيوكيمياوية.

في هذه المجالات وخصوصاً في التكاثرات الشاطئية، تبدأ أرجحية كثرات الخلايا الحيوانية بالتزايد، تبعاً لتزايد العمق، وفي النهاية تشكل مظاهر الحياة الأساسية. تتضح الأهمية التي يمكن أن تكون لها على مثال الشعاب المرجانية، الهيدريات، القشريات والشوكيات.

136- لا يزال فكرنا العلمي بعيداً عن الإحاطة بسير التكاثر وصحة إيقاعه. نعرف فقط أن التكاثر لا يجري دون توقف، وأنه في العالم المحيط بنا يوجد تواتر محدد للتكاثر، يرتبط بشكل وثيق مع الظواهر الفلكية. إنه يتعلق بالإضاءة الشمسية، وبالتسخين الشمسي، وبكمية الحياة وبطبيعة الوسط. يتعلق تزايد تكاثر عضويات محددة بتزايد حركة الذرات الضرورية لحياتها التي تزداد (الحركة) بازدياد كمية الذرات الداخلة في تركيب العضوية، ويؤدي تناقص التكاثر إلى عملية عكسية. في هذا العصر تكون لوحة هذه الظاهرة في غشاء البلانكتون أكثر وضوحاً.

137- إن تغيرات التكاثر دائماً محكومة بإيقاع في غشاء البلانكتون. وتتوافق مع التغيرات الدورية لوسط الحياة من عام إلى آخر. وهي تتعلق بشكل وثيق بحركات المحيط الإيقاعية، حركات المحيط هذه - حركة المد والجزر، الحرارة، الملوحة، غزارة التبخر، الإضاءة - كلها ذات منشأ كوني. تبعاً لتلك الظواهر، وفي لحظة معلومة من أشهر الربيع، تنتشر في كل البحر موجة تكوين للمادة الحية على شكل عضويات جديدة. تتجمد «توقف» هذه الموجة

في شهور الصيف. هذه الموجة تظهر في الناتج السنوي لتكاثر جميع الحيوانات العليا تقريباً وتنعكس على تركيب البلانكتون «تماماً بذات الحتمية التي يقترب فيها التوازن الربيعي (تساوي الليل والنهار)، وترتفع الحرارة، وتبلغ كتلة الحيوانات والنباتات البلانكتونية قيمتها العظمى السنوية ثم تتناقص بعد ذلك» (جونستون، 1911). هذا المخطط الذي اقترحه جونستون صحيح بالنسبة لكل المحيط ويتغير فقط بأشكال ظهوره.

البلانكتون - هو وسط حيوي. وكل العضويات التي يتكون منها يرتبط وجود أحدها بالآخرين بشكل وثيق. غالباً ما تشاهد الأولوية للسرطانات (القشريات) التي تتغذى على المشطورات (Diatome)، وأحياناً على ما فوق المشطورات كما في شمال المحيط الأطلنطي.

يشاهد الإيقاع الصحيح من عام إلى عام في البحار المدروسة جيداً الواقعة في الشمال الشرقي لأوروبا. في الفترة من شباط إلى حزيران (بالنسبة إلى معظم الأسماك في آذار ونيسان) يمتلئ البلانكتون ببيوض الأسماك في الربيع. بعد آذار تظهر المشطورات السيليسية - Biddulphia Coscinadiscus. وبعد ذلك - بعض أنواع الدينوفلاجيلاتا (معائيات الجوف). في أوائل الصيف تتناقص كمية المشطورات وتأتي لتحل مكانها القشريات وغيرها من ممثلي البلانكتون الحيواني.

في الخريف في أيلول - تشرين الأول يشاهد نمو جديد للبلانكتون النباتي المشطورات - وغيرها، لكن بغزارة أقل.

يتميز شهراً كانون الأول وكانون الثاني بفقر الحياة، إبطاء التكاثر: إن تبديل إيقاع التكاثر - المميز والثابت، والمختلف من أجل كل عضوية - يتكرر كل عام بدقة ثابتة، كما تتكرر الظواهر المتصلة بالأسباب الكونية.

الأدوار الجيوكيمياوية لتكاثفات الحياة

والأغشية الحية للهيدروسفير

138- تظهر مسيرة التكاثر جيوكيمياوياً في إيقاعية العمليات الكيماوية الأرضية. كل غشاء حي وكل تكاثف للحياة يعدّ مجالاً لتكوين نواتج كيماوية محددة.

لا شك أن ما يميز كل حي بشكل فائق هو عندما يقع العنصر الكيماوي في دورة الحياة ولا يخرج منها أبداً تقريباً، يبقى فيها أبداً. إلا أن جزءاً صغيراً منه يفرز دائماً على شكل أملاح حيوية منحلة، وهو بالضبط ما يظهر لنا على شكل مصنوعات كيميائية البحر. وينعكس إيقاع التكاثر على إفرازها.

إن الغشاء البلاكتوني الحي هو المجال الرئيس لإفراز الأوكسجين الطبيعي، الذي كونه حياة العضويات الخضراء، وفيه تتركز اتحادات الآزوت فائقة الأهمية في الكيمياء الأرضية لهذا العنصر.

إنه مركز تكوين الاتحادات العضوية لمياه المحيط. يتجمع الكالسيوم عدة مرات في العام على شكل كربونات، والسيليسيوم على شكل بلورات⁽¹⁾ (عين الهر، عين الشمس). وفي نهاية الأمر تسقط إلى القاع وتتجمع في الغشاء القاعي. نحن نرى نتائج هذا العمل في الصخور الرسوبية المتجمعة على شكل طبقات سميكة جيولوجياً.

139- التكاثرات السارغاسية وجزء من الشاطئية قريبة من الغشاء البلاكتوني الحي من حيث نواتجها الكيماوية. فهي أيضاً تتميز بتكوين الأوكسجين الحر واتحادات الآزوت الأوكسيجينية، واتحادات الكربون الأوكسيجينية والآزوتية واتحادات الكالسيوم.

في هذه الأمكنة ليس نادراً ما يشاهد تركيز المغنيزيوم، الذي يدخل بكميات أقل من الكالسيوم لكن بوضوح ساطع في تركيب الأجزاء العضويات، وبهذه الطريقة ينتقل مباشرة إلى تركيب الأملاح المنحلة.

تكاثرات الحياة هذه مهمة في تاريخ السيليسيوم ولكن بدرجة أقل بكثير من طبقة البلاكتون. حتى هنا تكون دورة السيليسيوم عبر المادة الحية عالية الوتيرة.

140- في تاريخ العناصر الكيماوية كافة، في مجالات تجمع الحياة هنالك أهمية للعملية الثائية: أولاً - مرور العناصر الكيماوية عبر المادة الحية، وثانياً إفرازها - خروجها من المادة الحية - على شكل أملاح منحلة.

عموماً ليس ملحوظاً إفراز تلك الأجسام في فترة قصيرة، عام واحد مثلاً، لأن كمية المواد الخارجة من دورة الحياة في هذا الزمن القليل مهمة (قليلة جداً). وتصبح

1- بلورات السيليسيوم متعددة الألوان وهي زجاجية المظهر تستخدم للزينة في الخواتم والعقود، ويعتبر الشفاف منها حجراً ثميناً. وتسمى بعض أنواعه بعين الهر وعين الشمس.

ملحوظة فقط في فترات طويلة من الزمن، حتى إنها ليست تاريخية بل جيولوجية. بهذه الطريقة تتكون في القشرة الأرضية كتلاً من المادة الجامدة الصلبة، تفوق وزن المادة الحية الموجودة على الكوكب في الوقت الحالي بعدة مرات.

بهذا الصدد يُرى اختلاف كبير بين الغشاء البلانكتوني الحي وبين تكاثف الحياة⁽¹⁾ الشاطئي. في هذه الأخيرة تخرج كمية كبيرة من العناصر الكيماوية من دورة الحياة، أكبر مما في غشاء البلانكتون؛ وبفضل ذلك تترك أثراً كبيراً في بنية القشرة الأرضية.

تشاهد هذه الظواهر في الطبقات السفلى للتكاثفات الشاطئية قرب الغشاء الحي القاعي، وفي أجزائها المجاورة لليابسة أو الداخلة فيها. في حال دخول التكاثف في اليابسة، تفرز اتحادات عضوية صلبة للكربون والآزوت، ويتبخر كبريت الهيدروجين الغازي، ويرتبط ذلك بخروج الكبريت من هذا القطاع من القشرة الأرضية. بهذه الطريقة البيوكيماوية تختفي السلفات من الترسبات المتشكلة على حواف البحر والبحيرات المالحة والخلجان.

141- في التكاثفات الشاطئية لا توجد حدود واضحة فاصلة بين التفاعلات الكيماوية في القاع وعلى السطح البحري، وهذه الحدود شديدة الوضوح في المحيط المفتوح. تفصل بين هذين الغشاءين الحيين الفعالين كيماوياً سماكة ضخمة، عدة كيلومترات من الماء الخامل.

في التكاثفات الشاطئية تتقارب الحدود بين أغشية الهيدروسفير، أما في البحار الضحلة وقرب الشواطئ فتختفي كلياً.

في الحالة الأخيرة تختلط تأثيرات كل تكاثفات الحياة وتشاهد مجالات من العمل البيوكيماوي الكثيف جداً من مختلف الأنواع.

يعدّ الغشاء القاعي دائماً مجالاً للظهور الكثيف لعمل الحياة الكيماوي، وفي مقدمتها تجمعات العضويات التي تملك أكبر طاقة جيوكيماوية - البكتيريا. هنا بالإضافة إلى ذلك تتبدل بحدّة الظروف الكيماوية للوسط العادي، لأنه بفضل وجود كميات كبيرة من الاتحادات المتعطشة للأوكسجين تمتصه بكثرة، وهي في غالبيتها نواتج الحياة. وبفضل التعويض البطيء للأوكسجين الذاهب إلى سطح المحيط، يسود

1- هذه الظواهر ليست معروفة بدقة في الوقت الحالي في تكاثفات سارغاس.

في الغشاء القاعي (في الوحل البحري) وسط مرجع. هنا مملكة البكتريات اللاهوائية. طبقة رقيقة بسماكة عدة ملليمترات فقط من البيولوجين تشكل مجال عمليات الأكسدة البيوكيماوية الكثيفة والتي تعطي البداية للفترات والسلفات. هذه الطبقة تعزل السكان العلويين لتكاثفات الحياة القاعية الذين يشبهون بمظاهرههم الكيماوية تكاثفات الشاطئ عن الوسط الإرجاعي غير المعروف في أماكن أخرى من البيوسفيريا لولح القاع.

بسبب الخلط المستمر للولح بواسطة الحيوانات الحافرة يتم الإخلال بالتوازن بين الوسطين المؤكسد والمرجع: التفاعلات الكيماوية والبيوكيماوية تسير في كلا الاتجاهين وتقوي إنشاء أجسام غير ثابتة غنية بالطاقة الكيماوية الحرة. مع ذلك تكون الخصوصية المميزة لتكاثفات القاع هي الترسيب المستمر لبقايا الحيوانات الميتة المتفسخة، الساقطة باستمرار إلى القاع من الغشاء البلاكتوني والتكاثفات الشاطئية والسارغاسية، ومن الطبقات الفاصلة للبحار والمحيطات. بقايا العضويات هذه مليئة بالبكتريات وبشكل رئيس اللاهوائية، وتقوي الطبيعة الكيماوية الإرجاعية لوسط هذه التركيزات للحياة.

142- تلعب تركيزات الحياة القاعية بسبب طبيعة مادتها الحية دوراً خاصاً تماماً في البيوسفيريا ولها أهمية ضخمة في تكوين مادتها الجامدة، لأن النواتج الرئيسية لعملياتها الكيماوية، المتكونة هنا، في الظروف اللاهوائية، هي أجسام صلبة أو أجسام غرائية تتحول بمرور الزمن إلى أجسام صلبة لدرجة كبيرة. في هذه المجالات توجد كل الظروف لبقائها، لأن العضويات هنا لدى موتها تخرج بسرعة من الظروف البيولوجية العادية للتفسخ والتعفن، من شروط العملية التي تنقل الجزء الأكبر من مادتها (تحولها) إلى نواتج غازية في وسط يحوي الأوكسجين، هي لا تتأكسد (لا تحترق).

في أعماق ليست كبيرة تتوقف الحياة في الوحل البحري ليس فقط الحياة الهوائية بل واللاهوائية. ومع تساقط بقايا الحياة والأجزاء التي تسبب تعكر المياه من المادة الجامدة، تصبح الطبقات السفلى للولح البحري خالية من الحياة، والأجسام الكيماوية التي صنعتها الحياة لا تملك الوقت لتتحول إلى نواتج غازية أو لتدخل مادة حية أخرى. الطبقة الحية من الوحل لا تتجاوز أبداً أمتاراً قليلة، بينما هو ينمو باستمرار من السطح. يموت باستمرار من الأسفل.

«اختفاء» بقايا العضويات وتحولها إلى غازات هو دوماً عملية بيوكيماوية. في الطبقات الخالية من الحياة، تتحول بقايا العضويات خلال زمن جيولوجي إلى أملاح صلبة أو غرائية. نواتج نشأة كهذه تحيط بنا في كل مكان. هذه النواتج التي غيرتها العمليات الكيماوية بمرور الزمن، على شكل صخور رسوبية تكون سطح الكوكب بسماكة وسطية قدرها عدة كيلومترات. تتحول بالتدريج إلى صخور تحويلية، تتغير أكثر فيما بعد، عندما تقع في مجال الحرارة العالية، في غلاف الماغما الأرضي. تدخل في تركيب الكتل الصخرية الضخمة تحت العميقة تلك الأجسام الثابتة والمتحولة، القادمة من جديد إلى البيوسفيرا بمرور الزمن تحت تأثير الطاقة المتجددة بالحرارة العالية لهذه الطبقات (فقرة 77، 87). تدخل إلى مجالات الكوكب طاقة حرة حولتها الحياة إلى طاقة كيماوية، التقطتها الكائنات الخضراء في زمن ما في البيوسفيرا على شكل إشعاعات فضائية، أشعة شمسية.

143- لذلك تستحق الأغشية القاعية الحية بسبب تكاثفات الحياة الشاطئية المجاورة لها عناية خاصة لدى حساب العمل الكيماوي للمادة الحية على كوكبنا. إنها تشكل قطاعات سميكة نشيطة كيماوياً من القشرة الأرضية، تؤثر ببطء وبشكل متشابه على مر كل الزمن الجيولوجي.

يعطي توزع البحر واليابسة على سطح الأرض مفهوماً عن تحركاتهما في الزمان والمكان.

إن الأهمية الجيولوجية للأغشية القاعية الحية عظيمة بالنسبة إلى جزئها العلوي المؤكسد وكذلك إلى أجزائها السفلية المرجعة. تتزايد هذه الأهمية في تلك الأجزاء التي تتصل بتكاثفات الحياة الشاطئية، ويضاف إلى نواتجها العادية (أعلى من 400م، فقرة 55) الأوكسجين الحر والنواتج البيوكيماوية المرتبطة به ويعمل الحياة الخضراء..

يؤثر الوسط المؤكسد للغشاء القاعي بشدة في تاريخ كثير من العناصر الكيماوية وليس فقط الأوكسجين، الآزوت أو الكربون.

قبل كل شيء، هو يغير بالكامل تاريخ الكالسيوم على الأرض. ما يميز الكالسيوم من بين كل المعادن أنه سائد في المادة الحية. إنه في التركيب الإجمالي للمادة الحية يزيد عن 1% من حيث الوزن. وفي كثير من العضويات، وبشكل رئيس البحرية تزيد كميته عن 10% وحتى 20%. بهذه الطريقة، وبواسطة علم المادة الحية، ينفصل

الكالسيوم في البيوسفيرا عن الصوديوم والمغنيزيوم، والبوتاسيوم، والحديد، التي يتصل معها في المادة الجامدة للقشرة الأرضية في جزيئات عامة ويتساوى معها في التوزع. تحول عمليات العضويات الحياتية الكالسيوم إلى كربونات، فوسفات معقدة، وسواها، في العضويات ذاتها. ويحافظ الكالسيوم على وجوده على هيئة عدة أشكال متغيرة في الفلزات الحيوية ببيوكيماوية المنشأ.

يشكل المحيط، وبشكل رئيس مجالاته القاعية والشاطئية لتكاثر الحياة، تلك الآلية التي تكون الغطاء الكلسي لكوكبنا، الذي يغيب في الكتل السيليكاتية المتحولة لقشرته ومجالاته العميقة الثابتة.

في كل عام يتراكم في المحيط أكثر من 10^{14} غ من الكالسيوم على شكل كربونات. وأكثر من 10^{18} - 10^{19} غ من الكالسيوم يوجد في دورة متواصلة في المادة الحية، وهذا ما يشكل جزءاً ملحوظاً من مجمل كلس القشرة الأرضية (10^{23} غ) والجزء الأكبر من كلس البيوسفيرا. يتجمع الكالسيوم ليس فقط بواسطة المرجانيات والرخويات التي تملك سرعة انتقال حياة كبيرة، بل يتجمع أيضاً بواسطة وحيدات الخلية في وحل البحر، وأكثر منها - بواسطة وحيدات الخلية في البلانكتون والبكتريات التي تملك الطاقة الحركية الجيوكيماوية القصوى بالنسبة إلى المادة الحية.

عن طريق إفراز مركبات الكالسيوم تتشكل جبال، وقطاعات حجمها ملايين الكيلومترات المكعبة. تحدد الطاقة الشمسية بواسطة نشاط حياة العضويات كيمياء القشرة الأرضية. ليس أقل من تفكيك ثاني أكسيد الكربون والماء وتكوين الاتحادات العضوية والأكسجين الحر.

يفرز الكالسيوم بشكل رئيس على شكل كربونات، جزء منه على شكل فوسفات. ينتقل إلى البحر بواسطة الأنهار من البر، حيث مر الجزء الأكبر منه أيضاً (على شكل آخر) خلال الحياة الأرضية (فقرة 156).

144- تؤثر مجالات تكاثر الحياة بشكل مشابه على تاريخ العناصر الأخرى المنتشرة في القشرة الأرضية، دون شك: السيليسيوم، الألمنيوم، الحديد، المنغنيز، المغنيزيوم، الفوسفور.

لا يزال الكثير عن هذه الظواهر الطبيعية المعقدة مجهولاً، لكن النتيجة النهائية، لا شك في الأهمية الكبرى لهذا الغشاء الحي في تاريخ العناصر المذكورة.

في تاريخ السيليسيوم يظهر تأثير الغشاء القاعي في تشكل ترسبات لبقايا الكائنات السيليسية، جزء منها بلانكتوني وجزء قاعي. كالإسفنج البحري بالنتيجة يتكون أكبر تجمع للرمل الحر (ثاني أكسيد السيليسيوم) معروف لنا، آلاف الكيلومترات المكعبة. هذا الرمل الحر، حامل وقليل التغير في البيوسفيرا في أغلفة الصخور والماغما للأرض بفضل الطبيعة الكيماوية للجذر الحمضي الحر الخالي من الماء الذي هو عامل كيماوي غزير وحامل للطاقة الكيماوية الحرة.

لا نكاد نشك في تفاعل بيوكيماوي آخر جارٍ هنا، ولا نستطيع حتى الآن أن نكتشف مدى أهميته. إنه التحلل بواسطة المشطورات وربما البكتريات لسيليكات الألمنيوم ذات البنية الغضارية (الكاوليتية)⁽¹⁾، الذي يؤدي من جهة إلى تشكل الرمل كما ذكرنا سابقاً، ومن جهة أخرى إلى إفراز أكاسيد الألمنيوم المائية.

لا تجري هذه فقط في الوحل، ولكن كما تدل تجارب مورير وإيرفين تجري في مياه البحر العكرة بالرواسب الطينية، والتي هي نفسها نتيجة عمليات التهوية البيوكيماوية للمادة الجامدة على اليابسة.

145- من المحتمل أن أهمية هذه المجالات والتفاعلات البيوكيماوية المتصلة بها ليست أقل في تاريخ الحديد والمنغنيز أيضاً، لا شك أن نتيجة هذه التفاعلات: تشكل أكبر تجمعات لهذه العناصر في القشرة الأرضية. كفلزات الحديد الثلاثية الحديثة في كيرتش، والوسيطه - في الألزاس واللورين - وقد أثبتت ذلك أبحاث العلماء الروس (بيرفيلوف، نوتكيفيتش، وإيساتشينكو 1926-1927). هذه الفلزات الحديدية الرمادية والكلورات الغنية بالحديد - دون شك - أفرزت بارتباط وثيق مع بقايا العضويات. لكن آلية العملية ليست واضحة لنا. يحتمل أننا أمام عملية بكتيرية جزئياً على الأقل.

على امتداد التاريخ الجيولوجي، بدءاً من العصر الأركي (الأقدم)، يشاهد تكرار تلك العمليات، هكذا تشكلت مثلاً تجمعات الحديد الأضخم والأقدم في فلزات مينيسوتا الحديدية.

1- كاولين اسم منطقة في الصين يكثر فيها العصار الأبيض المستخدم في صناعة الورق والخزف وغيرها.

فلزات المنغنيز العديدة تملك الطبيعة ذاتها ، وتجمعها الضخم يقع وراء القفقاز في محافظة كوتاي. توجد انتقالات بين فلزات الحديد والمنغنيز، وتجري الآن على مسافات كبيرة في قاع البحر إفرازات مشابهة، منشؤها البيوكيماوي البكتري كبير الاحتمال إن لم يمكن اعتباره مثبتاً .

146- تحمل إفرازات اتحادات الفوسفور الطبيعية ذاتها ، وهي تتساقط في هذا الوقت أيضاً على قاع البحر في ظروف ليست واضحة لنا تماماً .

إن صلتها بظواهر الحياة ، بالعمليات البيوكيماوية لا شك فيها ، لكن آلية العملية ليست معروفة بالضبط .

لا شك أن الفوسفور في تجمعاته هو بشكل رئيس تشكيلات محددة عضوية المنشأ ، معروفة على امتداد التاريخ الجيولوجي - منذ الكمبري على أقل تقدير . لا شك أنه في كل مكان مرتبط بتكاثرات الحياة القاعية .

فيها تحدث حتى الآن ، بمقاييس أقل بكثير ، عمليات تشكل الفوسفات المحددة (عند جنوب أفريقيا مثلاً) في قاع البحر . لا شك أن جزءاً من هذا الفوسفور متركز على شكل فوسفات بواسطة العضويات خلال حياتها في أجزاء جسمها الغنية به . إلا أن فوسفور العضويات الضروري كثيراً للكائن الحي لا يخرج من دورة الحياة . إن ظروف خروجه من دورة الحياة ليست واضحة ، ومع ذلك كل شيء يدل على أنه بالإضافة إلى فوسفور الهياكل العظمية (اتحادات الكالسيوم الصلبة) يتحرر حتى فوسفور الاتحادات العضوية الغرائية وفوسفات سوائل العضوية . هذا الخروج يتم في ظروف موت خاصة للعضويات الغنية بالهياكل العظيمة الحاوية على الفوسفور ، تجعل عمليات التغيير العادية لأجسادها مستحيلة ، وتشكل وسطاً مواتياً للنشاط الحيوي للبكتريات الخاصة .

في كل الأحوال لا شك في حقيقة المنشأ البيولوجي لهذه التشكيلات . وفي علاقتها الوثيقة والثابتة مع الغشاء القاعي الحي ، والتكرار المستمر للظواهر الشبيهة خلال الزمن الجيولوجي كله .

بهذه الطريقة تتجمع أكبر تراكيز الفوسفور المعروفة ، التي تظهر على هذه الشاكلة الفوسفوريات الثلاثية لشمال أفريقيا أو الولايات الجنوبية الشرقية من أمريكا .

147- لا تزال معرفتنا بعمل المادة الحية لهذا الغشاء غير كاملة. وواضح أن دورها كبير في تاريخ المغنيزيوم والباريوم، ويجب أن يكون كذلك في تاريخ بقية العناصر مثل الفاناديوم، السترونسيوم أو البورانيوم. نحن نقف أمام مجال ظواهر واسع لم تلامسه بعد المعارف الدقيقة.

المجال الآخر للغشاء القاعي يمثل غموضاً أكثر والغازاً أكبر - جزؤه السفلي الخالي من الأوكسجين. هذا المجال من الحياة البكتيرية اللاهوائية والظواهر الفيزيوكيماوية، المرتبطة بالاتحادات الكيماوية التي تتخللها هذه الاتحادات، كانت قد تكونت في وسط كيماوي آخر بواسطة عضويات حية خاصة، غريبة في الوسط الحياتي العادي.

تبقى العمليات الجارية هنا بالنسبة إلينا غامضة لدرجة كبيرة، وبالنسبة إلى جملة من الأسئلة المتعلقة بها، نحن مضطرون للجوء إلى الفرضيات، لا نستطيع أن نتركها دون اهتمام، ويجب علينا أخذها بالحسبان عند تقييم دور الآلية الحية للقشرة الأرضية.

إن التعميمات التجريبيين التاليين لا شك فيهما :

1- أهمية هذه الترسبات الطينية، الغنية ببقايا العضويات في تاريخ الكبريت، الحديد، النحاس، الرصاص، الفضة، النيكل، الغناديوم، وكما يظهر الكوبالت وربما معادن أخرى أكثر ندرة.

2- تكرر هذه الظاهرة في حقب جيولوجية مختلفة، يدل على علاقة الظاهرة بشروط فيزيائية جغرافية لتجمد الأحواض البحرية وبطبيعة هذه الشروط البيولوجية.

148- بالنسبة إلى الكبريت لا شك في اشتراك كائنات حية خاصة في إفرازه - البكتريا التي تفرز كبريت الهيدروجين، والتي تفكك السلفات أو المركبات العضوية المعقدة الحاوية على الكبريت. يدخل الغاز المضرز (كبريت الهيدروجين) في العديد من التفاعلات الكيماوية ويعطي كبريت المعادن. هذا الإفراز البيولوجي لكبريت الهيدروجين - ظاهرة مميزة لهذا المجال وتشاهد دائماً في كل مكان من الطمي البحري (الوحد). مع ذلك فهو في أجزاء المجال الخارجية يتأكسد بيوكيماوياً من جديد ليكون السلفات.

الطبيعة البيوكيماوية لإفراز اتحادات المعادن الأخرى ليست واضحة، يوجد الكثير من الدلائل أن الحديد والنحاس والغناديوم، وربما بقية المعادن الأخرى الموجودة هنا والمتحدة مع الكبريت، توجد نتيجة تحلل العضويات الغنية بها. من جهة أخرى من المحتمل جداً أن المواد العضوية في الطمي البحري تملك مقدرة حجز المعادن، ترسيبها من المحاليل الضعيفة، بحيث يمكن ألا يكون للمعادن أية علاقة مباشرة بالمادة الحية.

لكن في الحالتين لم يكن ليوجد إفراز المعادن لولا وجود بقايا الحياة، أي لو لم يكن الطمي البحري بجزئته العضوي ناتجاً عن مادة حية. نشاهد الآن عمليات مشابهة على نطاق واسع في البحر الأسود (ترسب كبريت الحديد)، وعلى نطاق ضيق - في العديد من الأماكن. يمكن تتبع نموها الواسع في العديد من الحالات في أدوار جيولوجية أخرى. في الدورين البرمي والترياسي في المجال الأوروآسيوي كانت قد أفرزت بهذه الطريقة من المحاليل أو من المادة الحية كمية ضخمة من النحاس.

149- مما سبق عرضه يتضح أنه في كل الأدوار الجيولوجية كان يوجد توزيع الحياة ذاته في البيوسفيرا، وكان يؤثر مظهره الثابت ذاته في كيمياء الكوكب. تلك الأغشية الحية ذاتها، البلانكتونية والقاعية وذات التكاثرات البحرية للحياة (على الأقل الشاطئية) كانت موجودة في كل الأدوار الجيولوجية، وكانت جزءاً من الجهاز البيوكيماوي ذاته، الذي استمر في الوجود كل هذه المئات من ملايين السنين.

دائماً كانت تحركات (انتقال) البحر واليابسة تثير انزياحات على سطح الكوكب ذي المجالات النشطة كيميائياً، التي شكلتها المادة الحية - الأغشية والتكاثرات الحية للهيدروسفيريا، لقد كانت تنتقل، كبقع على وجه الأرض، من مكان إلى آخر. لا نرى في أي مكان، لدى دراسة المستحاثات الجيولوجية القديمة، دلائل على تغير بنية الهيدروسفيريا أو مظاهرها الكيماوية.

بينما تغير العالم الحي مورفولوجياً خلال مسيرة الزمن تلك، لدرجة أنه لم يعد يعرف. بديهي أن تغيره هذا لم ينعكس بشكل ملحوظ على كمية المادة الحية، ولا على متوسط تركيبها الكلي: لقد حصل التغير المورفولوجي في أطر معروفة، لم تخل بمظاهر الحياة في صورة الكوكب الكيماوية.

وهذا بصرف النظر عن أن التغيرات المورفولوجية، دون شك، كانت مرتبطة بإخلالات كبرى للطبيعة الكيماوية - بمقاييس العضوية - سواء فيما يخص الفرد أو فيما يخص النوع. تكونت اتحادات كيماوية جديدة، واختفت القديمة (مع انقراض الأنواع). لكن هذا لم ينعكس على المفعول الجيوكيماوي للحياة لدى دراستها كظاهرة كوكبية. بهذا المقياس ليس ملحوظاً حتى ذلك التغير الكيماوي الضخم دون شك، في تاريخ الكالسيوم، والفوسفور، وربما الماغنيزيوم مثل تكوين الهيكل العظمي لكثيرات الخلايا.

من المحتمل جداً أن تكون العضويات في عصر ما قبل الأول خالية من الهيكل العظمي. هذه الفرضية التي تعتبر برأي كثيرين تعميماً تجريبياً ثابتاً (مبرهنأ)، فعلاً. إنه يفسر الكثير في تاريخ الأحياء المنقرضة للعالم العضوي.

لكي لا تنعكس هذه الظاهرة على التاريخ الجيوكيماوي للفوسفور والكالسيوم والماغنيزيوم، لا بد من فرضية أنه قبل تكوين كثيرات الخلايا ذات الهيكل العظمي كان إفراز اتحادات هذه العناصر الشبيهة يجري في ذات المقياس بواسطة النشاط الحياتي لوحيدات الخلايا، أي البكتريات. هذا الإفراز يستمر حتى الآن، إلا أنه في السابق كان يجب عليه أن يلعب دوراً أكبر، دوراً استثنائياً.

إذا كانت هاتان الظاهرتان المختلفتان، من وجهة نظر الزمن الجيولوجي، تسببان هجرة وراثية لذات الذرات، فإن التفسيرات المورفولوجية رغم كونها كبيرة جداً، يمكن ألا تحدث تأثيراً جديداً على التاريخ الكيماوي لتلك العناصر. كل شيء يدل على أن حالة كهذه وجدت في التاريخ الجيولوجي للأرض.

المادة الحية في اليابسة

151- تمثل اليابسة لوحة مختلفة تماماً عن الهيدروسفير. في واقع الحال لدينا هنا غشاءً حي واحد يتمثل بالتربة وما يسكنها من كائنات كبيرة ودقيقة.

إلا أنه وسط هذا الغشاء الوحيد المليء بالحياة لا بد من تمييز التكاثرات المائية للمادة الحية - المتسعات المائية، التي تختلف بحدة عن اليابسة من وجهة نظر بيوكيماوية وحتى بيولوجية، كذلك مفعولها الجيولوجي مختلف تماماً وبشكل جلي.

تغطي الحياة اليابسة بغشاء متصل تقريباً، نجد مظاهرها على الجليد المتصل والثلوج، في الصحارى، على المرتفعات الجبلية. لا يكاد يمكننا الحديث عن غياب

الحياة على سطح اليابسة، يمكن الحديث فقط عن غياب مؤقت للحياة، عن تفريغ الحياة، الحياة تظهر في كل مكان بهذا الشكل أو ذاك. تفريغ الحياة فضاء اليابسة الفقير بها، الصحاري، الجليد والثلوج على السهول والجبال في جملتها لا تكاد تبلغ 10% من السطح. كل السطح المتبقي من اليابسة يشكل غشاءً حياً.

151- سماكة هذا الغشاء ضئيلة، فهو لا يرتفع في مناطق الغابات المتصلة أكثر من عدة عشرات الأمتار فوق سطح الأرض، في الحقول والسهوب يرتفع لعدة أمتار. تبلغ سماكة غشاء الحياة الذي تشكله الغابات في المناطق الاستوائية حيث تصل الأشجار إلى أقصى الارتفاعات 40-50م - أكثر الأشجار ارتفاعاً، أكثر من 100م تهمل في المنظور العام للنباتات كمظاهر فردية نادرة إلى حد ما. تتسرب الحياة في أعماق التربة فقط لمسافة عدة أمتار. تتوقف الحياة الهوائية على عمق 1-5 أمتار، وتمضي الحياة اللاهوائية عموماً لعدة عشرات الأمتار.

عموماً على سطح اليابسة تتابع (تتوالى) قطاعات الغشاء الحي بسماكة عشرات الأمتار (مجال الغابات) وسماكة أمتار قليلة (الغطاء العشبي). لقد أدخل نشاط الإنسانية المتحضرة في بنية هذا الغشاء تغيرات لا يشاهد مثلها في الهيدروسفير.

تعد هذه التغيرات ظاهرة جديدة في التاريخ الجيولوجي للكوكب، ولم يؤخذ مفعولها الجيوكيماوي بعد في الحساب. أحد أهم مظاهر هذه التغيرات هو التناقض الهائل في فضاءات الغابات أي أكثر أجزاء الغشاء سماكة.

152- نحن أنفسنا ندخل في تركيب هذا الغشاء، وتغيراته واضحة لنا بشكل فائق - في التركيب وفي المظهر - خلال الدور السنوي الشمسي.

هنا على اليابسة تتفوق لنباتات الخضراء من حيث كمية المادة المشمولة بالحياة، ومنها الأعشاب والأشجار. أما في سكان اليابسة من الحيوانات فتتفوق الحشرات، والزواحف، وربما العناكب. تلعب المادة الحية من النوع الثاني - المفترسات والعضويات غيرية التغذية - دوراً تابعاً. أجزاء كبيرة من اليابسة، الغابات المدارية، كأدغال أفريقيا أو غابات الشمال تشكل صحارى تقريباً بالنسبة إلى الثدييات، والطيور والفقاريات الأخرى. مفصليات الأرجل التي بالنسبة إلينا أقل إثارة للانتباه،

هم سكان مبعثرون جداً في هذه المستعمرات النباتية السمكية. ما اكتشف ببطء في البلاكتون - التزايد والتناقص الفصلي للتكاثر - معلوم للجميع. تتجمد الحياة في مناطقنا شتاءً، تتعرض وتنمو في الربيع. تجري العملية ذاتها بأشكال مختلفة بوضوح أقل أو أكثر من القطبين وحتى المدارين.

هذه ليس فقط ظاهرة حادة للوضوح للنباتات السطحية الخضراء وعالم الحيوان المرتبط بها، المميز بدورات التكاثر الفصلية. الأمر نفسه يشاهد في التربة. للأسف المسألة هنا لم تبحث كفاية. بينما أهمية التربة، كما سنرى، في تاريخ الكوكب أكبر بكثير مما يظهر.

عموماً في كل الأغشية - في الهيدروسفير واليابسة - توجد تزايدات وتناقصات للتكاثر تنظمها الشمس - مسار الطاقة الجيوكيمياوية للمادة الحية «زوابع» العناصر الكيماوية المشمولة بالحياة. تنبض العمليات الجيوكيمياوية، تتجمد وتقوى وفق وتيرة محددة.

الصيغ العددية، الموجودة هنا بوضوح، مجهولة لدينا تماماً.

153- الظواهر الجيوكيمياوية، المرتبطة بالغشاء الحي لليابسة مميزة بشكل فائق وحادة الاختلاف مع الأغشية البحرية.

في غشاء اليابسة الحي لا تؤدي عملية خروج العناصر الكيماوية من الدورة الحياتية إلى تراكمات للأملاح الحيوية كالتربة نراها في الترسبات البحرية؛ حيث تترسب سنوياً ملايين الأطنان من كربونات الكالسيوم والمغنيزيوم (الكلس، والكلس الدولوميتي). والرمل (الأوبال، بلورات، السيليسيوم). وأكاسيد الحديد المائية (فلزات الحديد). وما إلى ذلك (الفقرة 143). كل هذه التشكلات في غالبيتها ذات منشأ بحري وفي كل الأحوال مائي. في المادة الحية على اليابسة لا تخرج العناصر الكيماوية بأغلبيتها الساحقة (الفقرة 144) من دورة الحياة، أكثر مما هو عليه الحال في الهيدروسفير. بعد موت العضوية أو بعض أجزائها، إما بسرعة دون قواصل تلتقط عضويات جديدة المادة الميتة، وإما تخرج إلى الغلاف الجوي على شكل نواتج غازية. هذه الغازات حيوية المنشأ - NH_3 , N_2 , H_2O , CO_2 , O_2 ... من جديد وعلى الفور تستولي عليها المادة الحية بواسطة التبادل الغازي.

هنا لدينا توازن ديناميكي تام جداً، يؤدي إلى أن العمل الجيوكيمياوي الضخم لمادة اليابسة الحية يترك بعد عشرات ملايين السنين من وجودها أثراً ضئيلاً في

الأجسام الصلبة التي تكون القشرة الأرضية. العناصر الكيماوية في مادة اليابسة الحية تتق بحركة دائمة على شكل غاز وعضويات حية.

154- من هذا التوازن الديناميكي تخرج باستمرار على شكل غبار دقيق كمية من المادة الحية ضئيلة بنسبة وزنها، لكنها تزن ملايين الأطنان سنوياً من بقايا الدورة الحياتية لليابسة - إنها اتحادات الكربون، الأوكسجين، الهيدروجين، الآزوت بشكل رئيس وبدرجة أقل اتحادات الفوسفور، الكبريت، الحديد، السيليسيوم وما شابه. فهي تنفذ إلى كامل البيوسفيرا وفي جزء لا يمكن تحديده حتى الآن تخرج من الدورة الحياتية، أحياناً لفترة طويلة تمتد ملايين السنين. هذه البقايا العضوية تخترق كل مادة البيوسفيرا، الحية والجامدة، تتجمع في كل الأملاح الحيوية، في كل المياه السطحية والأنهار، وتحملها الهطولات الجوية إلى البحر. تأثيرها في سير التفاعلات الكيماوية للبيوسفيرا ضخم وشبيه بتأثير المواد العضوية المنحلة في المياه الطبيعية التي سبق ذكرها (الفقرة 93). بقايا الحياة العضوية مليئة - في الحقل الترموديناميكي للبيوسفيرا - بالطاقة الكيماوية الحرة، وبسبب مقاييسها الضئيلة فإنها تعطي بسهولة منظومات مائية متشعبة - محاليل غرائية.

155- على اليابسة تتركز البقايا العضوية في التربة، التي لا يمكن اعتبارها مادة جامدة. في التربة تبلغ نسبة وزن المادة الحية عدة عشرات مئوية، وهي مجال الطاقة الجيوكيماوية العظمى للمادة الحية. المخبر الأهم للعمليات الكيماوية والبيوكيماوية الجارية فيه، من حيث آثاره الجيوكيماوية.

التربة شبيهة، من حيث الأهمية، بالجزء الطيني من الغشاء القاعي (فقرة 141) لكن بخلافه يسود في التربة وسط مؤكسد. تفوق سماكتها هنا المتر الواحد بدلاً عن عدة مليمترات سماكتها في الطمي القاعي. الحيوانات الحافرة هنا أيضاً تعتبر عاملاً قوياً في تسويتها.

التربة مجال للتهوية النشيطة في الوسط الغني بالأوكسجين وغاز الكربون اللذين تنتجهما المادة الحية الموجودة في الوسط.

لكن بخلاف بيوكيماوية اليابسة، لا تدخل المواد الكيماوية التي تصنعها التربة في الدوامات الحياتية الجديدة للعناصر، وتمثل حسب تعبير (كوفي) جوهر كل حي.

ولا تخرج إلى الشكل الغازي للمادة. تخرج المواد الكيماوية لبعض الوقت من دورة الحياة وتنعكس في ظاهرة ضخمة للكوكب - في تركيب الماء الطبيعي - في ماء المحيط المالح.

التربة حية ما دامت رطبة، تسير عملياتها في وسط مائي - في المحاليل أو المنظومات المشتتة.

بهذا تتميز الطبيعة المغايرة لمظهر المادة الحية للتربة في كيمياء الكوكب بالمقارنة مع العضويات الحية الموجودة فوقها. تلعب آلية الماء على اليابسة دوراً حاسماً في ظهورها.

156- يبقى الماء على اليابسة في دورة مستمرة تثيرها طاقة الشمس بواسطة أشعتها الحرارية. بهذه الطريقة تتجلى الطاقة الكونية على كوكبنا بدرجة ليست أقل من ظهورها في العمل الجيوكيماوي للحياة. إن عمل الماء في آلية القشرة الأرضية بكاملها حاسم تماماً، وهو واضح بشكل خاص في البيوسفيرا. فالماء لا يشكل فحسب أكثر من ثلثي المادة الحية من حيث الوزن (الفقرة 109)، بل يشكل وجوده شرطاً ضرورياً لتكاثر العضويات الحية، ولظهور طاقتها الجيوكيماوية، وشرط ظهورها في آلية الكوكب.

في البيوسفيرا ليس فقط الماء لا ينفصل عن الحياة، بل والحياة لا تنفصل عن الماء. من الصعب أن نحدد أين ينتهي تأثير جسم واحد - الماء - ويبدأ تأثير الآخر - المادة الحية المتنوعة.

تشمل دورة الماء التربة بشكل مباشر، فالماء يغطي سطح التربة بفضل الهطولات. في كل مكان تجري إزالة القلوية باستمرار، من خلال سيول المياه السطحية عليها. باستمرار تذيب وتنقل أجزاءً منها غنية بالبقايا العضوية وهي بحالة عكرة. إن تركيب الماء العذب بهذه الطريقة يرتبط بالتربة، ويتحدد مباشرة بواسطة كيماوية التربة، وهو مظهر بيوكيماويتها. بهذا تحدد التربة تركيب مياه الأنهار بجزئه الأساسي حيث في النهاية تصب كل المياه السطحية.

تحمل الأنهار مياهها إلى البحر، وحتى تركيب ماء البحر بجزئه الملحي في النهاية محكوم بها، أي بالعمل الكيماوي للتربة.

تنعكس الطبيعة المؤكسدة لوسط التربة على تركيب ماء البحر، إذ تتمثل الطبيعة المؤكسدة تلك بنواتج نهائية ذوابة من مادتها الحية، تغلب في مياه الأنهار

السلفات والكربونات، والصوديوم المتحد مع الكلور. تختلف طبيعة وجود هذه العناصر في الماء النهرى بشكل حاد عن إفرازاتها الصلبة في الأغلفة الأرضية الخالية من الحياة. وينتج هذا الاختلاف عن فعالية هذه العناصر البيوكيماوية في التربة.

157- بسبب دورة الماء على اليابسة تشاهد ظواهر كيماوية محددة للمادة الحية القاطنة فيها.

تختلف الحياة التي تسكن الفضاءات المائية بحدة بمفعولاتها عن الحياة على سطح الأرض.

هنا نشاهد في نواحي كثيرة ظواهر شبيهة بأغشية وتكاثفات الهيدروسفير، هنا بمقياس أصغر يمكن تمييز الغشاء البلاكتوني والقاعي وتكاثفات توافق الشاطئية. هنا إلى جانب الوسط المؤكسد، يوجد مكان لتفاعلات كيماوية في وسط مرجع. وهنا يتزايد خروج العناصر الكيماوية من دورة الحياة وتشكل نواتج صلبة، تدخل لاحقاً في تركيب الصخور الرسوبية للقشرة الأرضية. وهنا على ما يبدو ترتبط عملية إفراز النواتج الصلبة بظواهر الوسط المرجع، والاختفاء السريع للأوكسجين، وبعد ذلك توقف الحياة الهوائية واللاهوائية لدى الكائنات الدنيا.

رغم هذا التشابه العام يختلف المفعول الجيوكيماوي لهذه الظاهرة في اليابسة كثيراً عن الذي نراه في الهيدروسفير.

158- يرتبط هذا بالاختلاف الحاد للمستوعبات المائية على اليابسة عن الهيدروسفير. الاختلاف الكيماوي الأساس هو الطبيعة العذبة للكتلة المائية الرئيسة والاختلاف الفيزيائي - ضحالة (قلة عمق) المستوعبات المائية - تتركز الكتلة الرئيسة للماء على اليابسة في مجال البيوسفير في البحيرات والمستنقعات والتجمعات، وليس في الأنهار. بفضل ضحالة (قلة عمق) الأحواض فهي تمثل تكاثفاً واحداً للحياة في المياه العذبة.

فقط في البحار العذبة مثل بحيرة بايكال نشاهد غشاءين حيين منفصلين، كما هو الحال في الهيدروسفير. لكن هذه البحيرات العميقة ليست سوى استثناء.

نظراً لطبيعة هذه البحيرات، فإن دورها البيوجيوكيماوي يختلف بحدة عن المتسعات المائية للمحيط، وقبل كل شيء يتمثل هذا في كون نواتج الإفرازات في أحواض الماء العذب مختلفة. في المقام الأول تأتي اتحادات الكربون، رغم أن الرمل،

وكربونات الكالسيوم، وأكاسيد الحديد تتشكل في الأغشية القاعية وفي تكاثفات أحواض المياه في اليابسة المتصلة بها، لكنها تتراجع إلى الدرجة الثانية مقارنة مع إفراز الأجسام الكربونية. هنا - وفقط هنا - يجري بشكل ملحوظ إفراز أجسام حيوية ثابتة كربوهيدروآزوتية فقيرة بالأوكسجين: كل أنواع الفحم والقار تلك الصيغ الثابتة للأملح الحيوية، التي تنتقل إليها الاتحادات العضوية عند خروجها من البيوسفيرا. في التغير النهائي وفي مجالات التأثير الحراري والكيماوي (الميتامورفية) يتحرر الفحم بشكله الحر الغرافيت.

لا نعرف أسباب تشكل اتحادات ثابتة كربوآزوتية في المستوعبات المائية العذبة، لكنها بقيت دون تغير على امتداد كل الزمن الجيولوجي. في مياه البحار المالحة لا نعرف تجمعاً يذكر لها. هل هذا نتيجة الطبيعة الكيماوية للوسط أم تكوين الطبيعة الحية؟ لا يمكن الإجابة، إلا أنه في كلا الحالين تتعلق الظاهرة بطبيعة الحياة. إن تجمعات هذه المواد العضوية تشكل بؤراً لطاقة كامنة ضخمة «دفنتها أشعة الشمس» حسب تعبير (ماير) أهميتها عظيمة في تاريخ الإنسان: لكنها ليست مهمة حتى في الطبيعة إلى حد بعيد. نستطيع الحصول على مفهوم عن مقياس ظواهر هذه العملية بحساب كمية الفحم المعروفة لدينا.

يحتمل أن تكون أحواض الفحم الحجري تلك قد نشأت بجوار البحار. يبدو لي تقريباً دون شك أنه في تكاثفات المياه العذبة ذاتها يجب البحث عن المنابع الرئيسة للكربوهيدرات السائلة - النفط، إذ أن علاقتها بتكاثفات حياة البيوسفيرا يمكن أن تعتبر مثبتة (مبرهنة) من أجل النماذج الرئيسة لمنايع النفط.

العلاقة بين الأغلفة الحية للهيدروسفير واليابسة

159- يتضح مما سبق أن كل الأحياء تشكل كلاً متصلاً مرتبطاً بقوانين ثابتة ليس فقط بين بعضها بل ومع الوسط المحيط الجامد للبيوسفيرا. لكن معارفنا الحديثة ليست كافية للحصول على صورة موحدة ساطعة. هذه قضية المستقبل، الذي سيفسر حتى النسب العديدة الموجودة في أساسها. نحن فقط نحاول التقاط الأطر العامة للظاهرة الحقيقية الرئيسة - هي وجود البيوسفيرا على امتداد الأدوار الجيولوجية كلها بدءاً من أقدمها ظهوراً من العصر الأركي.

هذه البيوسفيرا بسماتها العامة مثلت الجهاز الكيماوي ذاته .

على امتداد الزمن الجيولوجي تحت تأثير تيار الطاقة الإشعاعية الشمسية في البيوسفيرا عمل هذا الجهاز الكيماوي، الذي صنعته المادة الحية وحافظت عليه خلال عملها .

هذا الجهاز يتألف من تركيزات محددة للحياة، شغلت الأمكنة ذاتها، أثناء تغييرها الدائم، في الأغلفة الأرضية، الموافقة للبيوسفيرا . هذه التركيزات للحياة - الأغشية الحية وتكاثرات الحياة - كما لو أنها تقسيم شديد الخصوصية للأغلفة الأرضية . يبقى اشتراكها بالمركز ثابتاً في العموم، رغم أنها لا تكون أبداً غطاءً متصللاً دون انقطاع لسطح الكوكب .

هذه التكاثرات والأغشية تشكل المجالات النشطة كيماوياً للكوكب، هنا تتجمع منظومات ساكنة - مستقرة - لتوازنات ديناميكية لعناصر الأرض الكيماوية . هذه المجالات، حيث الطاقة الإشعاعية للشمس تلف الكرة الأرضية، تتخذ هذه الطاقة شكل طاقة كيماوية أرضية حرة . وهي تتحول إلى طاقة أرضية بمقياس مختلف من أجل عناصر كيماوية مختلفة .

إن وجود هذه المجالات في الكوكب يتعلق من جهة بتلك الطاقة التي تتلقاها من الشمس، ومن جهة أخرى بخصائص تلك المادة الحية التي تشكل مدخراً ومحولاً لتلك الطاقة إلى طاقة كيماوية أرضية . تلعب خصائص وتوزيع العناصر الكيماوية دوراً هاماً في ذلك .

160- كل تكاثرات الحياة تلك مرتبطة بعضها ببعض بشكل وثيق . لا يستطيع أحدها الوجود دون الآخر . هذه العلاقة بين الأغشية الحية المختلفة والتكاثرات وطبيعتها الثابتة هي السمة الأبدية لآلية القشرة الأرضية المتجلية فيها على امتداد الزمن الجيولوجي كله .

لا يوجد أي دور جيولوجي لولا وجود اليابسة . كذلك لا يوجد أي دور جيولوجي لو كانت اليابسة وحدها (دون هيدروسفيريا) .

في مخيلة العلماء فقط كان الكوكب على شكل شبه كروي مغطى بالمحيطات أو على شكل ساحات مستوية من المادة الجامدة كما رسمها قديماً (كانت) وحديثاً نسبياً (لوبييل) .

وجد المحيط واليابسة معاً بدءاً من أقدم العصور الجيولوجية، ويرتبط وجودهما بالتاريخ الجيولوجي للبيوسفيرا ويشكل جزءاً هاماً من آليتها .

من وجهة النظر هذه تبدو محاولة تفسير نشأة العضويات الأرضية من أصول عضويات بحرية عبثية وخيالية. الحياة الهوائية في أطر الزمن الجيولوجي قديمة كالحياة البحرية. أشكالها تتطور وتتغير، إلا أن هذا التغير يحدث دائماً على سطح الأرض وليس في مياه المحيطات.

لو لم يكن الأمر كذلك، لوجد دور ثوري، دور التغير المفاجئ لآلية البيوسفيرا، الذي كان يجب أن يكتشف بواسطة العمليات الجيولوجية. بينما لا يوجد ذلك.. منذ الدور الأركي لم تتغير الملامح الأساسية العامة لآلية الكوكب والبيوسفيرا. تبقى الحياة في ملامحها الرئيسية ثابتة، وعلى امتداد التاريخ الجيولوجي، يتغير شكلها فقط.

في الواقع وجدت دائماً عليها كل الأغشية الحية - البلانكتونية، القاعية والترابية - وكل التكاثرات الحية - الشاطئية والسارغاسية، ومثيلاتها في الماء العذب. تغيرت بمرور الزمن - تأرجحت - علاقتها المتبادلة، وكمية المادة المتعلقة بها - بالكاد تستطيع هذه التغيرات أن تكون كبيرة، لأنه في حالة كون سيل الطاقة الإشعاعية الشمسية ثابتاً أو يكاد، على مر الزمن الجيولوجي، فإن توزيع هذه الطاقة في الأغشية وتكاثرات الحياة، كان يجب أن يكون مشروطاً بالمادة الحية التي تشكل الجزء الأساس والوحيد القابل للتغير في الحقل الترموديناميكي للبيوسفيرا - لكن المادة الحية ذاتها ليست تكويناً مصادفاً. وهي في ذاتها تعكس الطاقة الشمسية كما تعكسها تراكماتها الأرضية.

يمكن الذهاب أبعد في تحليلنا، والتعمق في تلك الآلية المعقدة، التي تمثلها الأغشية الحية والتكاثرات، وفي تلك العلاقات المتبادلة الكيماوية التي يجب أن تكتشف من أجلها. يحدوني أمل في العروض التالية أن أتوقف عند هاتين المشكلتين - المواد الحية المتجانسة، وبنية الطبيعة الحية في البيوسفيرا.