الفصل الثالث

سطح الأرض

علم البحار :

تغطى البحار والمحيطات ٧١٪ من سطح الأرض ، ورغم ذلك فمعلومات الإنسان عن هذه المناطق الشاسعة مازالت ضحلة قليلة . وقد أجريت دراسات واسعة مستفيضة فى الماضى عن البحار . ورغم تكرار هذه الدراسات من آن لآخر فإن المحيطات ما زالت سراً غامضاً .

وقد زاد اهتمام العلماء بالمحيطات بعد الحرب العالمية الثانية أكثر منه فى أى وقت مضى . وكان أكثرهم غيرة وتعصباً يعتقد أن الكشف عن المحيطات وأسرارها لا زال فيه متسع كالكشف عن عالم الفضاء الذى دخله الإنسان أخيراً . وكان من الأسباب التى تؤيد قولهم هذا إعتقادهم إحتمال أن فى نزها البدائى ترقد أسرار كثيرة عن نشأة الأرض وطبيعتها .

وقد قدمت السنة الجغرافية الدولية معلومات هامة لعلم البحار . فقد خرجت ٨٠ سفينة أبحاث من عشرين دولة تجوب هذه المحيطات للكشف عن أسرارها . كما اشترك فى أبحاث المحيطات عدد من المحطات الأرضية فى الجزر والمناطق الإستراتيجية على سطح الأرض . وكانت هذه الأبحاث تدور حول عدة مسائل من أهمها طبوغرافية قاع المحيط ، والتيارات المائية فى باطنه ، ودورة المياه ، وتغير درجة الحرارة ، وخواص الأمواج ، والحياة البحرية ، والطبيعة الكيمائية للمياه ، وكمية التدفق الحرارى الصاعد من قاع المحيط . ولما كانت للمحيطات صلة كبيرة بالجو والمناخ فى مختلف أنحاء

العالم فقد عكف العلماء على دراسة هذه المسألة بمزيد من الإهتمام . وعندما انتهت أبحاث السنة الجغرافية الدولية كانوا قدحصلوا على معلومات وبيانات ونتائج فاقت تصورهم وأحلامهم .

وقدمت لهم الدراسات الخاصة بطبوغرافية المحيطات نتائج مثيرة ، فقد اكتشفوا أن تحت الماء عالماً لايحيط به الخيال ، إذ تختفي تحت البحار المضطربة جبال ومرتفعات يفوق إرتفاعها وإمتدادها أى جبال عرفها الإنسان على سطح الأرض ، بل إنهم وجدوا فى قاع المحيط أخاديد عميقة إلى درجة غير معقولة وتمتد فى بعض الحالات حتى لتطوق الأرض ؛ أخاديد تبدو الأخاديد السطحية بجانبها كالأقزام الصغيرة .

وقبل أن تبدأ أبحاث السنة الجغرافية الدولية كان علماء البحار يعرفون أن هناك سلسلة من الجبال تتوسط المحيط الأطلسى. هذه السلسلة الضخمة من الجبال ترتفع من قاع المحيط. وتمتد تحت مياهه فى شكل ثعبان ضخم من المنطقة القطبية الشمالية حتى المنطقة القطبية الجنوبية ! ولم يكن العلماء يعرفون الامتداد الكامل لهذه السلسلة المغمورة ولكن دراسات السنة الجغرافية كشفت لهم أن هذه السلسلة يتراوح اتساعها بين ٣٠٠ ميل و ١و٢٠٠ ميل وأنها تمتد فى الإطلسى الجنوبى منحنية نحو الشرق حول طرف القارة الأفريقية وفى هذه السلسلة جبال لا حصر لها من بينها عدد من الجبال البركانية ،ويبرز عدد من قممها العالية فوق سطح الماء فى شكل جزر ومن خير أمثلة هذه الجزر أيسلند وجزر الآزور . وفى أيسلند كثير من النافورات الحارة تشكل مجموعة من المياه الطبيعية الساخنة . ومصدر هذه المياه هى الأحواض البركانية فى السلسلة الجبلية .

وعرف علماء البحار كذلك أن هناك شرخاً كبيراً فى أعلى نقطة فى هذه السلسلة ، يصل عرضه أحياناً إلى ٣٠ ميلاً ، ولكنه لايمتد على طول

الحافة كلها بل ينقطع فى كثير من المناطق . وكشفوا أيضاً أن هذا الصدع الضخم يتسع ويزداد عمقه كثيراً فيصل إلى ٢٥,٧٤٨ قدماً غير بعيد من جنوبى خط الإستواء ، وقد أطلقوا عليه إسم أخدود رومانش .

وعثروا عليه فى باطن قاع المحيط الهادى على مفاجئات لا تقل عن مفاجئات زميله المحيط الأطلسى . فهم فعلاً قد اكتشفوا فى أوائل السنة الجغرافية الدولية وجود سلسلة . كان العلماء يعرفون أن هناك حافة غائصة جبلية مغمورة تجاه شاطىء «بيرو» وأطلقوا علها منذ ذلك الوقت إسم سلسلة ناسكا ، ولكن مدى امتدادها مازال محل دراسة وإن كانوا قد قدروا طولها مبدئياً من الشمال إلى الجنوب بأكثر من ٦٠٠ ميل .

وفى هذه المنطقة بالذات كان علماء البحار قد اكتشفوا قبل السنة الجغرافية الدولية أعلى فارق بين ارتفاع نقطتين على وجه الأرض . فعلى مسافة أميال معدودة من الساحل الغربى لأمريكا الجنوبية يوجد أخدود بيرو وشيلى الذى يبلغ عمقه ٢٥ ألف قدم . وعلى بعد ١٠٠ ميل من هذه المنطقة وفى القارة نفسها ترتفع الأرض عن سطح البحر إلى ٢٣٠٠٠ قدم فى قمم جبال أنديز ، ومن هنا نجد أن الفارق فى الارتفاع بين النقطتين يصل إلى ٥٠ ألف قدم أى ضعف ارتفاع قمة إفرست تقريباً .

وكانت أخاديد قاع البحر مصدراً لدهشة علماء البحار ، فهى موجودة بصفة خاصة فى حوض المحيط الهادى وتمتد فى شكل سلسلة حول الحد الخارجى للمحيط وتوجد عادة على طول مجموعات الجزر ، وتجاه سواحل القارات موازية للسلاسل الجبلية ، أى موازية لنطاق الزلازل والبراكين النشيطة فى المحيط الهادى . وهذه الأخاديد ضيقة بصفة عامة ولكنها عميقة وطويلة جداً . ويصل طول بعضها حوالى ألفى ميل ، ومن أكبرها أخدود

ماريانا س فى جنوب غربى المحيط الهادى حيث تصل الأعماق إلى ٣٦١٩٨ قدماً ، وأخدود آخر هو « كونجار كرمادیك » فى شمال شرق نيوزيلندا وقد وجد أن طول هذا الأخدود هو ١٦٠٠ ميل وأن عمقه فى بعض جهاته يزيد على ٣٥،٠٠٠ قدم .

وقد أدت دراسة العلماء للمحيطات إلى معرفة حقائق غير مألوفة عن الأخاديد . ومن بين هذه الحقائق مثلاً أن أكثرها عمقاً أربعة وأنها تكاد تكون متحدة فى العمق ولا يختلف عمق كل منها عن الآخر إلا بحوالى ٦٠٠ قدم تقريبا ! ويجمع العلماء على أن هناك سبباً وجيهاً لهذا ، فهم يعتقدون أن هذا العمق هو أقصى عمق يمكن الوصول إليه فى القشرة الأرضية دون حدوث انهيار فى جوانب المنخفض .

فما هى هذه القوى العملاقة التى شقت هذه الجراح الهائلة فى جسم الأرض؟ هل تكونت هذه الأخاديد والأرض مازالت فتية أم أنها حديثة التكوين؟ إن علماء البحار مازالوا يبحثون عن إجابات لهذه الأسئلة من بين المعلومات التى سجلتها أجهزتهم خلال السنة الجغرافية الدولية .

وهناك كشف آخر غريب فى المحيط الهادى . لقد إكتشفوا فى القاع مساحات ضخمة مغطاة بمواد خام رديئة الصنف ! وجدوا ملايين الأميال المربعة فى قاع المناطق الجنوبية الغربية من المحيط الهادى مغطاة بكرات فى حجم كرات البيسبول مكونة فى خليط من المنجنيز والحديد والكوبالت والنيكل والنحاس بنسب مئوية متفاوتة . وتقع هذه الإرسابات على أعماق تتراوح بين ١،٥٠٠ و ٢٠،٠٠٠ قدم . ويعتقد العلماء أن هذه المعادن من الممكن الاستفادة منها واستغلالها اقتصادياً .

وحينما تنفد مصادر العالم الحالية من المواد الخام يوماً ما فسيحتاج إلى

هذه المناجم القابعة فى قاع المحيط . ويعتقد علماء البحار أن هناك مناجم أخرى فى قاع المحيط الأطلسى .

وفى الوقت الذى كان فيه عدد من العلماء مهتمين بدراسة طبوغرافية قاع المحيط ، كان عدد آخر مهتماً بدراسة التيارات البحرية ودورة المياه . وقد كانت النتائج التى وصلوا إليها من أهم نتائج السنة الجغرافية الدولية . وأهم الاكتشافات التى توصلوا إليها هو العثور على مالا يقل عن ثلاثة تيارات مائية عكسية جديدة ، واحد منها فى المحيط الأطلسى والآخران فى المحيط الهادى .

والمعروف أن تيار الخليج من أهم التيارات المائية التى سجلها العلماء من قديم . وكان بنيامين فرانكلين أول من قدم دراسة مفهومة لهذا التيار الدافىء وأقنع العلماء بأنه لم يبق شىء مجهول بالنسبة له ، ورغم ذلك فقد أحس الباحثون فى السنة الجغرافية الدولية أن من واجبهم أن يعرفوا المزيد من المعلومات عنه وكان « هنرى ستوميل » من رجال معهد وودزهول لعلوم البحار من بين من نادوا بذلك .

كان ستوميل قبل بدء السنة الجغرافية الدولية مباشرة قد قدم نظرية جديدة تقول إن تحت تيار الخليج الذى يسير فى اتجاه شمالى شرقى لا بد أن هناك تياراً آخر يسير فى اتجاه مضاد . وبنى ستوميل إفتراضه هذا على مفهوم جديد للتيارات البحرية عامة ، كان هو وغيره من علمـــاء البحار قد وصفوا صيغته .

لقد كانت الدوائر العلمية لزمن طويل تعتقد أن التيارات المائية تسببها أساساً رياح تجتاح المحيط الفسيح .

ورأى ستوميل وغيره من علماء البحار المحدثين أن هذا ليس السبب الوحيد فى حدوث التيارات ، بل إن دوران الأرض نفسها قد يكون سبباً

آخر . كما أن هناك سبباً ثالثاً هو درجة حرارة الماء . . . ونسبة الأملاح فيه . وفى ضوء هذه الاعتبارات قال ستوميل فى نظريته إنه لما كان تيار الخليج يسير من الجنوب إلى الشمال فإن الحجم الذى يتركه خلفه لابد أن يملأ بماء آخر يتحرك من المنطقة العظمة الشمالية إلى الجنوب . هذا التيار العكسى سيتحرك فى قاع المحيط فقط نظراً لبرودة مياهه وزيادة كثافتها وهو فى طريقة إلى مياه الجنوب الأدفأ والأخف .

وكان ستوميل واثقاً بنظريته إلى حد بعيد، ولكن لم يكن لديه من الوسائل ما يجعله قادراً على إثباتها عملياً . ولهذا كان عليه أن ينتظر لكى تثبت له الجغرافية الدولية بما يتوفر لها من أجهزة البحث صحة هذه النظرية. وكان من أهم الأجهزة الحديثة التى استخدمت فى دراسة صحة النظرية جهاز الاستقرار أو الطفو والاتزان فوق سطح الماء الذى يعمل بطريقة ذاتية ، وهو معروف باسم عوامة سوالو للطفو، نسبة لمكتشفه الدكتور ج س. سولو عالم البحار البريطانى .

والجهاز مكون من أنبوبتين من الألومنيوم طول كل منهما ٩ أقدام ، والأنبوبتان ملتصقتان ببعضهما البعض . وفى داخل إحدى الأنبوبتين توضع البطاريات والأجهزة العلمية. أما الأنبوبة الأخرى فتترك فارغة أو تملأ بأثقال من حجم معين . هذه الأثقال من الممكن زيادتها حتى يصل الجهاز إلى الأعماق المطلوبة التى تصل إلى خمسة أميال . ويغوص الجهاز عمودياً ويتحرك فى سهولة فى إتجاه التيار . وترسل الأجهزة الكهربية الموجودة فى الجهاز صوتاً متقطعاً ، تلتقطه سماعات معلقة فى سفينة الأبحاث . ومن تتبع الصوت يمكن معرفة إتجاه التيار المائى وتسجيل رحلته .

وقد استخدمت أجهزة أخرى فى دراسات البحار منها ترموجراف الأعماق لقياس درجات الحرارة فى الطبقات العليا من مياه المحيطات .

وزجاجات نانسن التى استخدمت من قبل لتحديد نسبة الأكسجين والملح فى البحار كما استخدمت فى تحديد درجة حرارة المناطق العميقة فى المحيطات. واستخدم جهاز مبتكر له أربعة أرجل لمعرفة إتجاهات تيارات الأعماق المائية . وقد تم تزويد هذا الجهاز الأخير ببوصلة وجهاز للتصوير تحت الماء وكرة بنج بنج عادية علقت أسفله بخيط ، وبذا أصبحت تتجه الكرة حسبما تسيرها تيارات الأعماق المائية ، وتسجل آلة التصوير الموضوعة فوقها تحركاتها . وفى الوقت ذاته تقوم بالتقاط صور للبوصلة تسجل فيها اتجاهاتها.

وقد حمل مئات من علماء بحار السنة الجغرافية الدولية الأمريكيين والبريطانيين أمثال هذه الأجهزة وأبحروا بها نحو تيار الخليج وهدفهم معرفة ما إذا كان لهذا التيار نظير أو شبيه آخر فى المنطقة ذاتها يجرى تحته . وعثروا على إجابة لتساؤلهم بسرعة أثبتت صحة نظرية ستوميل ، فقد وجدوا تياراً عكسياً على بعد ٩ آلاف قدم أسفل تيار الخليج الدافئ ، بل إن نتائجهم جاءت كما توقع ستوميل من أن التيار العكسى يتكون من ماء أكثر كثافة وأشد برودة. وكان هذا التيار الجديد على عرض ٧٥ ميلاً ويتحرك فى اتجاه الجنوب بسرعة قدرها ثمانية أميال فى اليوم الواحد . (ولو أن الأبحاث الجديدة قد أثارت الشكوك حول وجود هذا التيار العكسى إلا أن مزيداً من الأبحاث لابد أن يجرى قبل القطع برأى نهائى فى هذه المسألة) .

وفى نفس الوقت كان علماء البحار الذين درسوا التيارات فى المحيط الهادى قد توصلوا إلى نتائج مثيرة واكتشافات لاتقل أهمية عن الاكتشافات التى أوضحناها . لقد كان العلماء والبحارة قبل السنة الجغرافية الدولية يعرفون أن هناك تياراً سطحياً سريعاً (٢٤ ميل فى الساعة) يتجه نحو الغرب فى المحيط الهادى عند خط الإستواء . وقبل أن تبدأ السنة الجغرافية الدولية بعدة سنوات كان علماء البحار قد سافروا بسفينة أبحاث فى داخل حدود هذا التيار لمعرفة المزيد عنه . وحينما أسقطت أجهزة الصوت إلى عمق بضع

مئات من الأقدام فوجىء العلماء بأن الأجهزة تتجه نحو الشرق بدلاً من اتجاهها نحو الغرب، وظنوا فى بداية الأمر أن سفنهم تسير فى إتجاهات خاطئة وأنهم لا يسيرون فعلاً فى اتجاه التيار السطحى الاستوائى المتجه نحو الغرب وعادوا لفحص مراكزهم فثبت لهم أن الإتجاه صحيح وبدأوا يشكون فى احتمال وجود تيار عكسى ولكنهم لم يتأكدوا من ذلك إلا حينما أتت السنة الجغرافية الدولية وأرسلت ست سفن من سفن الأبحاث إلى المنطقة وأثبتت بالفعل وجود تيار عكسى .

وبعد شهرين تقريباً من دراسة التيار الجديد الذى يشبه النهر البحرى تحت الماء إستطاع العلماء أن يعرفوا أبعاده الحقيقية . وعرفوا أنه يشبه شريطاً ضخماً إتساعه ٢٥٠ ميلاً وسمكه ألف قدم ويسير فى إتجاه الشرق بسرعة قدرها ثلاثة أميال فى الساعة . ويتراوح عمقه تحت التيار السطحى بين ٢٠٠ و ١٢٠٠ قدم . هذا التيار الجديد سمى « بتيار كروموبل » نسبة إلى عالم البحار الشاب الذى كان أول من اكتشفه . ويضعه علماء البحار الآن بين أهم وأكبر التيارات ويقدرون كميات المياه التى ينقلها بما يساوى آلاف المرات كميات المياه التى يحملها نهر المسيسيبى . وقد تم تتبع هذا التيار إلى مسافة يزيد طولها على ٧٠٠ ميل وبدا أنه يتوقف عند جزر جالا باجوس ولم يعرف العلماء حتى الآن من أين يبدأ هذا التيار . ويأمل علماء البحار أن يتم كشف السر فى رحلات الأبحاث القادمة .

وبينما كان علماء البحار يحاولون معرفة مدى تيار كرموبل أرسلوا أجهزة السبر الصوتية إلى أعماق أبعد ، ففوجئوا بتيار ثالث جديد لم يكونوا يعرفونه . وكان التيار الثالث أكبر سمكاً من تيار كروموبل وإن كانت سرعته لا تتجاوز نصف ميل فى الساعة .

وحينما نقل علماء البحار مجال عملهم إلى شمال خط الإستواء بنحو مائتى ميل ، عرفوا المزيد عن تيارات المحيط الهادى . لقد وجدوا تياراً عكسياً

جديداً تحت التيارات الإستوائية فى مناطق كانوا يظنون أنها ضحلة للغاية ولكن عندما قاسه الخبراء وجدوا أن أبعاده ضخمة وسمكه يزيد على ثلاثة آلاف قدم ، واتضح أن المياه التى ينقلها تساوى فى كميتها ألفى مرة كمية المياه التى يحملها نهر المسيسيبى .

وقد أثبتت إحدى مراحل بحث علماء البحار فى قاع المحيطات أهمية بالغة وهى المرحلة الخاصة بقياس تيار الحرارة المرتفع من قاع البحار ، وكانت النتائج التى تم الحصول عليها فى إحدى مناطق جنوب شرقى المحيط الهادى هامة وجديرة بالملاحظة . ففى هذه المنطقة توجد هضبة مغمورة تعرف بهضبة الباتروس ، وقد وجد علماء البحار وهم يأخذون المقاييس على طول حافتها أن تيار الحرارة أعظم مما سجلته المقاييس على أعماق أكثر فى أخدود قريب . وهذا على عكس ما كان يتوقع ، فالأجزاء الأعمق من الأرض عادة أدفأ من الأجزاء الأعلى .

وبعد أن فحص العلماء مكتشفاتهم غير العادية وصلوا إلى تفسير يمكن قبوله ، فهم يقولون إن من المحتمل أن تكون الهضبة حديثة التكوين ولا تزال فى دور النمو ، وربما كان يقع تحتها نهر من الصخور المصهورة الشديدة الحرارة يندفع رأسياً فيرفع الهضبة إلى أعلى ، وربما كانت الصخور الساخنة هى السبب فى أن الهضبة أعلى حرارة . وربما كانت حركة الدفع إلى أعلى ، تهبط فى نفس الوقت بالأخدود إلى أسفل . ولما كانت صخور الأخدود فى المناطق العليا من القشرة الأرضية فقد بردت أصلاً ولهذا كانت الحرارة فى الأخدود أقل . هذه المعلومات وأمثالها مما جمع فى الجهات الأخرى من المحيطين الهادى والأطلسى أدت إلى تكوين النظريات الجديدة عن أصل الجبال التى سبق أن أشرنا إليها .

وكانت هناك نتائج ذات طبيعة أخرى تم الوصول إليها فى ميادين أبحاث البحار ، وبعضها يتعلق بحركات المد والجزر فى أواسط المحيط .

وقد عرفنا الكثير عن حركات المد والجزر بالقرب من الشاطىء . فبعضها يتم فى ١٢ ساعة وبعضها الآخر تستغرق دورته ٢٤ ساعة كاملة . وهناك حركات مد وجزر ترتفع وتنخفض وفقاً لجدول سنوى، بل قد تتم دورتها فى ١٨ شهراً . وخلال السنة الجغرافية الدولية تمكن علماء البحار من الرد على الأسئلة التى طالما راودتهم حول إحتمالات وجود حركات مد وجزر بعيداً عن السواحل . ولما كان هؤلاء العلماء يعرفون أن الكرة الأرضية تنتقل على محورها ٣٠ قدماً فى دورة تستغرق ١٤ شهراً ، فقد فكروا فى أن هذه الحركة لابد أن لها تأثيراً على المحيطات . ووجدوا أنها تؤثر بالفعل وأن هناك دورة للمد تستغرق ١٤ شهراً يتغير فيها ارتفاع المياه بما يتراوح بين ٢½ و ٤ بوصة ويعود الفضل فى اكتشاف ذلك كله إلى الدكتور « آلان وترمان » .

وقد أصبح باحثو السنة الجغرافية الدولية من خلال دراساتهم واكتشافاتهم للتيارات المائية الجديدة إلى جانب مزيد من المعرفة بالتيارات القديمة أكثر فهماً للمياه ومن أين تأتى وأين تذهب ، وعرفوا المزيد عن العلاقات المتبادلة بين التيارات المختلفة . وفى خلال ذلك كله استطاعوا أن يرسموا صورة أكثر وضوحاً الدورة العامة لمياه المحيطات .

ونستطيع أن نقول بصورة عامة إن ماتجمع من المكتشفات عن البحار فى السنة الجغرافية الدولية سيؤدى إلى تغيير كثير فى الافتراضات القديمة حول نشأة المحيطات، وستؤثر هذه الاكتشافات أيضاً على فروع أخرى من العلوم كالجو والمناخ لما لكل منهما من صلة وثيقة بالمحيطات وحركاتها . وستتأثر كذلك علوم البيولوجيا المائية أو الأحياء المائية وهو مجال هام لأن الإنسان يعتمد على الماء فى جزء كبير من غذائه .

وبالرغم من الانتصارات الهامة العديدة التى وصل إليها علماء البحار فى السنة الجغرافية الدولية ، فهم يعرفون أنهم لا يستطيعون أن يركنوا

إليه ما وصلوا إليه . إن المحيطات ضخمة ولم يعدُ الأمر سوى أن أسرارها بدأت فى التفتح . وقدصرح الدكتور «روجر ريفيل» عالم البحار الأمريكى بذلك أمام عدد من زملائه فقال : « نحن نعرف الآن أكثر مما عرفنا . ولكننا نعرف أن المشاكل التى تواجهنا الآن أكبر وأكثر تعقيداً من المشاكل التى بدأنا ببحثها » .

ورغم انتهاء السنة الجغرافية الدولية فإن علماء البحار مازالو مستمرين فى أبحاثهم على نطاق مساو تقريباً لنطاق السنة الجغرافية الضخم . ويتم العمل الآن متفرعاً وتشرف عليه جمعيات علمية من دول مختلفة على أسس من التعاون الدولى كما كان يسير أثناء السنة الجغرافية . والنوع الأخير من الدراسات تنظمه اللجنة الخاصة لأبحاث البحار وهى هيئة علمية تم تشكيلها بعد انتهاء السنة الجغرافية الدولية . وتقوم هذه الهيئة بمساعدة عدد من الدول برسم خطط البحث فى المناطق المختلفة من العالم . ومن الأهداف الرئيسية لهذه اللجنة تشجيع البحوث فى البحار التى لم تسبق دراساتها كالمحيط الهندى مثلاً .

علم الجليد (جلاسيولوجيا) :

وهو العلم المخصص لدراسة الثلاجات . وهو لم يبدأ كعلم مستقل إلا منذ نحو قرن عرف خلاله العلماء الكثير عن الثلاجات وبخاصة عن قيمتها كمرشد عن جو الأرض ومناخها ، ولا نقصد مناخها فى العصور القديمة فقط بل كذلك التغيرات المناخية التى تجرى فى الوقت الحاضر والمتوقع حدوثها فى المستقبل .

والثلاجات (الأنهار الجليدية) أحد ثلاثة عوامل ترتبط ارتباطا وثيقاً بحرارة الأرض وبالنظم المائية . أما العاملان الآخران فهما المحيطات والغلاف الجوى . ولارتباط هذه العوامل الثلاثة الوثيق فيما بينها يعتبرها العلماء كوحدة واحدة وكثيراً مايشيرون إليها بإصطلاح « حرارة الأرض وميزانية المياه »

إذا أن الماء هو العامل المشترك فى هذه العوامل الثلاثة، فهو كسائل يكون المحيطات، وكصلب يكون الجليد ، وكبخار يعلو فى الغلاف الجوى .

تتولد الأنهار الجليدية فى فصل الشتاء أثناء تراكم الثلج أكثر منها فى فصل الصيف أثناء ذوبان الجليد. و بمرور السنين يتراكم الثلج سنة بعد أخرى. وبثقل الوزن يضغط على الطبقة السفلى منه ليتكون منها الجليد وينجم عن ذلك ضغط عال يسبب تحرك الثلاجات كما يتحرك النهر .

والثلاجات بعامة على نوعين : ثلاجات الجبال (الأنهار الجليدية) ، والثلاجات التى تتكون من غطاءات جليدية ضخمة . وتوجد الأنهار الجليدية فى أماكن عدة من العالم ؛ فى سلاسل جبال روكى بأمريكا الشمالية وفى جبال الألب بأوربا والهملايا بآسيا والأنديز بأمريكا الجنوبية بل وحتى فى أفريقيا .

أما الغطاءات الجليدية فتختلف فى أنها تغطى مساحات واسعة من سطح الأرض بل قد تغطى قارة بأجمعها كما هو الحال فى القارة القطبية الجنوبية وجزيرة جرينلند، وهاتان هما الغطاءان الجليديان الباقيان فى العالم إلى اليوم. وفى هذين الغطائين يقوم العلماء اليوم بالكشف شيئاً فشيئاً عما كان عليه مناخ الأرض فى الماضى .

ويمد كلا نوعى الثلاجات العلماء بدلالات هامة عن التغييرات المحتملة فى مناخنا الحالى. أما تغييرات المستقبل فتتوقف على ما إذا ما كانت الثلاجات لاتزال مستمرة فى نموها أم تتناقص . وكانت هذه الناحية الأخيرة من الموضوعات الهامة التى تناولتها الدراسة خلال السنة الجغرافية الدولية .

وكمية الماء التى تحتويها الثلاجات تفوق التصور ، وقد قدرها أحد العلماء بأكثر من ٦ ملايين ميل مكعب ، ولو أن مناخ الأرض ارتفعت حرارته

فجأة إلى الدرجة التى تذيب هذه الثلاجات لكان معنى هذا أن يرتفع سطح الماء فى المحيطات ٢٠٠ قدم . ولو تصورنا أن شيئاً قبل هذا يمكن أن يحدث لكان معناه كارثة محققة إذ ستختفى كل المناطق الساحلية من القارات وما فيها من مدن عظمى تحت مياه البحار ، لكن لاخوف من وقوع شىء مثل هذا فى وقت قريب ، ولكن لما كان هذا غير مستبعد من احتمالات المستقبل فقد اهتم العلماء بمعرفة المزيد عن سلوك الثلاجات ، ومن هنا كان نشاط علماء الجليد من أهم برامج السنة الجغرافية الدولية .

وعكف علماء من ثمانى وعشرين دولة على هذه الدراسة ، وامتد ميدان دراستهم فشمل كل مناطق الجليد على الأرض فشمل الثلاجات من المناطق القطبية إلى خط الاستواء والغطاءات الجليدية المترامية فى القارة القطبية الجنوبية وجزيرة جرينلاند . وقد حوى نصف الكرة الشمالى فى العصور الماضية خمسة حقول جليدية شاسعة . وأوليت منطقة القطب الجنوبى اهتماماً لأنها تحتوى الآن أكبر كتلة جليدية فى العالم . هذا ، مضافاً إليه أن القارة القطبية لاتزال مجهولة علمياً، جعل من المنطقة ميداناً طبياً لدراسة الجليد . وفى الطرف الآخر من الأرض فى المنطقة القطبية الشمالية ، ظفرت صفحة الجليد التى تغطى المحيط كذلك بدراسة مستفيضة .

وكان لعلماء الجليد حظهم الموفور من النتائج الباهرة التى حققها السنة الجغرافية الدولية ، وأثبتت القارة القطبية الجنوبية بخاصة أنها مصدر خصب للمعلومات الجديدة . وسنعطى مزيداً من التفصيلات فيما بعد عما حققه علماء الجليد مع المكتشافات الأخرى التى توصل إليها الذين ركزوا أبحاثهم فى المنطقة القطبية الجنوبية خلال السنة الجغرافية الدولية . وكعجالة نورد هنا أن العلماء على أساس مكتشفاتهم سيعيدون النظر لرفع تقديرهم لكمية الجليد التى تغطى قارة القطب الجنوبى . وهذا بدوره يجعل من الضرورى

أن تعدل التقدير الكلى لكمية الثلج والجليد فى العالم من ٣ر٢٤٠ر٠٠٠ ميل مكعب إلى أربعة ملايين ونصف ميل مكعب أى بزيادة نسبتها ٤٠٪.

وقد ركز عدد من علماء الجليد الأمريكيين المشتركين فى أبحاث السنة الجغرافية الدولية دراساتهم على ثلاجات الأودية أو ثلاجات الجبال فى قارة أمريكا الشمالية . وكانت إحدى المحطات التى أقاموها للبحث فى أولمبك ناشونال بارك بولاية واشنطن عند الثلاجة الزرقاء . وكان هذا النهر الجليدى من زمن بعيد معملاً لأبحاث علماء الجليد ، وهو نهر جليدى صغير لا يزيد طوله على ثلاثة أميال ، ولأنه كثيف فهو ميدان مثالى لتسجيل القياسات عن حركة الجليد وصلابته وتكوينه وعمقه ، وكان العلماء مهتمين كذلك بمقنن الثلاجة ، أى بالميزان بين الثلج والجليد المتراكم فى الثلاجة ومقدار الفاقد من النوعين نتيجة للذوبان والتعرية . وكان هذا الجزء من البحث مرتبطاً بملاحظة الأرصاد الجوية .

وأدى البحث إلى نتائج طريفة عن الثلاجة الزرقاء ، ربما كان أهمها أنها تقع فى أكثر بقاع الولايات المتحدة مطراً ، فقد بلغ سمك الثلج الذى تساقط فيها فى يناير ١٩٥٨ مقدار ١٢٠ بوصة ، وهو ما يعادل ٣٠ بوصة من الماء . كما ظهر أن سمك الجليد فى « الثلاجة الزرقاء » هو ٩٢٠ قدماً وسرعة تحركه ٥,٩ بوصة فى اليوم . وقد كشف العلماء أنها تنمو ظاهرياً كما ينمو غيرها من الأنهار الجليدية فى الركن الشمالى الغربى للولايات المتحدة .

وكانت الثلاجات فى ألسكا هى الأخرى محل الدراسة . وكانت ثلاجة « ماك كول » فى سلسلة جبال بروكس من أهم المناطق التى درست . وبمقارنة ماحصل عليه العلماء فى هذه المنطقة بما حصلوا عليه من شمال غربى الولايات المتحدة ، ظهر لهم أن درجة الحرارة فى ألسكا أكثر انخفاضاً بعدة درجات ، وأن الخصائص الطبيعية للثلاجات تختلف اختلافاً ملحوظاً باختلاف درجة الحرارة والضغط .

وقد لقى العلماء الذين عملوا خلال السنة الجغرافية الدولية فى صفحة الجليد التى تغطى المحيط القطبى الشمالى عناء فى بحثهم الذى كان عليهم أن يباشروه من قواعد أنشأوها على جزر جليدية عائمة، وهذه الجزر أطواف ثلجية كبيرة مسطوحة تدفعها التيارات إلى حوض المحيط القطبى الشمالى وقد استخدم العلماء الأمريكيون محطتين من هذا الجليد العائم خلال السنة الجغرافية الدولية هما جزيرة فلنشر (المحطة العائمة ب) والمحطة العائمة ا وقد سميت الجزيرة الجليدية بإسم فلنشر وهو الضابط فى سلاح طيران الولايات المتحدة الذى استطاع بمجهوده أن يهيئها لتكون قاعدة للبحث العلمى. وكان الاعتقاد عنها أنها انفصلت منذ عدة قرون جليدية « جزيرة السمير » فى المنطقة القطبية من كندا، وهى عبارة عن كتلة جليدية ضخمة طولها سبعة أميال وعرضها ثلاثة وسمكها ١٤٠ قدماً وهى بهذا الوصف من الاتساع والقوة بحيث تحتمل هبوط الطائرات وإقلاعها لتقديم الخدمات اللازمة للمحطة العلمية التى أنشئت عليها وهى المحطة ب .

أما المحطة ا فقد أنشئت على نوع آخر مختلف من الجليد هو عبارة عن مجرد طوف جليدى كسائر تلك الأطواف الكثيرة المنتشرة فى المحيط القطبى الشمالى، وتبلغ مساحتها عدة أميال مربعة وسمكها سبعة أقدام، وهو يهتز ويدغدغ طريقه مع حركات البحر . وقد أثبت هذا النوع من جزر الجليد أنه أقصر عمراً من جزيرة فلنشر التى ترجع نشأتها إلى جليد الثلاجات . ولكن مهما يكن من أمر فقد أفاد العلماء من النوعين معاً . وعلم العلماء وهم على سطح أطرافهم الجليدية العائمة الخطرة شيئاً أدهشهم ،وهو أنه بالرغم من أن متوسط درجة الحرارة خلال الصيف كان دون الصفر بقليل فإن الجليد السطحى قد ذاب بأكثر مما افترضوا من قبل. وبأخذ عينات من جليد القاع تبين لهم أيضاً أنه بينما يذوب جليد السطح فإن كميات كبيرة من الجليد الجديد تتكون على قاع الطوف وهى من المياه العذبة . ذلك أن الجليد القطبى عندما

يتكون فى أول أمره يكون ملحاً ويستمر كذلك عاماً أو عامين يزول بعدهما الملح خلال عملية الذوبان ثم التجمد مرة ثانية .

وشمل نشاط العلماء تسجيل تغاير الحرارة بين الجليد ومياه المحيط وبين المحيط والغلاف الجوى ، وبين الجليد والخو وكانت المحطة اهامة بصفة خاصة فى هذا العمل ، وذلك لقلة سمك جليدها فهو لا يزيد على ٧ أقدام . وكانت هذه المقاييس تتصل خاصة بالمشكلة الأساسية وهى معرفة ما إذا كان جليد القطب الشمالى ينمو أم يتناقص . فقد ظل العلماء يعتقدون طويلاً أن الغطاء الجليدى فى المحيط القطبى الشمالى قد تناقص خلال نصف القرن الأخير ولكنهم لم يكونوا غير متأكدين من أن العملية مستمرة .

ولو كانت القلنسوة الجليدية تتناقص فإن النتيجة فى نظرهم توحى بالأمل ، ذلك أنه لن يكون بعيداً عن الإمكان أن نرى البواخر تبخر مياه المحيط القطبى الشمالى قبل نهاية هذا القرن ، وليس إلى محطات الجليد لفتح الطريق أمام البواخر التجارية . غير أن هذا العمل المستساغ نظرياً بعيد التحقيق ، وذلك لسمك الجليد وضخامة تكاليف تحطيمه .

كلمة أخيرة عن الجزر الجليدية ، وهى أن علماء الجليد لم يكونوا هم وحدهم بين علماء السنة الجغرافية الدولية الذين أدركوا قيمتها فى مواصلة بحثهم ، بل لقد أفاد منها نفس الفائدة علماء الأرصاد والأحياء البحرية ، وعلوم البحار والطبيعة وقد أفادوا جميعاً من هذه القواعد الطافية فى مواصلة البحث فى ميادين تخصصهم .

وكان غطاء الجليد الذى يكسو جزيرة جرينلاند موضوعاً أثيراً لدى علماء الجليد كذلك . وكان الغرض الأساسى هناك هو البحث عن تفسير لمناخ الأرض فى العصور القديمة ، إذ أن المعروف أن الجليد الذى يتكون منه الغطاء الجليدى لجزيرة جرينلاند والقارة القطبية الجنوبية إنما تكون بتراكم الثلج والجليد طبقة فوق طبقة على فترات من مئات السنين وتحمل

كل طبقة من هذه الطبقات بعض الدلائل عما كان عليه حال المناخ وقت تكونها ، ومن ثم فإذا امكن الحصول على عينات من الطبقات المتنوعة وتحليلها — وكلما تعمقنا أكثر كانت النتيجة أفضل — فقد يمكن الكشف عن معلومات عن المناخ القديم . وكانت المشكلة كيف نحصل على هذه العينات من أعمق الطبقات .

عرف علماء الجليد من بداية السنة الجغرافية الدولية مباشرة كيف يحلون هذه المشكلة ، فابتكروا جهازاً للثقب شبيهاً بذلك الذى يستخدم فى التنقيب عن البترول . وكان المثقاب أنبوبة من الصلب مجوفة قطرها نحو أربع بوصات ، ومن ثم فهى تحتفظ فى داخلها بنواة من الثلج وهى تقطع طبقاته . وعندما ينزع المثقاب يؤخذ الثلج من داخله ويدرس . وكانت أكبر تجربة لهذا المثقاب فى جزيرة جرينلند ، وتجاوز نجاحها ما قدره العلماء ، فقد حققت آمالهم فى النهاية عينات مأخوذة من عمق ألف قدم . وكان من السهل دراسة هذه العينات التى تبين بكل وضوح طبقات الثلج التى سقطت سنوياً على الغطاء الجليدى ، كما ندرس حلقات جذع الشجرة ونحللها . وقد وجد العلماء فى إحدى العينات طبقة مغبرة بالتراب وظهر من البحث أنه تراب بركانى ترسب من بركان فى ألسكا ثار سنة ١٩١٢ .

كما احتوت العينات على بكتريا وفقاعات هواء محصورة فى حويصلات جليدية . وبتحليل هذه كيميائياً أعطت مفتاحاً عن حالة المناخ القديم .

وأجريت عمليات للتنقيب مشابهة فى القارة القطبية الجنوبية ، حيث ثقب الجليد إلى عمق يقل قليلاً عن الألف قدم فظهر للعلماء أن هناك اختلافاً واضحاً بين طبيعة الثلج فى جرينلاند وطبيعته فى المنطقة القطبية الجنوبية . إذ تميزت العينة المأخوذة من المنطقة الأولى باحتوائها على قشرة رقيقة من ثلج تجمد بعد أن ذاب صيفاً على الطبقات القوية من الثلج . أما فى المنطقة

الثانية — القارة القطبية الجنوبية — فلم تظهر هذه الطبقة إلا نادراً جداً كما أن سمك الطبقات السنوية كان أرق من سمكها فى المنطقة الأولى ، مما جعل تأريخها عسيراً . لكن بالرغم من مشاكل التحاليل استطاع العلماء بعد فحص عينة أخذت من عمق ألف قدم من منطقة محطة بيرد فى القارة القطبية الجنوبية ، أن يحددوا أن ثلوجها سقطت فى نحو سنة ٧٠٠ ميلادية. ويعتقدون أن الجليد أسفل هذا البعد قد تكون من ثلوج سقطت منذ نحو ألفى سنة مضت .

وظهر فرق آخر بين طبقات جليد كل من القطبين ، ففى خلال الخمسين سنة الماضية كان معدل سقوط الثلج فى القطب الشمالى ضعف معدله فى القطب الجنوبى . ويعتقد العلماء أن سبب ذلك راجع إلى أن درجات الحرارة فى المنطقة الجنوبية أكثر انخفاضاً بالإضافة إلى حقيقة أن ٩٠ ٪ من الإشعاع الشمسى ينعكس هناك مما يترتب عليه قلة التبخر . ونتيجة لهذه الرطوبة القليلة فمن الطبيعى أن تكون كمية الثلج المتساقط قليلة جداً .

كما استبان العلماء خلال السنة الجغرافية الدولية معلومات خاصة بحرارة الأرض وميزانية المياه فيها التى لابد أن وجود جزء كبير منها يؤثر فى مناخ الأرض فى ماضيه وحاضره ومستقبله . وعند مقارنة المعلومات المجمعة فى ميدان علم البحار وميدان علم الأرصاد الجوية تأكد للعلماء صدق عقيدتهم الماضية من أن مناخ الأرض يدفأ ببطء ، كما ساعدت هذه المعلومات أيضاً على ظهور نظريات جديدة حول مناخ الأرض القديم .

وتذهب واحدة من هذه النظريات إلى أن المحيط القطبى الشمالى كان براً ملاحياً مفتوحاً عندما كان العصر فى أوج عظمته ، ولما أن تجمد البحر القطبى انتهى عصر الجليد وتم ذلك فجأة منذ ١٢٠٠٠ سنة . وهذه النظرية ولو أنها تعارض النظريات القديمة إلا أنها الآن محل بحث عالمين أمريكيين هما الدكتور موريس إيونج والدكتور وبليام دون وذلك للتثبت

من منشأ العصر الجليدى . ويقوم أساس بحثهما على الحوادث الجيولوجية الجائحة التى وقعت فى عصور سحيقة سبقت عصر الجليد بكثير . فمنذ نحو مليون سنة لم تكن المنطقة القطبية الشمالية فى مكانها الحالى بل كانت فى شمال المنطقة الوسطى من المحيط الهادى . وفى ذلك الوقت كانت مياه المحيط الدافئة تتجه شمالاً فحفظت المنطقة القطبية الشمالية دافئة . ولا شك أن الأرض كانت أدفأ مما هى عليه الآن .

وفجأة حدثت هزة مخيفة فى الطبقات العليا من الأرض قلبت الطبقات العليا على السفلى ، وبانتهائها بدا وجه الأرض وقد تغير عما كان واحتفظ بشكله الذى نراه اليوم تقريبا . ونتيجة لهذه الهزة تحركت المنطقة الشمالية إلى موضعها الحالى . وأصبح المحيط القطبى بحراً مغلقاً تقريباً نتيجة لذلك وانعزل تماماً عن تيارات المحيطين الهادى والأطلسى الدافئة .

ويقول الدكتوران إيونج ودون إنه لما انتهى العصر الجليدى كان منسوب مياه المحيطات أعلى مما هو الآن ، وكانت مياه المحيط الأطلسى الدافئة إذ ذاك لا تجد صعوبة فى أن تطغى على السلاسل الجبلية الواقعة فى مدخل المحيط القطبى الشمالى ، وكانت هذه المياه الأطلسية الدافئة حينما تصل إلى عرض المحيط القطبى الشمالى تتبخر وترتفع فى طبقات الجو الشديدة البرودة ثم تسقط فيما بعد بكميات ضخمة من الثلج على الأراضى التى تحف بالمحيط القطبى الشمالى وتراكمت طبقة فوق أخرى من الثلج . وخلال مرور آلاف السنين تكونت ثلاجات ضخمة فوق القارات الشمالية ، وكلما ازدادت الثلاجات زحفت جنوباً ، وهكذا بدأ العصر الجليدى .

أدت هذه العملية إلى استنزاف كميات كبيرة من المياه الدافئة من المحيطات فانخفض منسوبها واستحال على مياه الأطلسى الدافئة أن تتخطى السلاسل الجبلية المغمورة التى تحرس مدخل المحيط القطبى . ومن ثم يخلص إيونج ودون إلى أن المحيط القطبى قد أصبح مغطى بالجليد وبذا

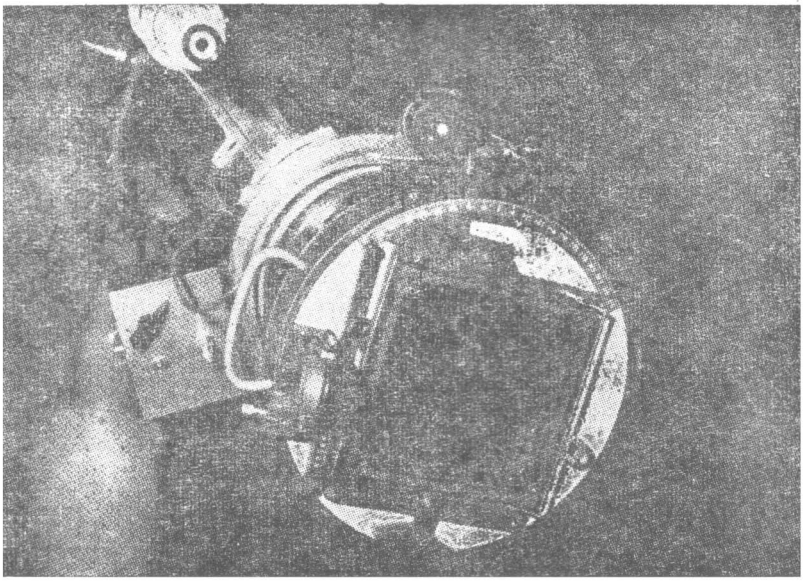
لم يعد البخر هناك على نطاق واسع وبالتالى تناقص سقوط الثلج . ولما كانت الثلاجات تحتاج إلى مورد ثابت من الثلج لتستمر فإنه منذ انقطع هذا المورد أخذت فى الضمور والتراجع وهكذا انتهى العصر الجليدى على الأرض.

وقد أيدت اكتشافات السنة الجغرافية الدولية الاعتقاد بأن قلنسوة القطب الشمالى الجليدية فى مرحلة ذوبان الثلج الآن ولو استمرت على ذلك دون توقف فى السنوات المقبلة فسيخلو المحيط القطبى مرة أخرى من الجليد . وسيتبع ذلك إرتفاع فى منسوب الميـــاه فى المحيطات كما ستصل المياه الدافئة مرة أخرى إلى القطب فتتبخر ويعود الثلج إلى السقوط ثانية وبدرجة متزايدة ، وسيشهد سكان الأرض مرة أخرى فجر عصر جليـدى جديد . وهذه هى النهاية المخيفة التى تنتظرنا إذا صدقت افتراضات الدكتورين أيونج ، ودون .

الأرصـــاد الجوية :

المترولوجيا — أو علم الجو — واحد من أشق ميادين الطبيعة الأرضية . ويبدو أنه كلما ازدادت معرفة العلماء بالجو ازداد هذا الموضوع تعقيداً . وبالرغم من التقدم الملحوظ الذى أحرزه العلماء فى معرفة كيف يتكيف الجو وكيف يتم دورته وكيف يمكن التنبؤ به فإنهم لا يعرفون إلا القليل عنه حتى الآن .

وهنـاك عوامل متعددة مختلفة ومعقدة تتدخل فى تكوين الجو . وتشمل هذه العوامل الإشعاع الشمسى (مصدر الطاقة الذى يسيِّر بالفعل كل نظام الجو فى كل أنحـاء العالم) والرياح ودرجـة الحرارة والضغط الجوى والسحب والعنـاصر الغازية التى يتكون منهـا الجو . وقد وجد العلماء صعوبات شتى فى محاولة دراسـة طبيعة ومهمة كل عامل من هذه العوامل ومعرفة علاقة كل منها بالآخر وبالمحيطات .



آلة للتصوير ذات سرعة مزدوجة مستعملة فى مرصد البحرية بالولايات المتحدة ، تمت عن طريقها دراسات هامة لخطوط الطول والعرض أثناء السنة الجغرافية الدولية .

واهتمام الشخص العادى بالجو اهتمام محدد للغاية . فهو لا يهتم عادة إلا بالجو فى المنطقة التى يعيش فيها . ولكن علماء الأرصاد الجوية يهتمون بالجو على نطاق أوسع بكثير ، فالظواهر الجوية التى تحدث فى منطقة ما يكون لها تأثير فى جو مناطق أخرى من العالم . وقد يكون الأثر سريعاً أحياناً كما هو الحال فى العواصف التى تتحرك بسرعة ولكنه يكون بطيئاً فى معظم الحالات . وعلى أى حال فإن علماء الأرصاد الجوية يهتمون بدراسة كل الغلاف الجوى المحيط بكوكبنا .

وقد كانت السنة الجغرافية الدولية فرصة رائعة لهؤلاء العلماء ليعرفوا المزيد عن الجو على نطاق عالمى . فقد حصلوا على تقارير يومية أقرب ما تكون إلى الصحة والكمال عن الجو . ومن خلال تحليلهم لبيانات التقارير كانوا يأملون اكتشاف المزيد من البيانات حول الظواهر الجوية المتغيرة ودورتها بل واستنباط نظريات جديدة حول تكوين الجو . وكانوا يأملون كذلك من خلال العمل المشترك أن يحلوا كثيراً من ألغاز الجو من حولهم . فكان هناك مثلاً لغز طالما حير العلماء وهو العلاقة بين حالات الطبقات العليا من الغلاف الجوى والحالة الجوية على سطح الأرض وهل تؤثر الحرارة والتيارات الهوائية فى الطبقات العليا على الحالة الجوية فى المناطق السفلى القريبة من سطح الأرض ؟

وقد تم تخصيص قسم لبحث وحل هذا اللغز وألغاز أخرى مشابهة له فى برنامج السنة الجغرافية الدولية . وقد استخدم لهذا الغرض نوع جديد من البالونات يرتفع إلى ١٠٠ ألف قدم حاملاً أجهزة تسجيل حساسة .

وبمقتضى التنظيم خلال السنة الجغرافية الدولية إستعان العلماء أثناء بحثهم المتيورولوجى بجميع المحطات الجوية فى مختلف أنحاء العالم، وأغلبها موجود فى النصف الشمالى للكرة الأرضية . ورغم أن هذه المحطات قامت بالجزء الرئيسى فى الدراسات إلا أنه تم بناء محطات مراقبة أخرى جديدة فى المناطق التى لم

تجر فيها أرصاد جوية من قبل أو أجريت أبحاث قليلة مثل القطب الشمالى والقطب الجنوبى وعلى الشاطىء الغربى لأمريكا الجنوبية .

ولم يتم إنشاء هذه المحطات الجوية ارتجالاً بل وضعت فى أماكنها لأسباب محددة . وكان الهدف من ترتيب هذه المحطات هو محاولة دراسة العلاقة بين الجو فى نصف الكرة الشمالى ونصفها الجنوبى وكان العلماء يودون معرفة ما إذا كانت أحوال الجو فى القارة القطبية الجنوبية تؤثر فى جو نصف الكرة الشمالى .

وكانت المحطات الجديدة تصل بين المحطات الأخرى لتكون سلسلة متصلة من القطب إلى القطب . سلسلة تربط بين نصفى الكرة الشمالى والجنوبى. وكانت آخر محطة هى القطب الجنوبى نفسه وكانت واحدة من سلسلة المحطات الجوية تمتد على طول الشاطىء الشرقى لأمريكا الشمالية ثم على الشاطىء الغربى لأمريكا الجنوبية . وسلسلة أخرى بدأت فى أوربا وامتدت جنوباً عبر قارة أفريقيا . وكانت هناك سلسلة ثالثة مركزها آسيا (فى سيبيريا واليابان) وامتدت هذه السلسلة جنوباً حتى القارة القطبية الجنوبية .

وكانت أهم مرحلة فى الدراسات المترولوجية فى السنة الجغرافية الدولية هى إعداد خرائط الطقس اليومية للعالم . وقد قسم هذا العمل إلى ثلاثة أجزاء رئيسية :

اختص مكتب الأرصاد الجوية بالولايات المتحدة الأمريكية بعمل خرائط الطقس لنصف الكرة الشمالى . وخص مكتب الأرصاد الجوية فى جنوب أفريقيا عمل الخرائط الجوية لنصف الكرة الجنوبى . وكانت مهمة مصلحة الأرصاد الجوية فى ألمانيا الغربية عمل الخرائط الجوية للمنطقة الاستوائية وكانت الخرائط تغطى منطقة مستوى سطح البحر كما كانت تشمل منطقة تقع على ارتفاع ١٨ ألف قدم فوق سطح الأرض .

والأرصاد الجوية هى فى الأساس جمع آلاف القيم العددية مثل درجات

توضيح للخطوط العينة للمحطات الارضية والسفن والطائرات خلال السنة الجغرافية الدولية التى يتم فى حدودها الحصول على عينات ثانى اكسيد الكربون من الجو لفحصه . الدوائر الصغيرة تشير الى المحطات التى كانت تقوم بالتسجيل المستمر ، فى حين أن المثلثات تشير الى المحطات القطبية .

الحرارة والضغط وسرعة الريح واتجاهها والتساقط . وعن طريق هذه القياسات وغيرها من البيانات الأخرى يحاول الخبير الجوى أن يرسم صورة تكوين الجو ودورته ، ومن خلال هذه الأرقام يحاول المضى إلى الإجابة عن الأسئلة الرئيسية التى تشغل الفكر حول الجو وأصله .

وغنى عن القول أن نشرح أن علماء السنة الجغرافية الدولية من المشتغلين بالمترولوجيا قد جمعوا كميات ضخمة من هذه البيانات . ولكى تصبح هذه المعلومات فى صورة مناسبة لخبراء الجو لكى يدرسوها صورت على أفلام صغيرة بمقياس رسم مصغر حتى تستطيع اللوحة الواحدة التى تبلغ ٣ بوصات × ٥ بوصات أن تستوعب كميات ضخمة من المعلومات الجوية فى صورة مركزة . وكانت المعلومات تمثل عشرين ملاحظة كلها على مستوى سطح البحر أخذت من ٩٦ محطة جوية مختلفة ، هذه اللوحات الصغيرة قامت بإعدادها هيئة الأرصاد الجوية العالمية ومقرها جنيف بسويسرا وقد أرسلت جميع البيانات الجوية من هذه الهيئة إلى جميع المراكز العلمية فى مختلف أنحاء العالم فى ١٨٠٥٠٠ لوحة صغيرة . ويستطيع أى عالم فى مختلف أنحاء الأرض أن يحصل على كل هذه البيانات الخاصة بالأرصاد الجوية بثمن قدره ٦ آلاف دولار .

وجو الأرض فى الواقع مكون من غلاف غازى أهم مكوناته النيتروجين والأكسجين كما يضم غازات أخرى قليلة مثل الأزوت وثانى أكسيد الكربون . وبالرغم من أن الغازات الأخيرة موجودة بنسب بسيطة إلا أنها تلعب دوراً هاماً فى مناخ الأرض وطقسها . غير أن دور هذه الغازات ليس مفهوماً بدقة حتى الآن .

وقد وجه عدد كبير من خبراء السنة الجغرافية الدولية إهتمامهم إلى قياس كميات ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى حتى تقارن هذه القياسات بالنتائج السابقة والقياسات التى قد تجرى فى المستقبل . وكان

هناك هدف آخر وراء هذه القياسات هو معرفة ما إذا كانت نسبة ثانى أكسيد الكربون تزيد فى منطقة ما على الأرض عنها فى المناطق الأخرى .

وثانى أكسيد الكربون يقوم بدور المنظم لدرجة حرارة الأرض ، وهو كالبخار الموجود فى الجو يسمح لأشعة الشمس بالتغلغل لتسخين الجو ولكنه لا يسمح بنفاذ الإشعاعات الحرارية العائدة من الأرض إلى الفضاء الخارجى المحيط بها . وعن طريق كل ذلك يرفع درجة الحرارة على الأرض ويؤدى دوره فى التأثير على المناخ ، فهو كالدرع غير المنظور الذى يحفظ درجة حرارة الأرض حتى لا تتسرب إلى الفضاء بالإشعاع ويقوم هنا بنفس الدور الذى تقوم به الألواح الزجاجية فى بيت الزهور فى الحديقة حتى إن البعض يسمونه « بيت الخضرة » .

ودرجة الدفء فى مناخ الأرض مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بنسبة ثانى أكسيد الكربون فى الجو . ويدرك العلماء أن زيادة كميات هذا الغاز فى الجو تؤدى إلى ارتفاع فى حرارة الكرة الأرضية . وقد أدى نشاط الإنسان الصناعى إلى خلل خطير فى نسبة ثانى أكسيد الكربون . إذ أن آلاف المصانع ومحطات القوى تخرج منها الآن كميات ضخمة من هذا الغاز حتى إن العلماء يقولون إن نسبة ثانى أكسيد الكربون سترتفع فى عام ٢٠٠٠ بنسبة ٧٠ ٪ ، وهذه الزيادة قد تؤدى إلى ارتفاع خطير فى درجة حرارة الأرض وقد يؤدى ذلك إلى ذوبان ثلوج القطب الشمالى والجنوبى ويؤدى هذا بالتالى إلى ارتفاع منسوب البحر وابتلاع عدد كبير من المدن الشاهقة الساحلية .

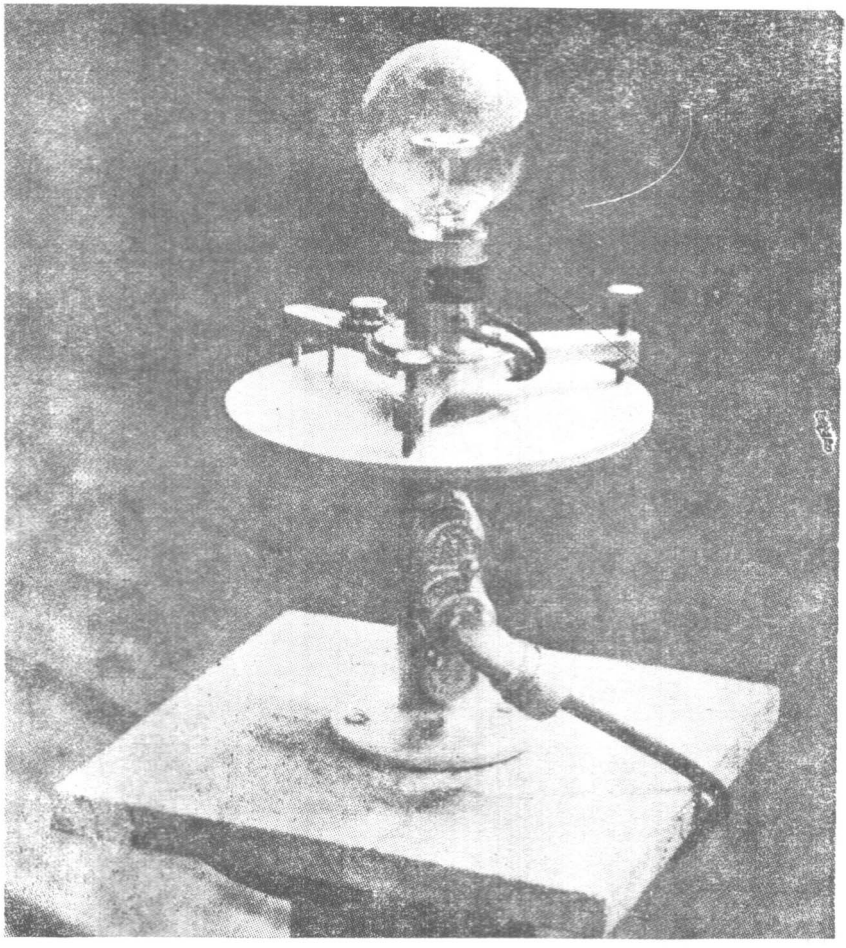
والغابات والمحيطات هى الأماكن التى اختارتها الطبيعة لامتصاص الزيادة الطارئة فى ثانى أكسيد الكربون . ويحاول العلماء فى مختلف أنحاء العالم الآن معرفة مدى الدور الذى تلعبه المحيطات فى هذا المجال . ولهذا

كانت المحيطات خلال السنة الجغرافية الدولية مجالاً هاماً من مجالات البحث لعلماء الأرصاد الجوية . .

وقد أثبتت نتائج السنة الجغرافية الدولية أن غاز ثانى أكسيد الكربون موزع توزيعاً منتظماً على مختلف أنحاء الكرة الأرضية . ولكن وجد فى مناطق معينة — كالمنطقة القطبية الشمالية مثلاً — أن تركيز الغاز يختلف اختلافاً بيناً ، وعلى عكس ذلك وجد العلماء أن توزيع الغاز فوق المناطق المختلفة فى المحيطات منتظم تماماً .

وقد توصل العلماء إلى حقيقة هامة جديدة وهى أن تغييراً خطيراً فى نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون فى الجو والماء يحدث عقب سقوط أمطار عاصفية غزيرة ووجد أن ثانى أكسيد الكربون فى الماء بعد ٢٤ ساعة من العاصفة الممطرة لم يعد إلى حالته العادية ولكن درجة تركيز الغاز فى الجو رجعت إلى مستواها السابق بعد ٦ ساعات . وقد كان انتظام توزيع نسبة ثانى أكسيد الكربون فى مختلف أنحاء العالم دليلاً قوياً على أن للجو دورة تشمل نصفى الكرة معاً .

ولا تقل أهمية غاز الأوزون وتأثيره فى الجو عن غاز ثانى أكسيد الكربون . وهذا الغاز نوع من الأوكسجين يتم تكوينه فى طبقات الجو العليا عن طريق امتصاص الغلاف الجوى للأشعة فوق البنفسجية . وفى حالة احتجاب ضوء الشمس يتحول الأوزون تدريجياً إلى أوكسجين عادى وتنتج عن تحوله هذا طاقة . وعمر الأوزون قصير نسبياً عند الارتفاعات التى تتراوح بين ٢٥ و٣٠ ميلاً فوق سطح الأرض ولكنه قد يبقى فترات تصل إلى عشر سنوات فى الطبقات الدنيا التى ترتفع نحو ١٢ ميلاً من سطح الأرض . ويعتبر العلماء غاز الأوزون كمخزن للطاقة فى طبقات الجو العليا



بايرهليومتر Pyrheliometer
لقياس كمية الاشعاع الشمسى والجوى . ويحوى
الجهاز آلة لنقل المعلومات الى محطة التسجيل

ويؤكدون أنه ربما كان له تأثير قوى على الدورة الهوائية . ويعمل هذا الغاز كحاجز غير مرئى يقى الإنسان من خطر التعرض للإشعاعات فوق البنفسجية العالية الخطيرة .

وقد ركزت أبحاث غاز الأوزون فى القارة القطبية الجنوبية بصورة خاصة ولما كان هذا الغاز لا يتكون بكمية مقبولة إلا فى وجود أشعة الشمس فوق البنفسجية فقد كانت فكرة العلماء أنه يختفى تماماً من المناطق القطبية الجنوبية خلال ليلها الطويل الذى يستمر ستة أشهر ولكنهم فوجئوا بعكس ذلك تماماً فقد وجدوا أن الغاز ترتفع نسبته إلى أقصى حد خلال هذا الليل الطويل .

ويعلل العلماء هذه الظاهرة الغريبة بأحد احتمالين . الأول أن الأوزون ربما كانت تحمله الدورة الهوائية من المناطق المشمسة فى الشمال إلى المناطق القطبية الجنوبية . والثانى هو أن هذا الغاز ربما يكون حدوثه خلال الشتاء القطبى بسبب النشاط الشفقى الذى يكون قوياً خلال ذلك الفصل . وقد استمرت الدراسات الجوية فى قارة القطب الجنوبى منذ انتهت السنة الجغرافية الدولية ، وقد يصل علماء الأرصاد الجوية فى وقت قريب إلى حل موثوق به لهذا اللغز .

وقد أوضحنا من قبل أن علماء السنة الجغرافية الدولية من المشتغلين بالدراسات الجوية كانوا مهتمين بصورة خاصة بدراسة الطبقات العليا من الغلاف الجوى مع تركيز البحث على منطقة الإستراتوسفير . ولقلة ما لدى العلماء عن هذه المنطقة كانوا مشغوفين بالوصول إلى مزيد حتى يمكنهم معرفة ما إذا كان هناك ترابط بين الأحوال فى هذه المنطقة والمنطقة التى تليها فتؤثر فى جوها . ورغم أن دراساتهم لم تنته بعد إلا أنهم وصلوا إلى نتائج هامة . . وقد استعانوا على دراسة هذه المنطقة ببالونات الأبحاث

الجوية بعد تحسينها لتتمكن من حمل أجهزة تسجيل ورصد حساسة ووحدات إذاعة إلى ارتفاع ١٠٠ ألف قدم بعد أن كان أقصى بعد تصله هو ٤٠ ألف قدم فقط — كذلك استعانوا بالصواريخ للوصول إلى الارتفاعات العالية عن سطح الأرض وجمع المعلومات من هذه المناطق البعيدة .

وقد تبين من نتائج الأبحاث التى أجريت فى طبقات الجو العليا بالمنطقة القطبية الجنوبية أن درجة حرارة الإستراتوسفير فوقها أبرد فى المتوسط بعشرين درجة منها فوق القطب الشمالى . وقد أخذت هذه القياسات أثناء شتاء القطب الجنوبى القارس البرد ، ولذا اتجه التفكير إلى أن الاختلاف قد يكون راجعاً إلى العواصف الهائلة من رياح الهريكين التى تصطدم بأطراف قارة القطب الجنوبى وتصعد هذه الرياح عمودياً إلى ارتفاع يتراوح من ٤٠ ألف قدم وأكثر من ١٠٠ ألف قدم ثم تندفع بسرعة تصل إلى ٢٠٠ ميل فى الساعة . هذه الرياح الدوارة الشديدة السرعة تعمل كعازل يمنع وصول الهواء الدافىء القادم من الشمال إلى منطقة الإستراتوسفير فوق القطب الجنوبى . أما فى المنطقة القطبية الشمالية فدورة الرياح العلوية أكثر مرونة وتسمح للهواء البارد والدافىء بالاختلاط .

وقد نالت السحب أيضاً اهتماماً من علماء الأرصاد الجوية أثناء السنة الجغرافية الدولية . فالسحب المحملة بالرطوبة تؤدى إلى التساقط على شكل ثلج أو مطر . وهى أيضاً تعمل كضابط للحرارة فى مناطق كثيرة من الأرض . وقد أدهش العلماء وهم يعملون فى القارة القطبية الجنوبية خلال شتائها الطويل المظلم أن يلاحظوا أن السحب — وهى عادة أدفأ من الثلج على سطح الأرض — عندما تمر على منطقة ما ترسل إلى السطح من النشاط ما يؤول إلى دفئه السريع كما لو كانت الشمس قد طلعت فجأة . وقد شملت أبحاث السنة الجغرافية الدولية كل شىء عن السحب من بدء تكون قطراتها إلى نشأة أعاصيرها .

وكان علماء الأرصاد يعتقدون أنهم قد عرفوا قبلاً كل شيء عن الطريقة التى تتكون بها قطرات الماء فى السحب وكيف تسقط السحب أمطاراً على الأرض ولكن الأبحاث التى قام بها العالمان الأمريكيان برنارد فوننجت وشارلز مور خلال السنة الجغرافية الدولية ستؤدى إلى أن يغير العلماء الكثير من نظرياتهم فى هذا الميدان . .

وتتكون السحب أساساً من عدد لانهائى من قطرات الماء التى تكثفت وهى كتل مرئية من الرطوبة معلقة فى الهواء . وقد تسقط هذه الكتل مياهها أحياناً فوق المناطق التى تمر بها وقد لا تسقطها أحياناً وتبتعد فى سلام . وكان اكتشاف النظام الميكانيكى الدقيق الذى يجعل الرياح تلقى أمطارها واحداً من أبحاث السنة الجغرافية الدولية .

وقبل أن يصل فوننجت ومور إلى نتائجهما كان الشائع بين العلماء أن السحب تسقط أمطارها لأنه قد دخلت فيها جزيئات دقيقة للغاية مبعثرة فى الهواء ، وعندما تدخل هذه الجزيئات فى سحابة يتكاثف حولها بخار الماء ليكون قطيرات دقيقة من الماء ثم تختلط القطيرات وتتحد وتصبح قطرات مطر أكبر حجماً . وحينما يصل حجم هذه القطرات إلى حجم معين تثقل وتسقط على الأرض على هيئة مطر .

واعتقد علماء الجو أن حدوث هذه العملية يؤدى إلى وجود مجال كهربى فى كتلة السحاب يلعب دوراً ثانوياً فى إحداث المطر . ويذكرون أن المجال الكهربى قد تكون بعد أن بدأت القطيرات تساقط مطراً . ومن هذه النقطة بالذات بدأ العالمان الأمريكيان فوننجت وزميله أبحاثهما التى توصلا منها إلى نظرية جديدة .

لقد أعلن الدكتور « فوننجت » أن المجال الكهربى يتكون فى السحابة

قبل بدء تساقط المطر وأنه لا يلعب دوراً ثانوياً فى سقوط المطر بل يلعب دوراً رئيسياً فى هذه العملية . إستطاع بمساعدة زميله شارلز مور أن يثبت نظريته الجديدة خلال أبحاث السنة الجغرافية الدولية . وقد استخدم الدكتور فونجت فى إثبات نظريته ألواناً متعددة من وسائل البحث من بينها الطائرة والرادار والموجات الصوتية اللاسلكية والبالونات التى حملت حتى العلماء أنفسهم داخل عواصف السحب الخطيرة . وقد أجريت دراسة واسعة للسحب فوق جبل ويلسن بولاية نيومكسيكو الأمريكية .

وقد أظهرت المعلومات التى جمعت أنه فى تكوين السحب الممطرة يحمل الهواء الرطب المشبع من الأرض إلى أعلى شحنات موجبة وتسوق هذه التيارات العنيفة الصاعدة الهواء الدافىء الموجب الشحنات إلى أعلى كتلة السحاب حيث يصبح عالى التركيز . وفى هذه المرحلة بالذات تجتذب الشحنات الموجبة شحنات سالبة من تيارات الهواء الأكثر برودة المتجهة إلى الأرض من أعلى السحاب . هذه العملية تتسبب فى أن يصبح السحاب مجالا كهربياً واحداً . ومع تصاعد الهواء الدافىء من الأرض يتسع المجال الكهربى وتزداد قوته ويؤدى بقطيرات الماء داخل السحاب إلى أن تتكهرب هى الأخرى . ولما كانت جزيئات المجال الكهربى المشحونة تجذب بعضها البعض فإن قطرات الماء تتجمع ويكبر حجمها وحينما يزداد الحجم إلى حد معين تسقط مطراً فوق الأرض .

وقد أدت أبحاث السنة الجغرافية فى ميدان الأرصاد الجوية إلى مزيد من المعلومات عن الجو ، وما زال البحث مستمراً على نفس المستوى التعاونى الدولى فما زال الكثير عن تكوين الجو ودورته لم يفسر بعد .

وفى المستقبل القريب — وكلما زادت معلوماتنا عن الجو — سنستطيع التنبؤ لفترات قصيرة وطويلة بحالة الجو . بل ربما استطاع الخبراء التحكم

فى الجو بدلاً من التنبؤ به فقط . وحينما نصل إلى هذه المرحلة يمكن أن نتوقع من العلماء أن يحولوا العواصف الثلجية بعيداً عن المناطق الآهلة بالسكان مثلاً . بل وربما استطاعوا تغيير خطوط سير العواصف الرعدية والأعاصير ، وتمكنوا من تفتيتها لإبعاد قواها المخربة عن المناطق المأهولة وسيتمكن العلماء من جلب المطر إلى المناطق التى تشكو الجفاف المخرب . ولقد سار العلماء بعيداً فى هذا الطريق بالفعل فقد بدأت تجارب تلقيح السحب الممطرة بمواد كيميائية لجعلها تلقى بأمطارها فى الموعد والمكان اللذين يحددهما العلماء .