وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الموصل

علم الطبقات

الدكتور
فاروق صنع اللّه العمري

الدكتور
رمزي خضر الناصر

2002م

شركة أبناء شريف الأنصاري
للطباعة والنشر والتوزيع
صيدا - بيروت - لبنان

• المكتبة العصرية
الخندق الغميق - ص.ب: ١١/٨٣٥٥
تلفاكس: ٦٥٥٠١٥ - ٦٣٢٦٧٣ - ٦٥٩٨٧٥ ١ ٠٠٩٦١
بيروت - لبنان

• الدار النموذجية
الخندق الغميق - ص.ب: ١١/٨٣٥٥
تلفاكس: ٦٥٥٠١٥ - ٦٣٢٦٧٣ - ٦٥٩٨٧٥ ١ ٠٠٩٦١
بيروت - لبنان

• المطبعة العصرية
بوليفار نزيه البزري - ص.ب: ٢٢١
تلفاكس: ٧٢٠٦٢٤ - ٧٢٩٢٥٩ - ٧٢٩٢٦١ ٧ ٠٠٩٦١
صيدا - لبنان

الطبعة الأولى
٢٠١١م - ١٤٣٢هـ

جميع حقوق هذه الطبعة محفوظة للناشر
حقوق التأليف والاعداد محفوظة لدار ابن الأثير/جامعة الموصل
لا يجوز نشر، أي جزء من هذا الكتاب، أو اختزان مادته بطريقة الاسترجاع، أو نقله على أي نحو، أو بأي طريقة، سواء كانت الكترونية، أو بالتصوير، أو التسجيل، أو خلاف ذلك، إلا بموافقة كتابية من الناشر مقدما.

alassrya@terra.net.lb
E. Mail alassrya@cyberia.net.lb
info@alassrya.com

موقعنا على الإنترنت
www.almaktaba-alassrya.com

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

توخينا في تأليف الكتاب أن تكون فصوله ومفرداته متطابقة مع المفردات المقررة لمادة الطبقية المقررة لطلبة المرحلة الثالثة في أقسام علوم الأرض في الجامعات العراقية.

ركزنا في كتابنا على المواضيع ذات الصلة المباشرة بعلم الطبقات ذلك العلم الذي يهتم بدراسة الصخور المتطبقة، لذا فإن موضوع الوحدات الطباقية والتتابعات الطباقية، الصخرية الحياتية، الزمنية... إلخ احتلت الحيز الأوفر من الكتاب.

وكان لا بد من التطرق إلى فروع أخرى من علوم الأرض ذات الصلة بعلم الطبقات بشكل أقل تفصيلاً، لا لعدم أهميتها بل لأنها تعود إلى مفردات دراسية تعطى بشكل مستقل ومفصل بحد ذاتها كالترسيبية مثلاً.

كما تطرقنا إلى مواضيع ذات علاقة بفروع أخرى في علم الأرض كالعمل الحقلي وحفر الآبار وسجلاتها الكهربائية وهو ما وجدناه أساسياً لتقريب مادة الطبقية من ذهن الطالب وسيتناولها الطالب بصورة تفصيلية في مقرراته الدراسية الأخرى.

اعتمدنا في تأليف الكتاب على المصادر المدونة في نهاية الكتاب إلا أن كتاب المؤلفين (Krumbein & Sloss, 1963) كان الأساس في وضع الهيكل العام لكتابنا الحالي.. واعتمدت النشريات التي صدرت من «اللجنة الفرعية العالمية للتسمية الطباقية» International Subcommission on Stratigraphic Nomenclature والتي تختصر إلى (ISSN) وهي ضرورية جداً للطلبة وللباحثين المهتمين بعلم الطبقات وهي لا توجد في أي كتاب عربي باستثناء كتابنا الحالي.. كذلك أوضحنا بعض المفاهيم الأساسية للتتابع الطباقي (Sequence Stratigraphy).

اقتبسنا عدداً من الأشكال الضرورية من مصادر متعددة ودوّنا في متن الكتاب المصطلحات الأجنبية التي وردت في تلك الأشكال وما يقابلها من مصطلح عربي

وخاصة أن بعض تلك الأشكال سيواجهها الطالب في حياته العلمية باللغة الأجنبية التي أبقيناها هنا ومثلها سجلات الآبار (Well logs) حيث لا توجد أجهزة تسجيل للآبار باللغة العربية.

نأمل أن نكون قد وفقنا في تقديم الكتاب كمقرر دراسي لأعزائنا الطلبة والباحثين.

ومن اللّه التوفيق

المؤلفان

2002م

الفصل الأول

الطباقية أو علم الطبقات (Stratigraphy)

هو ذلك الفرع من علوم الأرض الذي يهتم بدراسة الصخور المتطبقة (Stratified rocks). أي تلك التي تكون بشكل طبقات. وتدرس تلك الصخور من ناحية طريقة تكونها (بما فيها بيئة الترسيب) وتوزعها الجغرافي (الأفقي). والزمني (العمودي) وتعاقبها وعمرها ومضاهاتها الواحدة بالأخرى (Correlation) إضافة إلى تقسيمها إلى وحدات طباقية.

إن أصل العبارة (Stratigraphy) مكون من مقطعين: المقطع الأول من اللاتينية Stratum وتعني طبقة، والمقطع Graphia إغريقية وتعني الكتابة. وحين مجيء المقطع Graphia- مع كلمة تسبقها فإنها تعني «علم وصف» لذا فإن المعنى الحرفي لكلمة Stratigraphy هو: «الكتابة عن الطبقات» أو «علم وصف الطبقات» إلا أننا نجد أن من المفضل تعريبها إلى: علم الطبقات. لأن علم وصف الطبقات يمثل جزءاً من هذا العلم كما بينا في المقدمة عند تعريفنا لهذا العلم.

علاقة علم الطبقات بالعلوم الأخرى:

لما كانت أسس مبادىء هذا العلم تطبق على الصخور التي بشكل طبقات، فإن الصخور الرسوبية (Sedimentary rocks) هي المادة الأساسية لتطبيقات هذا العلم. ولكن من الممكن أن تستخدم مبادىء العلم وتطبيقاته على أي نوع آخر من الصخور من غير الصخور الرسوبية، كالصخور النارية (Igneous rocks) والصخور المتحولة (Metamorphic rocks). فبعض الصخور النارية كالغبار البركاني (Volcanic ash) مثلاً والصخور النارية المتدفقة على السطح (اللافا) (Lava flow). تكون بشكل طبقات.

إن بعض الصخور المتحولة أيضاً تبقى فيها الصفات الطباقية الأصلية واضحة نتيجة لاحتفاظها بالتطبق حتى بعد عملية التحول.

وبالرغم من وجود بعض الصخور النارية المتحولة بشكل طبقات، فإن الصخور الرسوبية تبقى هي المحور الأساسي لدراسة علم الطبقات. . . إن اعتماد

علم الطبقات على علم الترسيب (Sedimentation) يعد وثيقاً ومن طريقة الدراسة التي سنوضحها يتبين ذلك:

أولاً: إن دراسة الصخور الرسوبية يكون بدراسة الصفة الصخرية (Lithology). ثم المكونات الصخرية (Composition). ثم علاقة هذه المكونات الواحدة بالأخرى وهو ما نسميه دراسة النسيج (Texture) ثم دراسة تركيبها، ويطلق على هذه الدراسة اسم (Petrography). ومن ثم تحديد أسلوب (طريقة) وبيئة تكوينها.

ثانياً: دراسة طريقة نقل وترسيب تلك الصخور والأدلة على الفترة الزمنية التي تعرضت لها الصخور قبل النقل والعوامل التي قد أثرت أثناء وبعد عملية الترسيب.

ثالثاً: دراسة الطبقات الصخرية الناتجة من عملية الترسيب وما تحمله تلك الصخور من دلائل (فيزياوية وحياتية) على البيئة والعمر... ثم إجراء المضاهاة (Correlation) بين الصخور والمقاطع المتعددة لمعرفة مدى الترابط في الأحداث الجيولوجية.

فعمليات النقل والترسيب إضافة إلى تأثير العوامل الكيمياوية والحياتية تكون بالنهاية مادة علم الطبقات.. ونعني بها الصخور الرسوبية.

ويأتي علم المتحجرات (Paleontology) بعد علم الترسيب في أهميته لعلم الطبقات. فالمتحجرات (Fossils)[1] تعطي أدلة هامة للباحث في معرفة بيئة الترسيب والعمر النسبي للصخور.

فالسجل الطباقي هو بصورة رئيسية نتيجة لعمليات الترسيب لفترة جيولوجية طويلة وللأحياء التي كانت في تلك المنطقة. وفي دراسة علم الطبقات تظهر بشكل واضح أهمية فرضية «مبدأ الوتيرة الواحدة» (Uniformitarianism) المنسوبة إلى العالم الإنكليزي هتن (Hutton).

فنحن نستخدم كل ما يتيسر أمامنا في الوقت الحاضر من طرق متباينة في

(1) إن الكلمة «Fossil» مشتقة من الكلمة اللاتينية «Fossilis» وكانت قد استخدمت لتشير إلى كل ما يستخرج من باطن الأرض من صخور بما فيها الأحياء التي تحجرت أو المعادن... ثم انحصر مفهوم الكلمة للدلالة على الأحياء المتحجرة فقط... وقد استخدمت في الأقطار العربية عدة كلمات عربية مقابل كلمة «Fossil» منها أحفورة، مستحاثة، متحجر... وفي العراق فإن الكلمة الدارجة الاستعمال هي المتحجر رغم أن أحفورة هي أقرب إلى الكلمة اللاتينية الأصلية Fossilis.

الترسيب ودراسة الأحياء الحالية ونمط معيشتها وبيئتها، لنحلل الأحداث التي وقعت قبل ملايين السنين في منطقة ما تكون قيد البحث والدراسة لتقدير الأحداث الجيولوجية الماضية.

بالإضافة إلى ما ذكرناه عن أهمية الصخور الرسوبية لعلم الطبقات في تحليل الماضي الجيولوجي، فإن أهمية الصخور الرسوبية تكمن في أنها الصخور التي تحوي على نسبة عالية من مصادر الطاقة، كالنفط والفحم والمعادن (كالفوسفات والكبريت) إضافة إلى وجود خامات المعادن المهمة للطاقة النووية كاليورانيوم... وللصخور الرسوبية أهمية اقتصادية أخرى فمعظم مواد البناء إما أنها ذات أصل رسوبي أو أن صناعتها تعتمد على الصخور الرسوبية. كالحجر الجيري والحصى والرمل والإسمنت... كما أن الصخور الرسوبية ـ في العراق خاصة ـ هي المكمن (الخزان) الأساس للمياه الجوفية، تلك المياه التي تعتبر المصدر الوحيد للشرب والريّ لبعض المناطق النائية الخالية من أية مصادر أخرى للمياه.

ولو حاولنا أن نلخص ما يشتمل عليه علم الطبقات لقلنا أنه يضم جزئين رئيسيين من العلوم، الأول: يتعلق بدراسة الطبقات من الناحية الفيزياوية (Physical Stratigraphy) ويشتمل على دراسة المكونات الصخرية، والثاني: يتعلق بدراسة الجوانب الحياتية. (البايولوجية) للطبقات (Biostigrahy) وهو يشتمل على دراسة الجوانب العلمية المتعددة للأحياء القديمة نشأتها، تطورها، بيئتها وما خلفته من سجلات في الصخور بشكل متحجرات، وهي تفيد في الدراسة الطباقية.

نبذة تاريخية

إن النتائج العلمية المتقدمة بدأت بملاحظات وآراء أولية وتراكمت تلك الملاحظات العلمية شيئاً فشيئاً حتى كونت هذا الرصيد الهائل من المعرفة الإنسانية... وعلم الطبقات ـ كغيره من العلوم ـ بدأ شذرات علمية أو مبادىء أبداها الفلاسفة قبل أن يكون هناك علم يسمى بعلم الجيولوجيا، وسنستعرض بعض أهم تلك الملاحظات ذات العلاقة بعلم الترسيب وعلم الطبقات.

وسنبدأ بمراجعة المساهمات التاريخية بالبابليين والمصريين وننتهي بعصر النهضة.

البابليون (من حوالي 2700 إلى 538ق.م):

اعتبروا منشأ العالم (الأرض) من الماء فمن أول القصيدة البابلية المسماة «قصيدة الخلق» ننقل النص التالي[1]:

«في البدء قبل أن تسمى السماء وقبل أن يعرف للأرض اسم كان المحيط وكان البحر».

كما أوردت الأساطير المصرية نصاً يشير إلى أن الماء (المحيط) هو أصل العالم[2].

«في البدء كان المحيط المظلم أو الماء الأول حيث كان (أتون) الإله الأول صانع الآلهة والبشر والأشياء».

وورد في العهد القديم[3].

«في البدء خلق اللَّه السموات والأرض وكانت الأرض خاوية خالية وعلى وجه الغَمْر ظلام، وروح اللَّه يَرف على وجه المياه».

الإغريق

زينوفينس (Xenophanes of Colophon):

الذي عاش بحدود سنة 600 ق.م. لاحظ على المناطق الجبلية البعيدة جداً من البحار أصداف المحار وهي تماثل المحار الذي يعيش قرب ساحل البحر.. كما أشار بأن البحر كان قد غطى جزءاً من الأرض التي تكون جزيرة مالطة، واستنتج من ذلك أن الأرض تعرضت إلى التغطية بمياه البحر بشكل دوري.

زانثوس (Xenthus) وهيرودوتس (Herodotus):

رحالان عاشا قبل عام 400ق.م. مباشرة. وصفا أصداف مدفونة في صخور بعيدة عن البحر تماثل القواقع والمحار الحالية، واستنتجا أن البحر قد امتد مرة ليغطي المناطق التي وجدت بها الأصداف في الصخور وإن موقع ساحل البحر في تغير مستمر. كما أن هيرودوتس هو صاحب الفكرة بأن دلتا النيل الحالية كانت قبل فترة تحت سطح البحر وأنها امتلأت بالمترسبات من النيل.

(1) الدكتور محمد بيصار. الفلسفة اليونانية. ص 47.

(2) الدكتور محمد بيصار. الفلسفة اليونانية. ص 47.

(3) العهد القديم، سفر التكوين ـ الإصحاح الأول. ص 3.

كما أن هيرودوتس أبدى ملاحظته عن حقيقة كون تربة مصر الخصبة قد نتجت من الفيضانات المتعاقبة لنهر النيل.

أرسطو (Aristotle) (384 ـ 322ق.م):

استنتج من ملاحظاته ـ كما فعل الطبيعيون من قبله ـ للظواهر الطبيعية وأن العوامل الطبيعية واحدة وأن المواقع الحالية للأرض والبحر ليست دائمية (ثابتة) بل إن بعض الأراضي كانت مغطاة بالبحر في وقت من الأوقات.

إن أرسطو وأستاذه أفلاطون(Plato) لم يكونا معزولين في معابدهم العلمية، بل إن كليهما كان لهما اهتمامات تجارية أيضاً. فأفلاطون باع النفط في مصر، وأرسطو كان يقوم بما يمكن أن نسميه تجارة الأدوية.

الرومان

إن العديد من العلماء الطبيعيين الرومان تأثروا بالإغريق ومنهم: لوكريتيس (Lucretius) (98ـ 55ق.م) وبليني الجد (Pling the Elder) (23ـ 79م) ووصلوا إلى النتائج نفسها كما فعل أرسطو والمفكرين الإغريق الآخرين حول المواقع السابقة للأرض والبحر والتغير بينهما وكذلك تأثير العوامل الطبيعية بصورة عامة ووحدة هذه العوامل لفترة طويلة.

العصور المظلمة والوسطى

العصور المظلمة هي الفترة التي امتدت منذ سقوط الامبراطورية الرومانية حوالي 500م وحتى عام 1100م... والعصور الوسطى هي الفترة التي امتدت من 1100م وحتى عام 1250م.

لا توجد ملاحظات جيولوجية خلال هذه الفترة ذات علاقة بعلم الطبقات، ومعظم الآراء التي كانت سائدة يشوبها الكثير من الخيال وتتسم بطابع غير علمي..

العرب والمسلمون

خلال الفترة التي كانت فيها أوروبا تعيش تحت تأثير الجهل والتخلف في العصور المظلمة والوسطى... كانت الحضارة العربية والإسلامية في أوج تقدمها. وهناك العديد ممن لهم مساهمات في مختلف جوانب المعرفة والعلوم، وسوف نتطرق إلى من لهم مساهمات في علم الطبقات.

ابن سينا: (Avicenna)

هو (أبو علي) الحسين بن عبد اللّه بن الحسين بن علي بن سينا وسمي في الكتب الأجنبية (Avicenna) والده من بلخ ـ كانت القصبة السياسية لولاية خراسان.

ولد ابن سينا عام 950 (أو 980)م[1] في قرية خرمثين في بخارى (لاحظ الشكل 1) وتوفي عام 1036م (أو 1037م).

اشتهر بالطب، ألف فيه كتاباً اسمه (القانون) الذي يعد عمدة الأطباء وقد طبع باللاتينية ست عشرة مرة في الثلث الأخير من القرن الخامس عشر، وعشرين مرة في القرن السادس عشر. وهذا الكتاب هو أحد الكتب السبعة عشر التي ألفها ابن سينا في الطب.

بلغ مجموع ما ألفه من كتب أكثر من 160 كتاباً، وإضافة إلى الطب فقد كتب في الفلسفة والقانون والجغرافيا والجيولوجيا ونظم الشعر.

وردت آراء ابن سينا في الجيولوجيا في الفصل الخامس من كتابه «الشفاء» تحت باب «المعادن والآثار العلوية» (لاحظ الجدول رقم 1) ولن نتطرق في كتابنا هذا إلى آراء ابن سينا في مختلف المواضيع الجيولوجية التي وردت في كتاباته، بل سنحصر تعليقاتنا على ما كتبه في مواضيع ذات علاقة بعلم الطبقات.

يقول ابن سينا[2]:

«يجوز أن ينكشف البر عن البحر وكل بعد طبقة. وقد يرى بعض الجبال كأنه منضود سافا فسافا. فيشبه أن يكون ذلك قد كانت طينتها في وقت ما كذلك سافاً فسافاً، بأن كان ساف ارتكم أولاً.

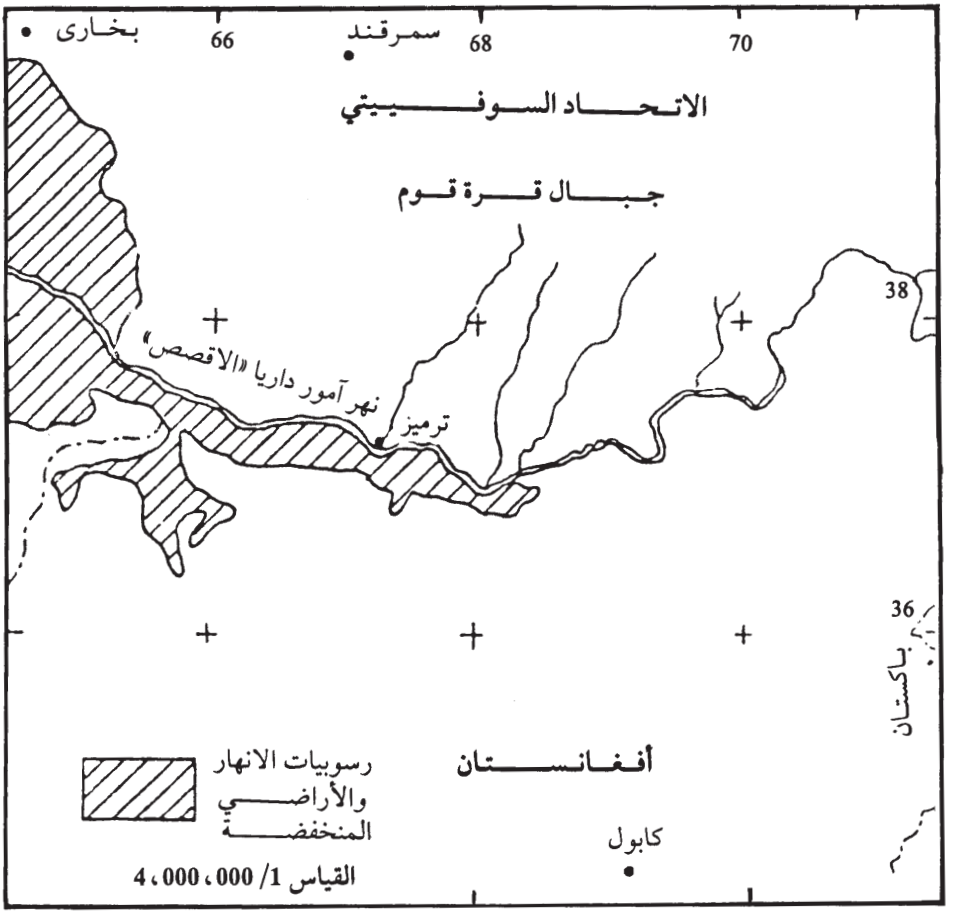
ثم حدث بعده في مدة أخرى ساف آخر فارتكم. وكان قد سال على كل ساف جسم من خلاف جوهره فصار حائلاً بينه وبين الساف الآخر. فلما تحجرت المادة عرض للحائل أن انشق وانتشر عما بين السافين. وأن حائلاً من أرض البحر قد تكون طينته رسوبية، وقد تكون طينته قديمة ليست رسوبية، ويشبه أن يكون ما يعرض له انفصال الإرهاص[3] من الجبال رسوبياً[4].

(1) إن تاريخ ولادة ابن سينا ووفاته غير متفق عليه.

(2) علي علي السكري 1973م. العرب وعلوم الأرض، ص 19.

(3) إذا كانت من راهصة فهي الحجارة أو الصخرة وإذا كانت من الرهص فهو الطين.

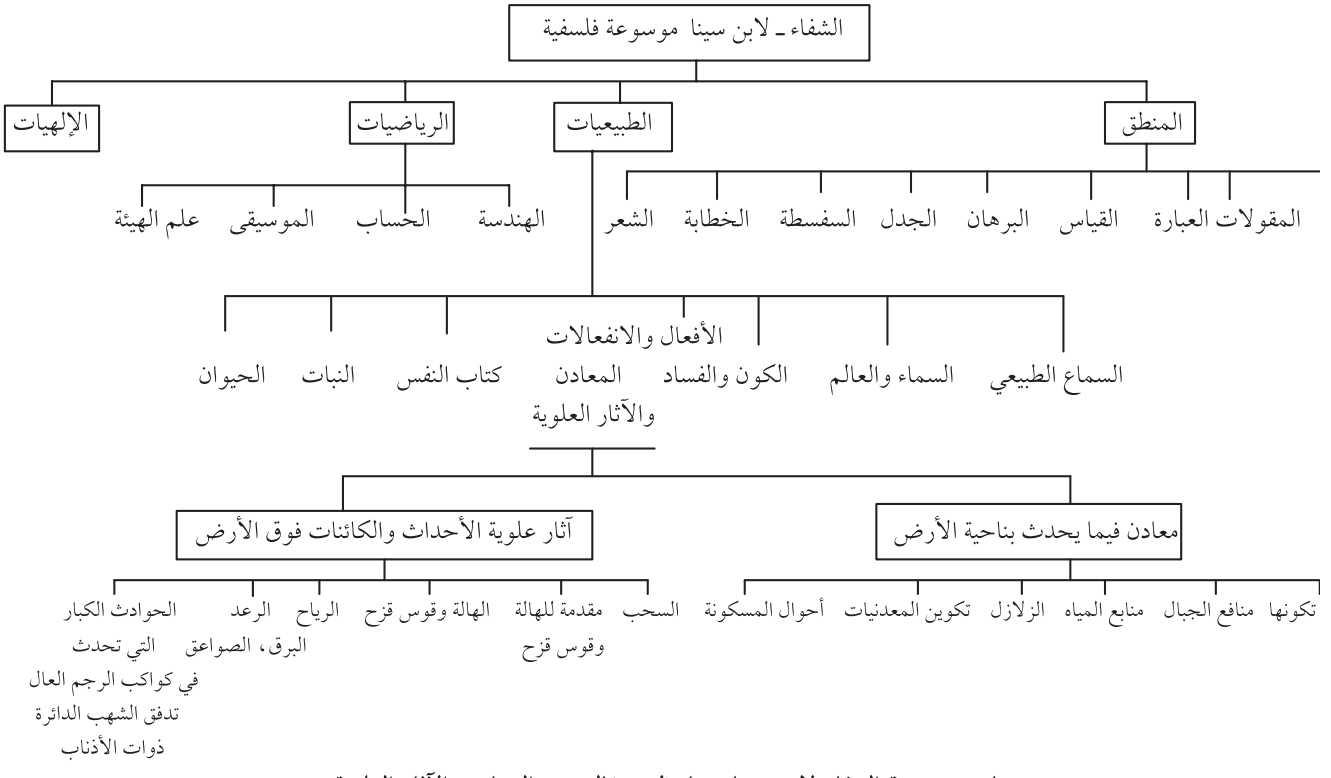
(4) الدكتور علي علي السكري. العرب وعلوم الأرض. ص 19 ـ ص 20.



شكل (1 ـ 1) خريطة توضيحية لموقع بخاري
أو نهر أمور داريا (الأقصص) أو نهر جيحون سابقاً. الذي يجري بسلاسل الجبال في شمال أفغانستان وجنوب الاتحاد السوفياتي. المصدر. منعم مفلح الراوي)(*)

(*) منعم مفلح الراوي، المعادن والآثار العلوية لابن سينا وعلاقتها بأسس الجيولوجيا الحديثة. بحث قدم إلى الندوة العالمية لتاريخ العلوم عند العرب المنعقدة في جامعة حلب بين 5ـ 12 نيسان/ 1979م. ص 14.

جدول رقم (1 ـ 1) محتويات موسوعة الشفاء لابن سينا (المصدر د. علي السكري)



محتويات موسوعة الشفاء لابن سينا وبها تظهر مقالته عن المعادن والآثار العلوية

البيروني: هو محمد بن أحمد البيروني الخوارزمي ولد في خوارزم سنة 362هـ وتوفي في غزنة سنة 440هـ (1048م).

درس البيروني الرياضيات والطب والفلك والتاريخ وكانت له علاقة علمية مع ابن سينا عن طريق المراسلات وله مؤلفات كثيرة في مختلف العلوم وله مؤلف مشهور بعلم المعادن هو كتاب «الجماهر في الجواهر» وسمي أحياناً «الجماهر في معرفة الجواهر» وقد استخدم المنهج التجريبي في دراسة المعادن فقد أوجد الوزن النوعي لثمانية عشر حجراً وفلزاً والنتائج التي حصل عليها في حينه مقاربة جداً وأحياناً مطابقة للقيم الصحيحة للأوزان النوعية لهذه المعادن والتي حسبت بواسطة أجهزة حساسة ودقيقة في الوقت الحاضر.

(لاحظ الجدولين 1 ـ 2، 1 ـ 3).

جدول (1 ـ 2) قيم البيروني
للوزن النوعي لبعض المعادن مقارنة بالقيم الحالية

قيم البيروني للثقل النوعي			
المعدن	منسوبة إلى الذهب على أساس الوزن النوعي للذهب = 100	منسوبة إلى الماء على أساس الوزن النوعي للماء = 1	القيم الصحيحة للثقل النوعي منسوبة إلى الماء
الذهب	100	19	19,3 ـ 19,258
الزئبق	71	13,49	13,557
الرصاص	60,125	11,437	11,445 ـ 11,389
الفضة	54,625	10,377	10,474 ـ 10,428
الصفر	46,625	8,859	8,92 ـ 8,60
توتياء النحاس	44,875	8,526	
الحديد	41,72	7,92	7,79 ـ 7,6
القصدير	37,63	7,15	7,291

جدول (1 ـ 3) قيم البيروني لبعض الأحجار الكريمة وأحجار أخرى مقارنة بالقيم الحالية

قيم البيروني للثقل النوعي			
أنواع الحجر الكريم	منسوبة إلى الياقوت على أساس الوزن النوعي للياقوت = 100	منسوبة إلى الماء على أساس الوزن النوعي للماء = 1	القيم الصحيحة للثقل النوعي منسوبة إلى الماء
الياقوت الأحمر	97,125	4,01	4,4 ـ 3,99
	90,458	3,73	
الزمرد أو الزبرجد	69,5	2,86	2,687 ـ 2,175
الياقوت الأزرق (لازورد)	67,81	2,8	حوالي 3
اللؤلؤ	65,58	2,7	2,65 ـ 2,684
المرجان أو العقيق	64,75	2,67	2,5 ـ 2,7
المرجان اللامع	64,54	2,66	2,6
زجاج سوريا	63,125	2,6	للزجاج عموماً
	62,79	2,59	3,45 ـ 2,5
البلور الصخري أو الصوان الشفاف المبلور (الكوارتز)	62,6	2,58	2,58

وللبيروني كتاباً بعنوان «كتاب الهند» تطرق فيه إلى سهل بلاد السند وأشار إلى أنه كان حوضاً بحرياً قديماً ترسبت فيه المواد من البحر وتحول بالنهاية إلى سهل . . .

كما تطرق إلى توزيع اليابسة والمياه والعلاقة بينهما فقال:

«لا ينتقل البحر إلى البر والبر إلى البحر في أزمنة إن كانت قبل كون الناس في العالم فغير معلومة وإن كانت بعده فغير محفوظة، لأن الأخبار تنقطع إذا طال عليها الأمد وخاصة في الأشياء الكائنة جزءاً بعد جزء بحيث لا تفطن لها إلا الخواص. فهذه بادية العرب وقد كانت بحراً فانكبس حتى إن آثار ذلك ظاهرة عند حفر الآبار والحياض بها فإنها تبدي أطباقاً من تراب ورمال ورضراض ثم فيها من الخزف والزجاج والعظام ما يمتنع أن يحمل على دفن قاصر إياها هناك، بل يخرج منها أحجار إذا كسرت كانت مشتملة على أصداف وودع وما يسمى آذان السمك إمّا باقية على حالها وإما بالية قد تلاشت وبقي مكانها خلاءً متشكلاً بشكلها».

والبيروني في نصه السابق يعد أول من أشار إلى واحدة من طرق تكون آثار الأحافير في الصخور وهو ما سمي بعد ذلك من قبل علماء المتحجرات باسم القالب (Mold) وما ذكره عن طريقة تكونها بقوله... وإما بالية قد تلاشت وبقي مكانها خلاءً متشكلاً بشكلها تعد توضيحاً علمياً صحيحاً لأول مرة في تاريخ علوم الأرض... إضافة إلى ذلك فقد أبدى ملاحظة علمية صحيحة عن تكون الرواسب طبقة فوق أخرى.

في حين استمر الفلاسفة في أوروبا في القرون الوسطى يعتقدون أن وجود المتحجرات وآثارها في الصخور هي إما من عمل الشيطان أو أحد المظاهر الخارقة للطبيعة والتي صعب عليهم تفسيرها.

عصر النهضة

تباينت الفترات التي حددت انتهاء العصور الوسطى عند المؤرخين، فالبعض اعتبر الفترة التي انعقد فيها برلمان الإصلاح في إنكلترا عام 1529م وآخرون اعتبروا عام 1543م تمثل نهاية العصور الوسطى وذلك بظهور إنجازين علميين كبيرين هما: عمل فيزاليوس وكوبرينكوس[1] كما يمكن أن يعتبر بدء شروق العلوم الجيولوجية الحديثة في أوروبا بنشر عمل أكريكولا (Agricola)[2] المعنون «De Nature Fossilium» في عام 1546م ويعتبر مؤسس علم المعادن.

بدأ ازدهار الآداب والفنون في أوروبا قبل ازدهار العلوم، وفي عام 1450م تم اختراع الطباعة التي ساعدت على نشر المعرفة... وقد اعتبر أول بعث للعلوم بظهور دانتي (Danty) وفرانسيس (Francis of Hisis) وروجر بيكون (Roger bacon) والبرتس ماجنس (Albertus Magnus) وماركو بولو.

ومن الذين برزوا بعد تلك الفترة هو ليوناردو دافنشي (Leonardo davinci) (1452م ـ 1519م).

لقد تطورت الملاحظات والتجارب العلمية حتى جاء اختراع المجهر (الميكرسكوب) الذي أوضح التفصيلات التركيبية الدقيقة للمادة، ومن بعده مجهر الماسح الإلكتروني (Scanning Electron Microscope) ذو القوة التكبيرية

(1) كوبرنيكوس (Copernicus) (1473م ـ 1543م) اشتهر بنظريته القائلة: إن الشمس مركز الكون وليست الأرض.

(2) اسمه الأصلي جورج باور (George Bauer) (1494م ـ 1555م).

الهائلة. . . كما تعددت اتجاهات البحث من سطح الأرض إلى باطن الأرض وأعماق البحار وقيعانها. . . وأخيراً مرحلة اختراق الفضاء الخارجي بواسطة الصواريخ والأقمار الصناعية ورحلات الإنسان فيها. . . وسنتطرق في هذا الفصل إلى مساهمات العلماء في المجالات التالية:

علاقة الأرض بالمياه وترسب الصخور ثم مساهمات أبرز العلماء في علم المتحجرات لعلاقة هذا الموضوع بالوحدات الطباقية الحياتية.

ثم نستعرض بشيء من التفصيل المراحل التي مرت بتنظيم العمود الطباقي الجيولوجي.

ليوناردو دافنشي (Leonardo davinci) (1452 ـ 1519م):

كان دافنشي ذا عبقرية متعددة الجوانب وأبرز ما اتسمت به عبقريته فن الرسم، النحت. . . إلا أنه اهتم أيضاً بملاحظة العوامل الطبيعية والعلاقات بينها واستخدام هذه الملاحظات لكي يحلل معاني الظواهر ذات العلاقة بالحوادث الماضية، فقد ذكر على سبيل المثال أن الأصداف البحرية التي تلاحظ في الصخور في جبال الأبنين (Apennines) في إيطاليا تعود إلى حيوانات عاشت في البحر الذي غطى مرة تلك المناطق. . . كما ذكر أن أطيان النهر من أراضي الألب قد نقلت إلى البحر وملأت أصداف الحيوانات البحرية. وقد حفظت الأصداف حينما تصلب الطين إلى صخر. . . ولاحظ أن الأنهار تعري وديانها وترسب الطين الدقيق في مصباتها وأن الحيوانات والنباتات تطمر في الأطيان، وقد فسر طريقة تصلب (تحجر) أصداف الحيوانات كما تتصلب الأطيان وتتحول إلى صخر، وبيّن أن المناطق الجديدة ترتفع بعد ذلك فوق سطح البحر لتصبح أرضاً.

خلال حياة دافنشي والفترة التي أعقبتها مباشرة، كان هناك فكرتان متعارضتان حول تاريخ الأرض. الأولى كانت من سفر التكوين (كتاب النشوء) (Book of Genesis) الذي أعطى الصورة الكاملة لتكوين الأرض قبل عدة آلاف من السنوات خلال فترة الخليقة وكارثة واحدة فقط هي التي أحدثت أي تغير على الأرض وذلك هو «طوفان نوح عليه السلام» وبعد ذلك فإن الأرض كانت في حالة ثبات، وحسب هذه الفكرة فإن أي تغير في موقع البحر كانت له علاقة بهذا الفيضان. . . ومقابل ذلك كانت هناك الفكرة السائدة في كتابات الإغريق والرومان بأن التغيرات تحدث على سطح الأرض باستمرار. . . وقد أحيا دافنشي الفكرة الأخيرة بملاحظاته حول

ترسب الأطيان من قبل الأنهار والاستنتاج بأن الأطيان تتصلب إلى صخور ثم ترتفع لتصبح اليابسة.

ومع ذلك الاختلاف في وجهات النظر حول التغيرات على سطح الأرض أو ثبات سطح الأرض فقد اشتد خلاف آخر، ذلك هو الخلاف حول طبيعة البقايا التي وجدت في المناطق اليابسة من الأرض والجبال التي تشبه بشكل كبير أصداف الحيوانات التي تعيش قرب ساحل البحر... لقد كان التشابه بينهما واضحاً جداً وكان السؤال كيف وصلت تلك الأصداف إلى المناطق البعيدة من البحر؟

وهذه النقطة كانت ذات أهمية فللكثيرين يظهر أن هذه الأصداف قد تكونت خلال فترة خلق العالم أو أنها انتقلت هناك خلال «الطوفان» ولا يوجد هناك إجابات أخرى لمعظم الناس، لأن التعاليم من «سفر التكوين» قد شدتهم بقوة. أما بالنسبة لأولئك الذين يحملون بعض الشك في ذلك فكان أمامهم مثال هو «جيوردانو برونو» (Giordano Bruno) الذي أحرق على وتد في روما عام 1600م وذلك لقوله بأنه لم يكن هناك طوفان أبداً، وإن مواقع الأرض والبحر قد تغيرت عدة مرات.

ومثال آخر برنارد باليسي (Bernard Palissy) الذي أثار حنق رجال الدين وقد هوجم بقوة واعتبر خارجاً على العقيدة الدينية وذلك لقوله بأن المتحجرات كانت بقايا لحيونات ونباتات كانت حية في فترة من الزمن.

وشيئاً فشيئاً ولفترة وصلت إلى قرنين فإن فكرة كون المتحجرات هي بقايا لأحياء كانت تعيش فترة داخل البحر هي التي سادت وقبلت..

وفي السنوات التي أعقبت ملاحظات دافنشي بدأ عدد من الطبيعيين بدراسة العوامل الطبيعية وتأثيرها على قشرة الأرض. بينهم توماس برنت(Thomas Burnet) وروبرت هوك (Robert Hooke)... كتابات برنت في عام 1860م أشارت إلى أنه بمرور الزمن فإن جميع الجبال على سطح الأرض ممكن أن تغسل (تتعرى) إلى البحر بسبب العوامل الطبيعية اليومية من تساقط المطر وجريانه وتعرية الرياح.

نيكولاس ستينو (Nicholaus Steno):

إن اسمه المشهور به هو الاسم اللاتيني ستينو (Steno) واسمه الأصلي هو نيلس ستينسن (Niels Steensen).

درس صخور توسكانيا (Tuscany) في شمال إيطاليا ولخص ملاحظاته الجيولوجية واستنتاجاته في عام 1669م وهذه الدراسات قادته إلى استنتاج مبدأ

التعلي أو التعاقب «Superposition» الذي ينص: في أي تعاقب للطبقات الصخرية الأفقية حسب هذا المبدأ فإن الطبقات الأقدم في الأسفل والأحدث في الأعلى.

كما تنسب إلى ستينو القاعدة الأساسية الثابتة وهي مبدأ الترسب الأولي الأفقي الذي يعني أن الطبقات الرسوبية تترسب عادة بوضع أفقي تقريباً. لذا فإننا إذا لاحظنا صخوراً مائلة أو مطوية بدرجة كبيرة فيعني ذلك أنها تأثرت بحركة أو حركات أرضية بعد ترسبها.

روبرت هوك (Robert Hooke) 1635م ـ 1703م:

اهتم بالكيمياء والفيزياء وهو أحد الجيولوجيين المشهورين في القرن السابع عشر وكان معاصراً لستينو وكتابه المعنون «Discourse of Earthquakes» يحوي آراء جديدة ومنها: إمكانية استعمال المتحجرات كوسيلة لتقدير الزمن. وأشار إلى انقراض الأنواع وأن التغير والتقدم بسبب تغير الظروف وتغيرات البيئة يمكن استنتاجها من المتحجرات.

وقد تطرق هوك إلى العوامل الطبيعية كتأثير الأنهار وترسباتها في البحر وأمواج البحر التي تضرب الساحل، والريح التي تعمل على تعرية الصخور وما تؤديه هذه العوامل جميعها من نحت في سطح الأرض... كما استمر بالقول: إن أقوى العوامل تأثيراً في تغيير سطح الأرض هي الهزات الأرضية والثورات البركانية، إن فعل البراكين قد يحول بعض المناطق التي كانت مرة سهلاً إلى جبال كما أن الهزات الأرضية قد تؤدي إلى ارتفاع أجزاء من الأرض واختفاء أجزاء أخرى... وأوضح أن أية منطقة تختفي بهذه الطريقة فإن الأحياء التي تعيش فوقها تختفي أيضاً... فبعض الحيوانات تتحطم خلال هذه التغييرات واعتقد بأن حيوانات أخرى تظهر نتيجة لذلك. ولأنه اعتبر الانقراضات والظهور للأحياء عملية قد وقعت فقد تستخدم أشكال المتحجرات لتعيين الأعمار السالفة... لقد كان هوك من أقوى المدافعين عن الفكرة التي تقول: إن المتحجرات في الصخور هي بقايا أحياء كانت تعيش في الماضي.

وبعد ما يقرب من قرن بعد هوك حاول عالم الطبيعة الفرنسي جورج لويس لكليرك (Georges Louis Leclerc) ولقبه كونت بافون (Conte de Buffon) في كتابه «التاريخ الطبيعي» الذي ظهر أول مجلد منه عام 1749م أن يشرح كون الأرض عبارة عن نظام من المادة في حركة مستمرة، وأشار إلى أنه بالإمكان أن تحكم على المستقبل (مستقبل سطح الأرض) بما يوجد حالياً ويجب أن لا تتأثر بالعوامل التي

تحدث نادراً بشكل مفاجىء وعنيف، فهذه الأسباب ليس لها محل في المجرى الطبيعي للأرض ولكن العمليات تتكرر بشكل منتظم والحركات تعاقب إحداها الأخرى بدون انقطاع. . . لذا فقد أكد أن الأحداث اليومية وليست الكوارث هي المسبب الرئيسي للمظاهر على سطح الأرض. وبفون (Buffon) كان قريباً من أفكار هتن بالنسبة إلى الوتيرة الواحدة (Uniformitarianism) جين جيتارد (Jean Guettard) في أواسط القرن الثامن عشر ونيكولاس ديسمارست (Nicolas Desmarest) بعده مباشرة أشار إلى أن بقايا البراكين التي كانت فعالة مرة من المرات توجد حالياً في إحدى المقاطع الفرنسية. . . كما أن ديسمارست أشار إلى أن الصخور البركانية في أوروبا قد تكونت في أوقات مختلفة وبطرق مختلفة. . . وأكد على أن عوامل الطبيعة قد فعلت في الماضي بنفس الطريقة التي تعمل بها الآن.

وفي الفترة الأخيرة من القرن الثامن عشر تجمعت كمية من الملاحظات العلمية وخلاصاتها تشير إلى وحدة وتيرة عمل العوامل الطبيعية خلال الزمن. . . ورغم ذلك فحتى تلك الفترة ارتبطت معظم الخلاصات (الاستنتاجات) بالعقيدة الدينية بطريقة أو أخرى.

في هذه الفترة ظهرت عدة جمعيات علمية في إنكلترا، أولاها في لندن، وقدم جيمس هتن(James Hutton) في عام 1785م فكرته وهي أن القوانين الطبيعية الماضية يمكن استنتاجها من دراسة العوامل الحالية وإن فهم عمليات الطبيعة الماضية قد تتم من ملاحظات العوامل الطبيعية الحالية.

ويشير الجيولوجيان كرومباين وسلوس في كتابهما «علم الطبقات والترسيب» «Stratigraphy & Sedimentation» إلى أن من أسباب التأخر العلمي في تلك الفترة هو أن المناقشات المحدودة والمحصورة في سفر التكوين فتحت ذلك التأثير فقد حصر عمر الأرض بفترة لم تتجاوز عدة آلاف من السنين (4004 سنوات قبل الميلاد) وجميع الرسوبيات اعتبرت نتيجة لطوفان نوح عليه السلام (Biblical flood). كما اختلفت الآراء حول المتحجرات، فالبعض اعتبرها مخلوقات طمرها الفيضان وآخرون اعتبروها أحد أفعال الشيطان لحرف الإنسان وغيرها من التفسيرات، إلا أنه يجب أن لا يغيب عن أذهاننا أنه كانت هناك بعض الآراء العلمية الصحيحة قبل أواسط القرن الثامن عشر، ففي بداية النصف الثاني للقرن السابع عشر كانت ملاحظات ستينو في إيطاليا وهوك في إنكلترا عن المتحجرات علمية وصحيحة. . إلا أن الظروف العامة التي كانت تسود أثرت على إمكانية استمرار تلك الجهود العلمية وتقدمها.

تنظيم العمود الطباقي (Stratigraphic Column):

توصل كل من ستينو (Steno) في إيطاليا وهوك (Hooke) في إنكلترا منذ بداية النصف الثاني من القرن السابع عشر إلى نتائج علمية صحيحة حول أهمية التعاقب الزمني للصخور وأصل المتحجرات، إلا أن السمة البارزة في الدراسات الجيولوجية في تلك الفترة كانت البحث عن المعادن... واستمرت الاهتمامات في البحث عن الفحم والمعادن الأخرى ووصلت مرحلة جديدة في النصف الثاني من القرن الثامن عشر بوضع أسس لعمليات التحري والتنقيب مما أدى إلى تنظيم صخور المقالع والمناجم ووضعها بشكل طباقي.. وبعض تلك الأعمال كانت علمية وجدية نسبياً وخاصة خلال الفترة من عام 1760م وإلى 1770م.

يوهان ليمان (Johann Gottlob Lehman):

كان مهندساً للمناجم ويعتبر أحد علماء المعادن في تلك الفترة.. وخلال عمله في جبال هارز (Harz) في ألمانيا شخّص ثلاثة أنواع من الجبال:

1 ـ أقدم الجبال ذات صخور صلبة وتركيب معقد.

2 ـ الجبال المنبسطة متكونة من ترسبات منبسطة متعاقبة الواحدة بعد الأخرى وقد تكونت من الماء، وتحوي على متحجرات الحيوانات والنباتات.

3 ـ الجبال التي تتكون بين فترة وأخرى بتأثير أحداث موضعية.

ثم اهتم ليمان بتعاقب الصخور في النوع الثاني من الجبال وهي الجبال المنبسطة ونشر في عام 1756م تقسيماً لصخور القشرة الأرضية وقد احتوى ذلك التقسيم على ثلاثة مجاميع للصخور.

1 ـ الصخور البدائية أو الأولية[1] (Primitive, Primary) وهي صخور متبلورة خالية من المتحجرات وأعتقد أن منشأها كيمياوي وأنها تكونت قبل نشوء الحياة على الأرض وأعتبرها أقدم الصخور.

2 ـ الصخور الثانوية(Secondary)[2] وهي متكونة من طبقات وتحوي على متحجرات كما تحوي على أجزاء متعرية من صخور أخرى.

3 ـ الفيضية(Alluvial) وهي الأتربة والحصى الغير المتماسك.

إن التعاقب أعلاه قد يكون صحيحاً في بعض المناطق إلا أنه لا يمثل

(1) إن أصل الكلمة Primary من اللاتينية Primarius وتعني أول.. الأول في النظام أو الزمن.

(2) كلمة Secondary من اللاتينية Secundarius تعني الثاني أو ما يلي الأول.

بالضرورة التعاقب الطباقي في جميع أنحاء العالم، فقد تكون بعض الصخور المتبلورة (النارية) أحدث من الصخور الثانوية التي تحوي على متحجرات.

جيوفاني أردينو (Giovanni Arduino) ـ 1759م:

كان أستاذاً في الجامعة ومديراً لمناجم أحد الأقاليم في إيطاليا... قام بدراسة منطقة الألب الجنوبية في إيطاليا (منطقة الأبنين Apennines) وسهول إيطاليا... وقد شخَّص أربعة تقسيمات للقشرة الأرضية تتعاقب الواحدة منها بعد الأخرى وهذه التقسيمات هي:

1 ـ لب الجبال متكون من صخور متبلورة، نارية ومتحولة وسماها بدائية (Primitive) أو أولى (Primary).

2 ـ سفوح الجبال ذات الطيات الكبيرة والقوية وهي متكونة من حجر جيري ورخام وسميت ثانية (Secondary).

3 ـ المناطق السفلى من التلال (Foot hills) المتكونة من حصى ورمال ومارل وتراب بركاني...

4 ـ المواد الفيضية فوق السطح (Alluvial).

أطلق على ترسبات المناطق السفلى من التلال عبارة ثالثة (ترشري) (Tertiary)[1]... ثم تعمم استخدام عبارة ترشري بعد أردينو على جميع مناطق أوروبا وأمريكا والتي تماثل ترسباتها المناطق السفلى من التلال.

ومن المعلوم الآن أن النوع الثالث (الترشري) هو التقسيم الأسفل (الأدنى) من تقسيمات الدهر الحديث (Cenozoic Era)، والتقسيم الآخر الذي يليه (أحدث منه) من تقسيمات الدهر الحديث هو الرابع (كواترنري) (Quaternary)[2] وقد أضيفت من قبل العالم الفرنسي ديشوير (J. Deshoyer) في عام 1829م لتشمل ترسبات الثلاجات والأنهار.

استمر استخدام عبارتي أولى (Primary) وثانية (Secondary) حتى عام 1900م حيث استبدلت الأولى بعبارة «بليوزوي» (Paleozoic) والثانية بعبارة «ميسوزويك» (Mesozoic)... ولكن استخدام عبارتي ثالثة (ترشري) ورابعة (كواترنري) ما زال مستخدماً إلى الآن.

---

(1) عبارة Tertiary من الكلمة اللاتينية Tertiarius وتعني الثالث.

(2) عبارة Quaternary من الكلمة اللاتينية Quarternarius وتعني الرابع أو متكون من أربعة.

جورج فوكسل (George C.Fuchsel) ـ 1762م:

حدد على خريطة ثمان سلاسل (Series) من الطبقات فوق صخور متبلورة لجبال الهارز (Harz) وغابات تورنجن (Thuringian) في منطقة الأبنين ووصف كل مجموعة من الطبقات من ناحية مكوناتها الصخرية ومتحجراتها ونسبها إلى جزء محدد من الزمن الجيولوجي.

أبراهام فرنر (Abraham Gottlob Werner):

ولد عام 1749م وتوفي عام 1817م.. كان أستاذاً لعلم المعادن في معهد التعدين في فرايبورج (Freiburg). لقد نشر القليل من آرائه العلمية ولكنه كان ذا موهبة في قابلية إقناع الآخرين بآرائه وفي التأثير على طلابه وقد تمكن من تحويل معهد فرايبورج من معهد إقليمي إلى أحد المدارس المهمة في علم المعادن والتعدين في أوروبا.

وقد كان لمحاضراته الممتازة تأثير على الأفكار الجيولوجية وخاصة خلال الربع الأخير من القرن الثامن عشر وأوائل القرن التاسع عشر.

وقد كان أشهر شخصية مؤثرة في التاريخ الجيولوجي في تلك الفترة... وكان يميل إلى التزمت المبدئي وعدم قبول الآراء المخالفة له، وقد كانت آراؤه حول نشوء الصخور سبباً في حصول انقسام بين الجيولوجيين إلى مؤيدين لآرائه ومعارضين له.

فرضية فرنر ـ الفرضية المائية:

سميت فرضية فرنر «بالفرضية النبتونية» «المائية» أو «البحرية» (Neptunism hypothesis) نسبة إلى نبتون (Neptune) إلٰه البحر عند قدماء الرومان.

كما أطلقت تسمية «النبتونيين (المائيين)» (Neptunists) على اتباع هذه الفرضية والسبب في إطلاق هذه التسمية أن فرنر اعتبر الماء المصدر الوحيد لبناء صخور القشرة الأرضية (بما فيها الصخور النارية والمتحولة).

ونشر «نظرية حول نشوء الأرض» «Theory of the Origin of the Earth» وملخص النظرية، أن نواة الأرض كانت في البداية مغطاة بصورة كاملة بمياه المحيط الأولى (Primeval ocean). ولم تكن هذه النواة ملساء بل إن الارتفاعات والانخفاضات تغطي سطحها. كما أن مياه المحيط الأولى لم تكن صافية رقراقة كمياه البحار الحالية بل كانت عكرة وتحمل معها بشكل معلق أو ذائب جميع

المواد التي كونت القشرة الأرضية الحالية، وقد ترسبت هذه المواد بشكل متعاقب على سطح «نواة الأرض»:

1 ـ أولى الطبقات المترسبة من المحيط سماها الصخور الابتدائية أو البدائية (Primitive Series):

وهي مكونة من الجرانيت (Granite) وهي تشكل قاعدة الصخور المتعاقبة وتتداخل مع طبقة الجرانيت كما تقع فوقها أيضاً طبقة سميكة من (Gneiss) والشست (Schist) والبورفري (Porphery) مع صخور متبلورة أخرى واعتبرها ترسبات كيمياوية وقد تكونت قبل بروز الأرض فوق سطح الماء... وبدأ ماء المحيط الأولي بالانخفاض ثم ترسبت السلسلة الثانية.

2 ـ سلسلة الصخور الانتقالية (Transitional Series):

هي ترسبات اعتبرت جزئياً كيمياوية وجزئياً فتاتية (منقولة)... وهي مكونة من أنواع مختلفة من الأردواز السليت (Slate) والشست(Schist) وتوجد معها أحياناً حجر جيري ونادراً ما توجد معها متحجرات، لقد اعتبر فرنر الطبقتين الأولى والثانية ترسبات تكونت بشكل طوق كامل حول الأرض بدون أي انقطاع في أية منطقة.

3 ـ السلسلة الطباقية (المتطبقة) (Stratified Series):

استمر انخفاض الماء وترسبت الطبقة الثالثة وهي مكون من حجر رملي وجيري وطباشيري بالإضافة إلى الجبس والفحم، وقد ازدادت كميات الترسبات الفتاتية (الميكانيكية) بصورة أكبر مما في الطبقة الثانية كما ازدادت البقايا العضوية.

4 ـ السلسلة الفيضية (Alluvial Series):

تكونت هذه السلسلة بصورة قليلة من ترسبات المحيط المذكور وبصورة أكبر من تحلل الطبقات التي تحتها. وهي آخر الطبقات وتتكون من رمل وطين وحصى غير متماسك.

5 ـ السلسلة البركانية (Volcanic Series):

أضاف فرنر هذا التقسيم بعد فترة من تحديد التقسيمات الأربعة السابقة وأطلق على الصخور النارية السطحية (Lava) اسم السلسلة البركانية... واعتقد أنها نتيجة لاحتراق الفحم موضعياً في قشرة الأرض... ولم يعطها أهمية كبرى

لأنها لا تتفق وآراءه الشخصية باعتبار جميع الصخور بما فيها الجرانيت والشيست صخوراً منشؤها مائي أي من المحيط الأولي.

وفسر فرنر الطيات في الصخور الجرانيتية بأنها نتيجة لترسب هذه الصخور وتبلورها من المحيط الأولي على حافات الارتفاعات الأصلية لنواة الأرض التي لم تكن ملساء حسب رأيه الأولي.

من ملاحظة تقسيمات ليمان وفرنر نلاحظ التشابه الكثير في جميع التقسيم لصخور القشرة الأرضية.

إن نظرية فرنر تحمل أخطاءً في جوانبها والخطآن الرئيسيان فيها هما:

1 ـ اعتباره كافة الصخور النارية والمتحولة ذات منشأ مائي، فهو لم يدرك أن بعض الصخور يمكن أن تتكون من الصهير (الماجما).

2 ـ اعتقاده أن الصخور يمكن أن تتداخل أثناء الترسب الواحدة داخل الأخرى فصخور السلسلة الثانية مثلاً أثناء ترسبها من المحيط الأولي يترسب قسم منها فوق السلسلة الثانية وقسم آخر قد يترسب داخل السلسلة الثانية والأولى.. لذا فهو بتحليله هذا قد نسف إمكانية وضع الصخور بشكل متعاقب حسب ترسبها بفترات زمنية متعاقبة.

أثر فرنر على تقدم علم الطبقات والجيولوجيا بصورة عامة بسبب آرائه الخاطئة عن طريقة تكون الصخور.

جيمس هتن (James Hutton):

ولد في أدنبره عاصمة أسكتلندة عام 1726م وتوفي عام 1797م. وقد عاصر فرنر وكانت معالجته للمشاكل الجيولوجية أكثر من فرنر، كتب مؤلفاً جيولوجياً باسم نظرية الأرض (Theory of the Earth) في عام 1788م... إن هتن قد لاحظ عدة مبادىء علمية جيولوجية أساسية وخاصة في علم الطبقات وكانت طريقته في الدراسة الجيولوجية أكثر علمية وأقل تزمتاً من فرنر... إلا أن شخصية فرنر القوية جعلت آراءه الخاطئة أكثر قبولاً من آراء هتن العلمية القيمة.

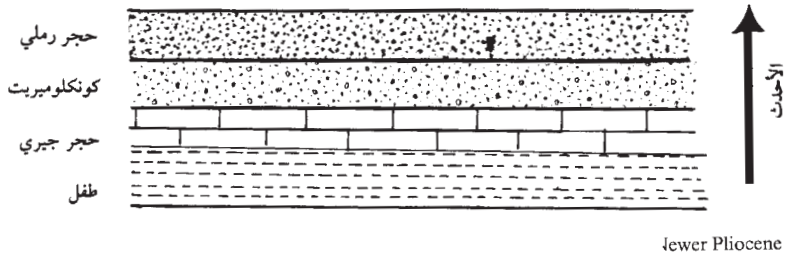
فرضية هتن ـ الفرضية الباطنية:

أثبت هتن أن الصخور النارية قد تصلبت من حالة السيولة (الماجما) من باطن الأرض... وهذه إحدى الخلافات الأساسية بينه وبين فرنر الذي اعتبر مصدر جميع الصخور هو الماء كما أشرنا إلى ذلك.

وأشار هتن إلى أن الحرارة التي أثرت على تلك الصخور هي حرارة باطن الأرض. . . لذا فقد أطلق على فرضيته الفرضية الباطنية (البلوتونية) (Plutonism hypothesis) كما أطلق على هتن وجماعته تسمية الباطنيين (Plutonists) نسبة إلى إله باطن الأرض عند الإغريق والرومان وهو بلوتو (Pluto). . .

والمساهمة العلمية المهمة الثانية لهتن هي إدراكه مبدأ وحدة تأثير العوامل الطبيعية في الماضي والحاضر. وهو مبدأ «الوتيرة الواحدة» أو «مبدأ وحدة العوامل» (Uniformitarianism) والذي ينص على «أن الحاضر مفتاح الماضي» (The present is the key to the Past) أي أن العوامل الطبيعية الجيولوجية من مياه ورياح وغيرها، والموجودة الآن كانت بنفس صيغ تأثيرها ونتائجها في الماضي الجيولوجي. . . لذا فبتحليلنا لتأثير الرياح وما تكونه من أنواع الترسبات كالكثبان سيقودنا إلى معرفة تأثير الرياح واتجاهاتها في الماضي من خلال ملاحظتنا لكثبان رملية في أية فترة من الماضي الجيولوجي.

المساهمة الثالثة لهتن هي في علم الطبقات وهو مبدأ أو قانون تعاقب (أو تراكب) الطبقات الصخرية (Principle of Superposition) وينص هذا المبدأ على أن في تعاقب طبيعي للصخور، فإن الطبقات التي في الأسفل هي الأقدم والتي في الأعلى هي الأحدث. (الشكل1 ـ 2).



شكل (1 ـ 2) بتطبيق قانون تعاقب الطبقات فإن طبقة الطفل (Shale) هي الأقدم وطبقة الحجر الرملي (Sandstone) هي الأحدث كما هو مؤشر بالسهم

أشار إلى هذه الفكرة بشكل أولي العالم ابن سينا، وكذلك العالم الإيطالي ستينو (Steno).

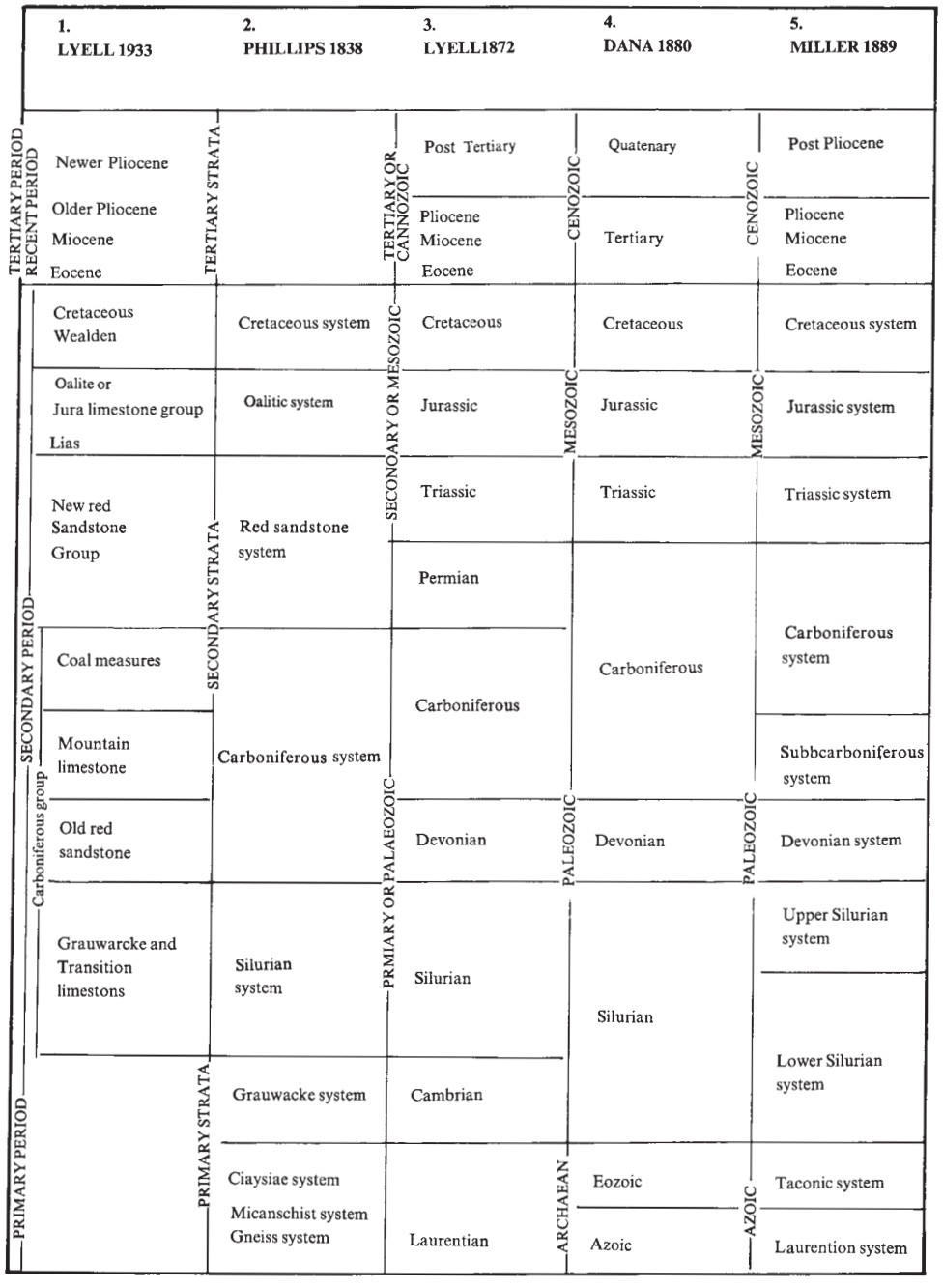
وربما كانت تطبيقات هتن لهذا المبدأ في العديد من دراساته سبباً في أن معظم المصادر تنسب هذا المبدأ إلى هتن بدلاً من ستينو أو ابن سينا.

إن هذا المبدأ قد اعتبر تحولاً جذرياً في تحليل الجيولوجيين لبعض الأحداث الجيولوجية، وذلك لأن هذا المبدأ مناقض لرأي فرنر الذي ذكر بأن الصخور في ترسبها تتداخل الواحدة منها في الأخرى.

وجرت مناقشات حادة بين أنصار الفكرتين (المائية والباطنية) ونقلت النشريات العلمية في أواخر القرن الثامن عشر وأوائل القرن التاسع عشر حملات حادة بين الجماعتين وقد انتهت برجحان فرضية هتن...

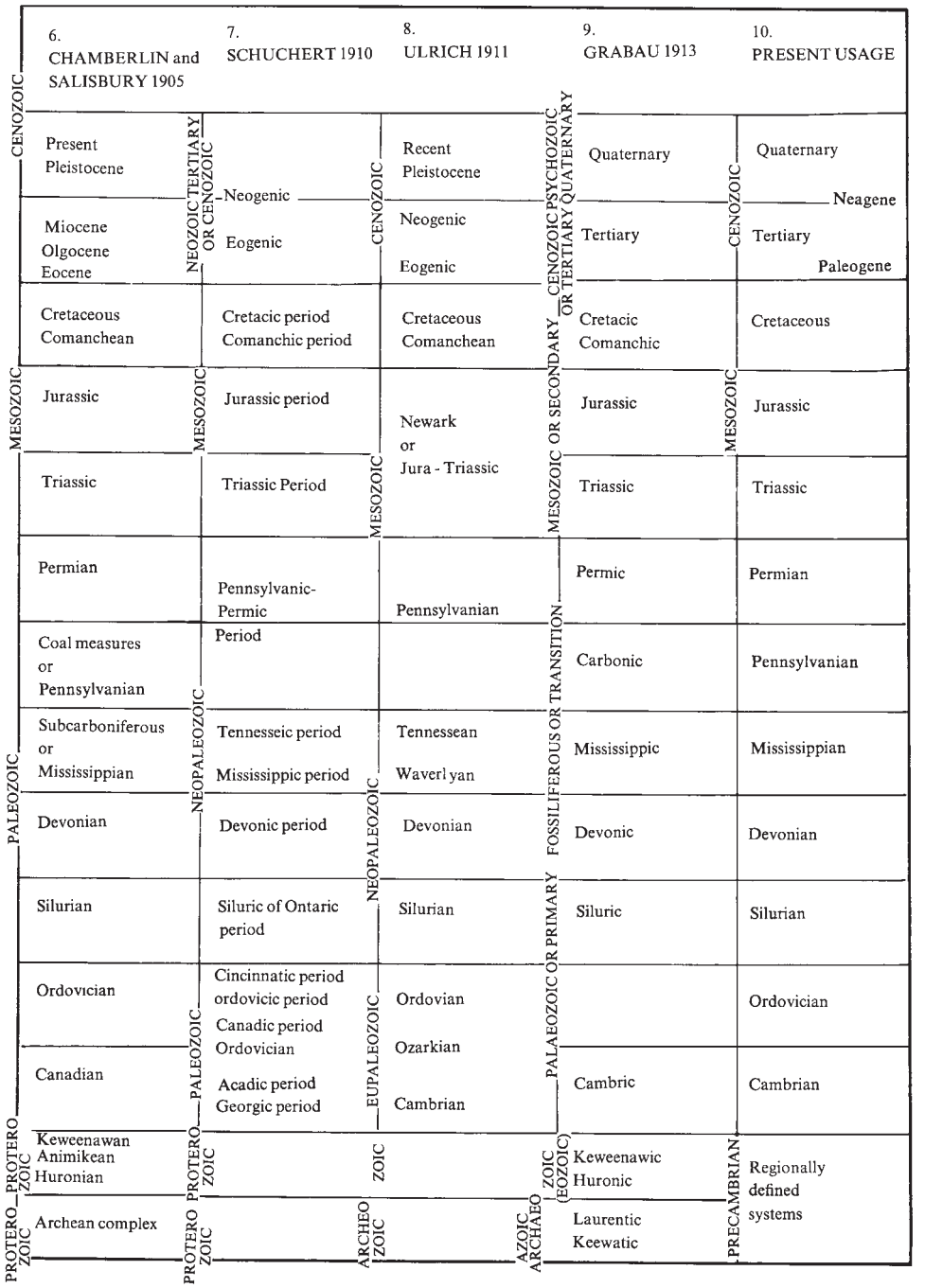
لايل (Lyell):

في عام 1833م وضع لايل كتابه «مبادىء الجيولوجيا» (Principles of Geology) ووضع فيه عموداً طباقياً (لاحظ الجدول 1ـ 4).



جدول (١ ـ ٤) تطور تقسيم العمود الطباقي (عن Krumbein & Sloss, 1963)

تكملة الجدول (1 ـ 4)



إن التقسيم الذي قدمه لايل قد اعتمد فيه على تقسيمات وليم سميث ثم أضاف إليه معلومات جديدة. . . كما استخدم في هذا التقسيم عبارات Tertiary, Secondary, Primary والتي سبق وأن استخدمها ليمان وفرنر (لاحظ الأعمدة 2,1 في الجدول رقم 1ـ 4) وفي العمود 3 نلاحظ تقسيماً قدمه لايل في عام 1872م واستخدم فيه عبارات: Tertiary or Cenozoic, Secondary or Mesozoic, Primary or Paleozoic فيما نشر دانا (Dana) في عام 1880م (العمود 4 في الجدول 1ـ 4) تقسيماً استخدم فيه عبارة (Cenozoic, Mesozoic Paleozoic) وأسقط عبارات Primary وSecondary وقد أسقطت هاتان العبارتان الأخريتان وحل محلهما عبارات Paleozoicو Mesozoic واستمر استخدام الثالث (Tertiary) ثم أضيف «الرابع» (Quaternary).

وليم سميث (William Smith):

ولد عام 1769م وتوفي عام 1839م. . كان مسَّاحاً إنكليزياً وقد عمل في هندسة فتح القنوات وشق الطرق، وكانت له اهتمامات شخصية في الصخور والمتحجرات التي تحويها وقد قادته مهنته واهتماماته إلى ملاحظة أن الطبقات المختلفة تحمل مجموعات مختلفة من المتحجرات، ورغم التغير في الصفات الفيزياوية للصخور المتعاقبة فإن تتابع مجاميع المتحجرات يبقى ثابتاً. . . كما أن الطبقات المتماثلة تحمل نفس مجاميع المتحجرات لذا فإن الطبقات يمكن تشخيصها بمحتوياتها من المتحجرات، وبهذا فقد وضع وليم سميث أساس استخدام المتحجرات لمعرفة عمر الصخور وقد اعتمد على هذه الملاحظات جيولوجيون آخرون بعده واستحدث «قانون تعاقب المجاميع الحيوانية والنباتية» (Law of faunal & floral succession) لقد أشار مؤلفا كتاب «Stratigraphy & Sedimentation» وهما كرومباين وسلوس بأن هذا القانون قد وضع بعد سميث من قِبَل غيره. إلا أننا نميل إلى اعتبار أساس القانون قد وضعه سميث، لذا فمن الأنسب أن يبقى هذا القانون باسمه.

لامارك (Lamarck)1744م ـ 1829م:

عالم فرنسي بدأ حياته العلمية كعالم نبات ثم كعالم للحيوان وبعض نشرياته العلمية كانت في مقدمة الدراسات في موضوع الأحياء اللافقرية مما دفع العديد إلى اعتباره مؤسس هذا العلم، وقارن بين الأحياء في وقته والمتحجرات، ووصل إلى قناعة بأن التغيرات التي يكتسبها الكائن الحي خلال حياته يمكن أن تنتقل إلى

أجياله التالية وتسمى هذه النظرية «اللاماركية» (Lamarckism) وهي نظرية الاستعمال والإهمال. . . وملخصها أن كل صفة أو عضو في جسم الكائن الحي يستخدم بصورة كبيرة فإنه يتطور وتنتقل هذه الصفة إلى أجياله التالية، أما الأعضاء أو الصفات التي لا تستخدم فإنها تضمحل، وأعطى مثالاً بأن ابن رجل يمارس الأعمال المدنية القوية (كالحداد مثلاً) فإن ولده سيكسب جزءاً من صفات والده القوية منذ الولادة.

كوفييه(Cuvier) 1792م ـ 1832م:

أحد العلماء المشهورين في علم الأحياء والمتحجرات. . . كان أستاذ التاريخ الطبيعي في باريس وقد اعتبر «مؤسس علم المتحجرات الفقرية». . . وذلك لدراسته المتحجرات الفقرية. . . وكانت معظم دراسته على ثدييات الترشري وقد نجح في تجميع تلك الأحياء من البقايا القليلة لعظامها وفكوكها وأسنانها. . . كما لاحظ بأن العديد من الأنواع كانت محددة في طبقات معينة بذاتها وأن الكثير من تلك الأنواع قد انقرضت الآن. . . كما استنتج أن تلك الأحياء القديمة عاشت في المناطق التي وجدت فيها بقاياها وأن بعض خصائصها تعطي دلالة على تغير البيئة في الماضي.

لقد كان كوفييه ضد فكرة التطور واعتقد بأن ميزات كل نوع غير قابلة للتغيير وبأن كل كائن عضوي هو نتيجة لخليقة خاصة. وقد اقترح فرضية «الكوارث» التي تعزى التغيرات في الأحياء المتواجدة في طبقات متعاقبة وذلك كنتيجة لسلاسل من الكوارث أو الطوفانات وكل كارثة تعقبها خليقة جديدة. . . وأفكار كوفييه سيطرت على آراء علماء المتحجرات حتى عام 1859م حيث نشر شارلز دارون كتابه «نشوء الأنواع» (Origin of Species).

دارون (Darwin) 1809 ـ 1888م:

اشتهر بمبادىء التطور العضوي وقد نشر كتابه «نشوء الأنواع» (Origin of species) في عام 1859م.

وفرضيته هي أن الكائنات الحية تنجب ذرية (Offspring) بعدد أكبر مما يتوقع لهم المعيشة. وهؤلاء الأبناء الذين لا يوجد اثنان منهما تتطابق مواصفاتهما تتنافس على الغذاء أو الضروريات الأخرى. وهذا «الصراع من أجل البقاء» يؤدي إلى «بقاء الأفضل» وهؤلاء الأبناء الذين بقوا على قيد الحياة فإنهم يحملون الصفات الجيدة من آبائهم وهي التي تبقى كما أن الأبناء «الضعفاء» ينقرضون وتنقرض معهم

الصفات الغير الملائمة... وهذه الفكرة أسماها الانتقاء الطبيعي (Natural Selection).

دي فريز (De Vries) 1901م:

أدرك دي فريز أن التغيرات التي تحدث على الكائن الحي يجب أن تؤثر في الجينات لكي يكتسبها الكائن الحي وينقلها إلى أجياله، وهذه التغيرات أسماها «الطفرات» (Mutation)... والطفرة هي تغير مفاجيء في الوراثة يؤدي إلى تكون مواليد جديدة مختلفة عن الأبوين المنتجين اختلافاً أساسياً، وذلك بسبب تحول طارىء في الجينات. وهذه الطفرات قد تكون واضحة جداً أو يصعب ملاحظتها...

الفصل الثاني

التقسيم الطباقي والوحدات الطباقية الصخرية

التقسيم الطباقي

يمكننا تعريف التقسيم الطباقي بأنه تنظيم منسق للطبقات والكتل الصخرية بشكل تعاقب طباقي اعتيادي أو تعاقب لوحدات طباقية. . . وتعرف الوحدة الطباقية بأنها طبقة أو مجموعة طبقات أو كتل صخرية تختلف عن بعضها البعض. ويمكن أن تصنف صخور القشرة الأرضية إلى وحدات استناداً إلى خواص ملموسة، ولذلك يمكن تصنيفها استناداً إلى زمن تكونها أو صفاتها التي تعكس بيئتها أو منشأها.

منذ عام 1930م والسنوات التي أعقبتها مباشرة انتبه علماء الطبقات إلى الفرق بين تقسيم العمود الجيولوجي إلى صخور على أساس موقعها في العمود الجيولوجي، وبين حاجتهم الفعلية في الحقل إلى تحديد طبقات صخرية وامتداداتها وكان العاملون في حقل النفط من أوائل من شعروا بأهمية هذا التفريق وذلك لأن ما يحدد تواجد وهجرة النفط والغاز هو الطبقات الصخرية والعلاقات التركيبية بينها، وليس معرفة موقعها ضمن التعاقب الزمني الجيولوجي، والذي تكون فتراته طويلة جداً يصل بعضها إلى 70 مليون سنة.

ودفعت تلك الحاجة إلى استحداث تقسيم آخر للصخور هو تقسيمها على أساس صفاتها الصخرية، لذا أصبح هناك تقسيمان للصخور: الأول استناداً إلى موقعها في العمود الجيولوجي (الزمن)، والثاني وحدات صخرية ملموسة يمكن ملاحظتها وتعقبها في الحقل وتحت السطح وبالإمكان وضعها على الخريطة على أساس من صفاتها الصخرية.

وساهم في عملية تثبيت هذين التقسيمين للصخور مجموعة من الاختصاصيين في علم الطبقات في جامعة ستانفورد الأمريكية، وكانت قمة تلك الجهود بحث نشره شنك ومولر (Schenck & Muller) عام 1941م اللذان اقترحا فيه ضرورة تشخيص الأصناف التالية للوحدات الطباقية:

1 ـ تقسيم مبني على أساس الزمن الجيولوجي وعلاقة الصخور بذلك وهذا التقسيم يضم:

أ ـ وحدات زمنية (Time Units) وهي أجزاء من الزمن الجيولوجية المستمر ومثالها الدهر (Era) العصر (Period)... إلخ.

ب ـ وحدات طباقية ـ زمنية (Time Stratigraphic Unit) أو صخرية ـ زمنية (Time Rock Units) وهي مجموعة الصخور المترسبة خلال فترة زمنية محددة ومن أمثلتها النظام (System) السلسلة (Series)... إلخ.

2 ـ وحدات صخرية (Rock Units) وهي تشمل مجموع الصخور التي يمكن وضعها على الخريطة الجيولوجية وتتميز بصفات فيزياوية واضحة يمكن ملاحظتها في المكاشف الصخرية وتحت السطح. ومن أمثلتها المجموعة (Group) التكوين (Formation)... إلخ.

وبذلك فقد ثبت مفهوم التقسيم الثنائي وحظي بقبول عام وبتطبيقه حلت العديد من المشاكل العملية...

اللجنة الطباقية:

عملت منظمات علمية جيولوجية في أمريكا الشمالية على وضع أسس لتقسيم الوحدات الطباقية وازدادت تلك المحاولات في أعقاب الحرب العالمية الثانية... وانتهت جهود الجيولوجيين في أمريكا الشمالية التي تمثل جيولوجيين من كندا، والولايات المتحدة والمكسيك بإصدار «قواعد التسمية الطباقية» (Code of Stratigraphic Nomenclature) التي نشرت عام 1961م في مجلة American Association of Petroleum Geologists Vol, 45, No. 5 May 1961 PP. 645- 665 كما أن المؤلفين كرومباين وسلوس نشرا عام 1963م هذه القواعد في نهاية كتابهما Stratigraphy & Sedimentation وقد أوضحت اللجنة الأمريكية للتسمية الطباقية الغاية من إصدار هذه القواعد والقوانين بقولها:

«إنها تهدف إلى وضع صيغة عامة وشاملة وواضحة لتقسيم الوحدات الطباقية وضمان أعلى درجة من التماثل أو التجانس في استخدام وتطبيق تلك المبادىء والأسس العلمية بين الجيولوجيين».

أعقب ذلك عدة مناقشات ونشرات صدرت من قبل «المؤتمرات الجيولوجية العالمية» (International Geologic Congress) واللجان المنبثقة عنها «كاللجنة

الفرعية العالمية للتقسيم الطباقي» (International Subcommission on Stratigraphic Classification) وتختصر (ISSC).

وخلصت إلى التقسيمات والتعليمات التي سنتطرق إليها.

أصناف الوحدات الطباقية (Stratigraphic Units):

إن الوحدات الطباقية متعددة، وذلك لأن أسس التشخيص متباينة كما أن هذه الوحدات متداخلة مع بعضها، فمن التوضيح الذي سيقدم حول هذه الوحدات وأنواعها يتضح المقصود بكونها وحدات متميزة ومتداخلة أيضاً.

إن الوحدات الطباقية تشمل:

1 ـ وحدات طباقية ـ صخرية (Lithostratigraphic Units).

2 ـ وحدات طباقية ـ حياتية (Biostratigraphic Units).

3 ـ وحدات طباقية ـ زمنية (Chronostratigraphic Units).

وهناك وحدتان ليستا طباقيتين بل ذات علاقة بالوحدات الطباقية وهما:

4 ـ الوحدات الزمنية الجيولوجية (Geochronologic Units أو Geologic Time Units) التي لها علاقة أساسية بالوحدات الطباقية ـ الزمنية (Time-Stratigraphic Units).

5 ـ وحدات المناخ ـ الجيولوجي (Geologic-Climate Units) التي تعتمد على وحدات طباقية الرابع (الكواترنري) (Quaternary Stratigraphic Units).

6 ـ وحدات طباقية مغناطيسية (Magnetostratigraphic) وسوف نتكلم بالتفصيل عن هذه الوحدات.

1 ـ الوحدات الطباقية ـ الصخرية (Lithostratigraphic Units):

إن عبارة Litho من الكلمة الإغريقية Lithos وتعني «صخر» لذا فهذه الوحدات تسمى أيضاً بالإنكليزية (Rock Stratigraphic Units) وقد تختصر التمسية إلى «وحدة صخرية» (Rock Units) والوحدات الطباقية ـ الصخرية هي أجزاء من صخور القشرة الأرضية من الممكن أن تكون صخور رسوبية أو متحولة أو نارية تتميز وتتحدد على أساس صفاتها الصخرية (Lithologic) أو الطبيعية (المادية) (Physical) تلك الصفات التي تكون واضحة للعيان في الحقل. ومن الصفات الصخرية (الطبيعية) المستخدمة لتشخيص الوحدات الطباقية ـ الصخرية هي المكونات الصخرية، ولون الصخور، وحجم الحبيبات.

حدود الوحدة ـ الصخرية:

حدود الوحدة الصخرية توضع في مناطق التغير الواضحة بين الطبقات الصخرية أو توضع بشكل اعتباطي في حالة تدرج المكونات الصخرية بالحجم. إن حدودها يمكن أن تقطع خط الزمن الجيولوجي أو حدود امتدادات المتحجرات وحدود أية وحدة طباقية أخرى. والوحدات الصخرية تعتبر حجر الأساس في وصف ودراسة الطبقات في الحقل ودراسة التراكيب الجيولوجية الموضعية والعامة، والمصادر الاقتصادية والتاريخ الجيولوجي.

امتداد الوحدة الطباقية الصخرية والمقطع النموذجي:

إن تشخيص وحدة طباقية صخرية يجب أن يستند على معرفة كاملة باحتمالات امتدادات تلك الوحدة جانبياً (جغرافياً) وعمودياً (زمنياً). ولكن لغرض تثبيت التسمية، فمن الضروري اختيار «مقطع نموذجي» (Type section) ويسمى بالإنكليزية (Stratotype) أي «طبقة نموذجية» أو «الطبقة المثال» ومن الضروري تحديد موقع المقطع النموذجي جغرافياً بواسطة خارطة، أو صور جوية، أو الإحداثيات (خطوط الطول والعرض). ومن الضروري أيضاً تشخيص الوحدة جيولوجياً وذلك بوصف الوحدة بصورة كاملة وتعيين حدودها. وبالإمكان اختيار بعض الشواخص الصناعية على الأرض كمرجع. على سبيل المثال عند تحديد المقطع النموذجي لتكوين عقرة الجيري ذكر بأن المقطع يقع على بعد 5كم من مركز الشرطة، لذا فمركز الشرطة يعتبر أحد الشواخص أو العلامات المساعدة لتحديد موقع المقطع النموذجي بدقة.

المقطع النموذجي (Stratotype) أو (Type section):

هو النموذج (المثال) الذي يمثل وحدة طباقية وحدودها الطبقية... والمقطع النموذجي يشخص في تعاقب معين للطبقات الصخرية وهو يعتبر المثال النموذجي لتعريف وتشخيص تلك الوحدة الطباقية وحدودها الوحدة الطباقية.

الموقع النموذجي (Type locality) أو المنطقة النموذجية (Type area):

إن الموقع النموذجي يشير إلى منطقة جغرافية معينة يقع فيها المقطع النموذجي (Type section).

وفي بعض الحالات لا يوجد للوحدة الطباقية الصخرية «مقطع نموذجي» لذا

يختار الجيولوجي «منطقة نموذجية» بحيث تظهر فيها تلك الوحدة الطباقية الصخرية أو حدودها بشكل نموذجي.

لما تقدم يظهر بأن المقطع النموذجي هو مقطع خاص في تعاقب طباقي يقع ضمن الموقع النموذجي.

مثال من العراق:

إن المقطع النموذجي «لتكوين عقرة الجيري» يقع في وادي شيخ عبد العزيز على بعد 5كم من مركز الشرطة. فمنطقة عقرة تعتبر الموقع النموذجي لتكوين عقرة والمقطع الذي يقع في وادي شيخ عبد العزيز يعتبر المقطع النموذجي لتكوين عقرة الجيري.

إن «المقاطع النموذجية» لا تتغير أبداً بعد تشخيصها واستخدامها كأساس في اختيار وحدة طباقية صخرية إلا في حال اختفاء المقطع النموذجي بصورة دائمة كأن تكون التغطية نتيجة بناء سد مما يؤدي إلى أن تطغى المياه على المقطع النموذجي عند ذلك يتم اختيار مقطع نموذجي بديل[1].

في بعض الحالات يصعب اختيار مقطع نموذجي واحد لكي يمثل الوحدة الطباقية الصخرية خير تمثيل، عند ذاك يتم اختيار «منطقة نموذجية» (Type area) بحيث تشمل تلك المنطقة على الصفات المميزة لتلك الوحدة الطباقية الصخرية.

المقطع النموذجي الإضافي (Supplementary type section):

أوضحنا أن لكل وحدة طباقية صخرية تشخص لأول مرة مقطع نموذجي (Type section) وقد تمتد وحدة طباقية صخرية شخصت في بلد إلى بلد ثانٍ مجاور له وتوصي التعليمات بأن اسم تلك الوحدة لا يتغير في البلد الثاني، وقد يعمد الجيولوجيون في البلد الثاني إلى اختيار مقطع نموذجي (Type section) للرجوع إليه في بلدهم ويسمى هذا المقطع النموذجي الثاني باسم «المقطع النموذجي الإضافي (التكميلي)» (Supplementary type section).

مثال من العراق:

شخّص الجيولوجي ساندر (Sander) في السعودية عام 1952م تكوين الدمام

(1) يشير تقرير خاص صادر من ISSC NO. 4 في ص 6 بأن الدقة في اختيار تسميات للمقاطع النموذجية دفع الجيولوجيين إلى استعمال تسميات مماثلة لتلك المطبقة في علم الأحياء... فمثلاً يستعمل عبارة «مقطع نموذجي جديد» (Neostratotype) للدلالة على مقطع نموذجي جديد قد اختير فيما بعد وذلك لكي يحل محل مقطع نموذجي قديم والذي تحطم أو ألغي.

(Dammam Formation) واختار له مقطعاً نموذجياً (Type section) وأعطى إحداثياته بالشكل التالي:

خط عرض 17,3 26° شمالاً
خط طول 7,7 50° شرقاً

لاحظ الجيولوجيون في جنوب العراق امتداد تكوين الدمام داخل العراق فاختار كل من آون (Owen) ونصر (Nasr) عام 1958م في منطقة البصرة «مقطعاً نموذجياً تكميلياً» وحددا موقعه بالشكل التالي:

في بئر زبير رقم 3 التابع لشركة نفط البصرة

في خط عرض 01″ 23′ 30° شمالاً
في خط طول 29″ 43′ 47° شرقاً

ارتفاعه 51,9 قدماً عن سطح البحر أكمل حفره في 21/ 2/ 1951م ويقع التكوين ما بين الأعماق من 1935 قدماً وإلى 2673 قدماً.

مثال آخر:

تكوين جركس (Gercus Fn.). نسبة إلى جركس التي تقع على بعد 20كم شمال مديات في تركيا... وقد تم اختيار مقطع تكميلي له في العراق من قبل ويتزل (Wetzel) في دهوك ما بين خطوط العرض 52″ 52′ 36° شمالاً، وخط الطول 50″ 00′ 43° شرقاً وخط العرض 27″ 52′ 36° شمالاً وخط 36″ 00′ 43° شرقاً.

علاقة الوحدات الطباقية الصخرية بالتاريخ الجيولوجي:

لا يوجد تأثير للتاريخ الجيولوجي ولا للتعاقب الحياتي على الوحدات الطباقية الصخرية حين تشخيصها أو تقسيمها. أي أن تشخيص الوحدات الطباقية الصخرية لا يستند على تاريخها الجيولوجي أو على تعاقب المتحجرات فيها.. ومع ذلك فإن بعض المتحجرات الكبيرة الحجم والواضحة للعيان قد تصبح صفة فيزياوية فيها تساهم في تشخيص وحدة طباقية صخرية كما تساهم أية صفة فيزياوية أخرى كوجود المدملكات.

ومن الأمثلة على ذلك وجود طبقات صخرية غنية بالمحاريات، أو صخور حيدية كتكوين عقرة الجيري الذي يحوي على محاريات كبيرة الحجم هي

الرودست (Rudist) وبذلك يمكن أن يستند الجيولوجي على وجود المحاريات الكبيرة في الفصل بين الوحدات الصخرية (ولا يعتمد هنا على عمر المحاريات).

استقلالية الوحدة الصخرية عن مفاهيم الزمن الجيولوجي:

إن الحد الأعلى للوحدة الطباقية الصخرية قد يكون «بعمر واحد» (Isochronous) في كافة المناطق التي يتواجد فيها ويكون الحد الأدنى بعمر متماثل أيضاً في مناطق تواجد تلك الوحدة.

وقد تقطع حدودها خطوط الزمن الجيولوجي في بعض المناطق... فالوحدة الطباقية الصخرية قد تكون حدودها السفلى في منطقة أحدث عمراً من الحدود السفلى لنفس الوحدة الطباقية الصخرية في منطقة ثانية، فلو بدأ ترسيب في منطقة ما كساحل البحر ثم بعد فترة زمنية تالية تقدم البحر إلى اليابسة فالحدود السفلى للترسيب الأول ستكون أقدم عمراً من الحدود السفلى للترسيب الثاني، لذا فإن عامل الزمن لا يلعب أي دور في تحديد الوحدة الطباقية الصخرية.

كما نجد وحدات صخرية ذات عمر جيولوجي قصير تجاورها وحدات صخرية أخرى ذات عمر أطول، كما أن الوحدة الطباقية الصخرية الواحدة قد تكون بسمك معين في منطقة وفي منطقة أخرى بسمك أكبر.

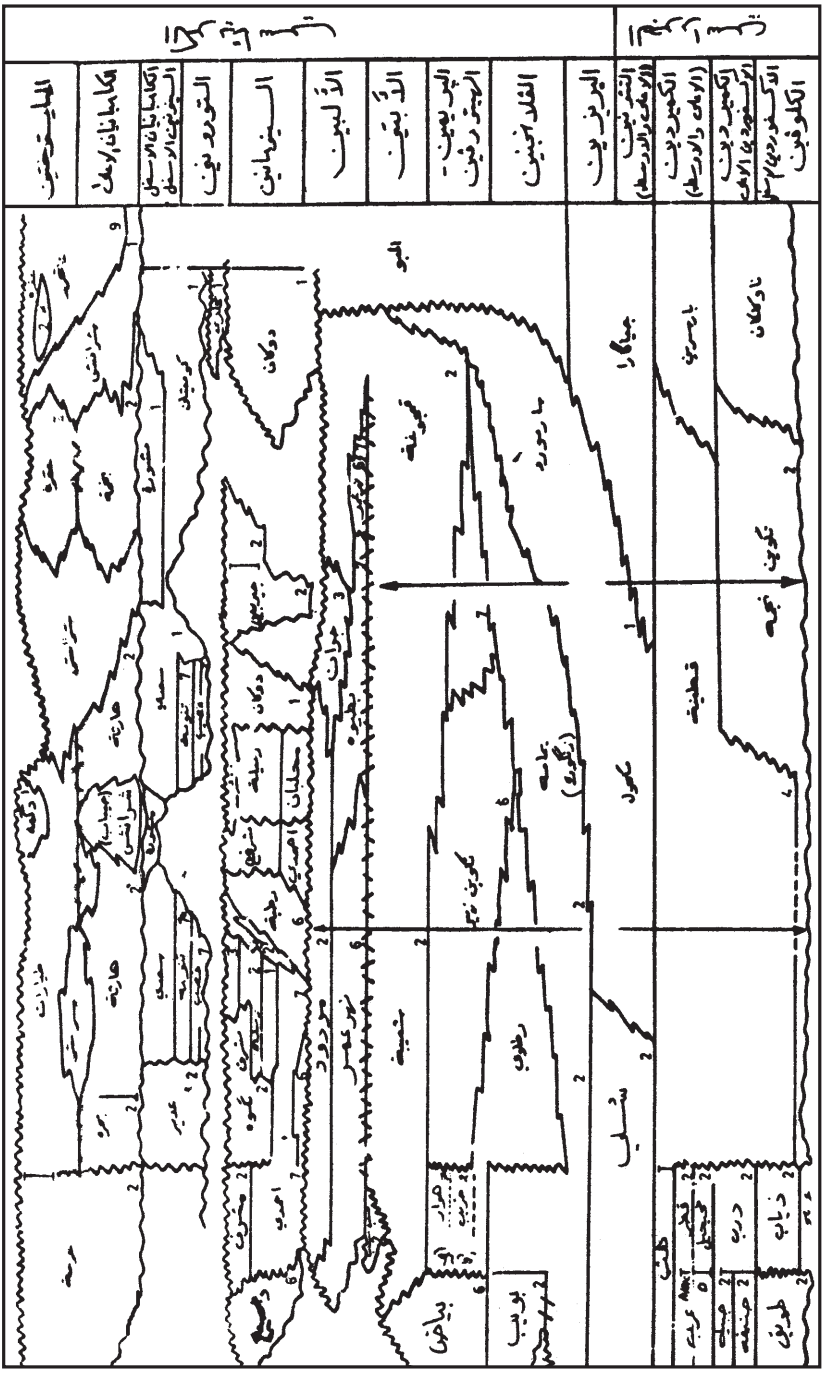
سنورد أمثلة من العراق على ما ذكرناه سابقاً.

لاحظ الشكل (2 ـ 1) حيث يمتد تكوين بالمبو من الفالنجيان (Valangian) وحتى التورونيان (Turonian) وفي نفس الفترة ترسبت إلى الغرب منه تكاوين سارمورد (Sarmord) وقمچوقة (Qamchuqa) ودوكان (Dukan) وكلناري (Gulneri) وكوميتان (Kometan).

كما أن تكوين بالمبو في منطقة وادي سيروان قرب حلبجة أكثر سمكاً منه في منطقة سرداش وكويسنجق.

النطاق (Zone):

في بعض الحالات التي تستخدم عبارة نطاق لتشخيص وحدات طباقية صخرية، فإن عبارة نطاق (Zone) تعتبر غير رسمية. ومن الأمثلة على ذلك نطاق الإنتاج، نطاق معدني، نطاق معادن ثقيلة. لذا فإن النطاق يصبح شكلاً متميزاً يختلف عما حوله وقد يشمل جزءاً أو جميع أجزاء الطبقة (Bed)، أو عضواً (Member) أو تكويناً (Formation).



شكل (2 ـ 1) مخطط يمثل طبقات ذات العمر الجوراسي الأعلى حتى نهاية المايستريختان في العراق

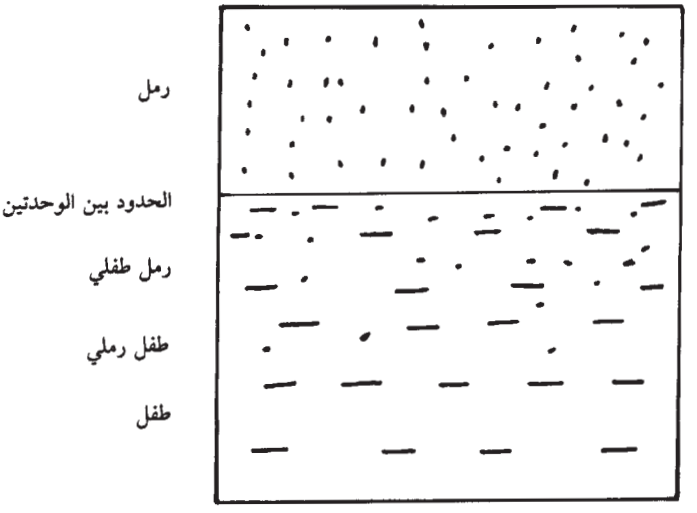
حدود الوحدات الطباقية الصخرية :

توضح حدود الوحدات الطباقية الصخرية في الموقع التي يظهر فيها تغير في الصفات الطبيعية . لذا فالحدود توضع في مناطق الاتصال المتميزة أو توضع بشكل اعتباطي في مناطق تدرج الصفات الصخرية .

ويستند تشخيص الحدود العمودية والجانبية على الصفات الصخرية فقط والتي تمثل أكثر الحدود تعبيراً عن تجانس تلك الوحدة الصخرية وفائدتها العملية .

حدود الوحدات الطباقية الصخرية في تعاقب متدرج :

نعني بذلك تغير وحدة صخرية إلى وحدة ثانية جانبياً أو عمودياً نتيجة للتدرج بينهما أو التلاسن بين نوعين أو أكثر من الصخور . فعلى سبيل المثال إذا كانت هناك طبقة من الطَفَلْ (Shale) تقع فوق وحدات متداخلة من الحجر الجيري والطفل . فإن الحد يوضع فوق أعلى طبقة مشخصة من الحجر الجيري . بينما إذا كانت هناك طبقة من الطَفَلْ تتدرج إلى الأعلى إلى طبقة من الحجر الرملي ، فإن الحد بين الوحدتين يكون اعتباطياً ويوضع في أعلى حد يظهر فيه الطَفَلْ . ومن الأفضل اعتماد الحد الأعلى لظهور وحدة صخرية كأساس في تشخيص حد الوحدة الأعلى وعدم اختيار الحد الأسفل (لاحظ الشكل 2ـ 2) .



شكل (2 ـ 2) تشخيص الحدود بين طفل يتدرج إلى حجر رملي

التسمية حين تغير السحنات :

عندما تتغير وحدة صخرية جانبياً إلى وحدة ثانية سواءً أكان ذلك بتغير

تدريجي أو مفاجىء نتيجة تلاسن، فإن من المفضل أن يتم اختيار اسم جديد للسحنة الجديدة. . . وترسم الحدود بينهما بشكل اعتباطي. . . وحينما تكون منطقة التغير التدريجي أو التلاسن بين وحدتين واسعة جداً، فإن الطبقات ذات الصخور الممتزجة أو المتداخلة يمكن أن تعتبر وحدة ثالثة مستقلة عن الوحدتين الأساسيتين.

الحدود المشخصة بطرق ميكانيكية:

إن زيادة استخدام الطرق الجيوفيزياوية والجيوكيمياوية وتقنيات تشخيص المعادن قد أدى إلى حصول مشاكل في حالة وجود صفات مشخصة بتلك الطرق. والمستويات الدالة «Marker horizons» التي تستند على السجلات الميكانيكية قد تتطابق مع حدود الوحدات الطباقية الصخرية وتعتبر عاملاً إضافياً في تحديدها، ولكن في حالة تقاطع (عدم تطابق) حدودها مع حدود الوحدات الطباقية الصخرية. . . فإن الوحدات المشخصة بهذه الطرق (الجيوفيزياوية، الجيوكيمياوية. . . إلخ) تعتبر وحدات غير رسمية.

عدم التوافق (Unconformities) والفجوات (Hiatuses):

في حالة وجود تعاقب للصخور ذات صفات صخرية متماثلة وتحوي على عدم توافق في داخلها فإنها تعتبر وحدة طباقية صخرية واحدة ولا تفصل إلى وحدتين طباقيتين صخريتين بسبب عدم التوافق وتوصي اللجنة الفرعية العالمية للتقسيم الطباقي بأنه في حالة وجود فجوات (Hiatuses) بدرجة حين (Epoch) أو دهر (Era) تفصل بين وحدتين طباقيتين صخريتين فإن من المفضل عدم جمعهما في وحدة صخرية واحدة حتى لو كانت الفروق الصخرية بينهما قليلة. . . إلا أننا نجد بأن أساس التقسيم الطباقي الصخري هو الصفة الصخرية، لذا فإنه في حالة عدم وجود أية فروق طبيعية واضحة في الحقل بين الطبقات الصخرية فإن من غير المفضل الاعتماد على الفجوات (Hiatuses) كأساس للتفريق بين الوحدات الطباقية الصخرية.

إن عبارة «Hiatus» لاتينية الأصل وهي جمع لكلمة «hiare»ومعناها يفغُر فمه (يفتح فمه) أو يتثاءب.

وفي علم الطبقات فإنها تطلق على الفترة الزمنية الجيولوجية غير الممثلة في العمود الطباقي بأية صخور، وعدم التمثيل هذا قد يكون نتيجة لعدم ترسيب الصخور مثلاً أو نتيجة لتعريتها بعد الترسيب وهي تمثل عادة بسطوح عدم التوافق في معظم النشريات إلا أن البعض كما في كتاب «Lexique»[1] عبروا عن فترات

(1) عبارة «Lexique» فرنسية وبالإنكليزية «Lexicon» وهي تعني معجم أو قاموس للكلمات مع معانيها. =

فقدان المواد الرسوبية بفراغات واسعة (لاحظ الشكل 2 ـ 1 و2 ـ 3) وهي كما قلنا لا تتواجد في الحقل بشكل فراغات بل إن الطبقات العليا تقع فوق التي تحتها أو جانبها مباشرة ولكنها استخدمت بهذه الصورة لتوضيح الفترة الزمنية التي لم تمثل بأي ترسيب.

بينما يعبر آخرون عن سطوح عدم التوافق برموز تشير إلى ذلك السطح.

أقسام الوحدات الطباقية الصخرية :

إن أقسام الوحدات الطباقية الصخرية الرئيسية ابتداءً بأعلى وحدة هي :

مجموعة	Group
تكوين	Formation
عضو	Member
طبقة	Bed
انسياب	Flow

ونبدأ بالتكوين (Formation) لأنه الوحدة الأساسية.

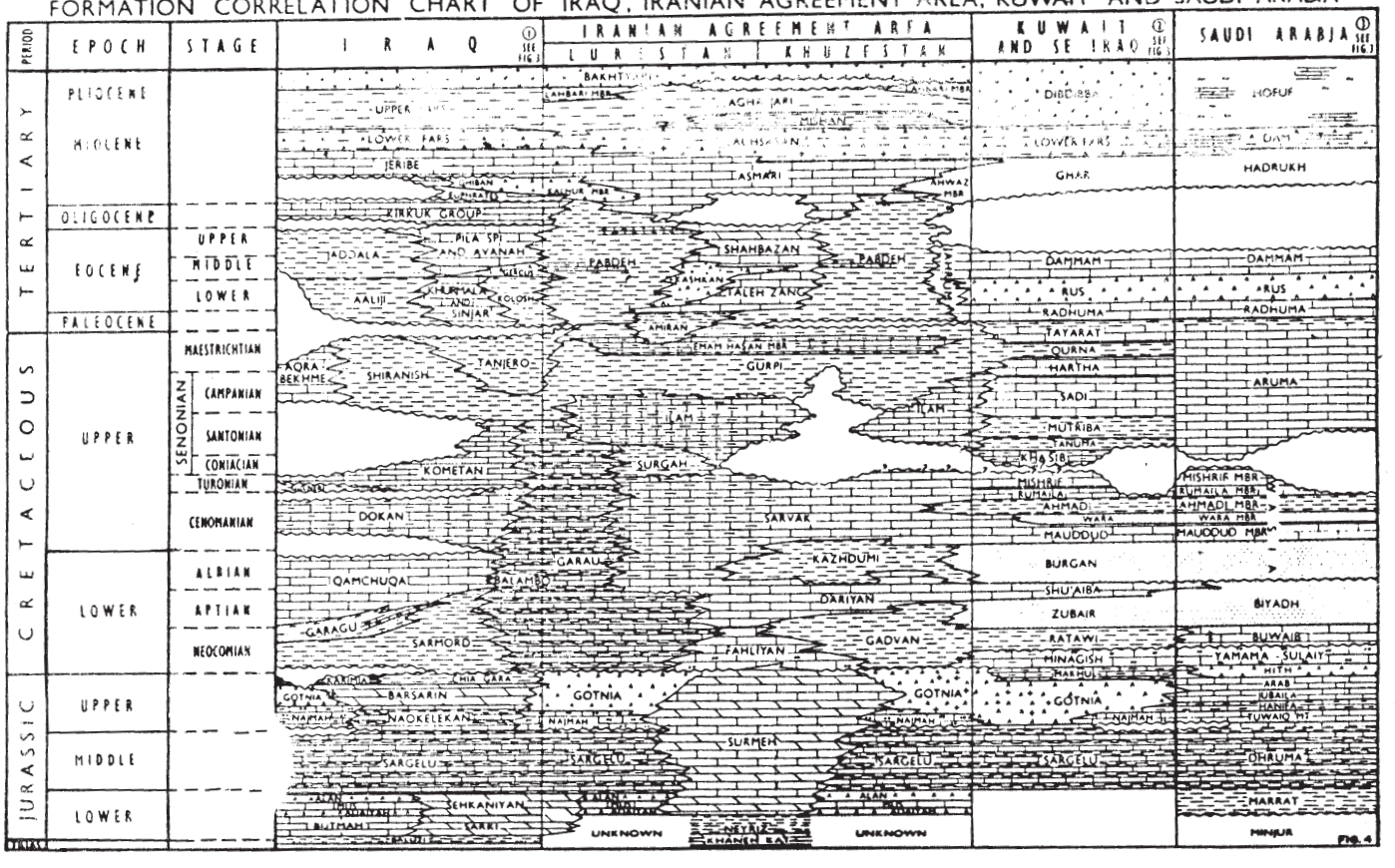
التكوين (Formation) :

هو الوحدة الأساسية من وحدات التقسيم الطباقي الصخري، وهو وحدة رسمية، بل هو الوحدة الرسمية الوحيدة المستعملة في تقسيم العمود الطباقي (Stratigraphic column) في جميع أنحاء العالم إلى وحدات لها تسميات على أساس صفاتها الصخرية.

والتكوين هو كتلة من الطبقات الصخرية التي تجمع أو توحد وذلك لأنها متكونة من صفة صخرية أو مجموعة الصفات الصخرية السائدة فيها. والتي تميزها عن الطبقات المجاورة لها.

فقد يحوي التكوين بين حدوده العليا والدنيا صخوراً ذات نوع واحد، أو تكرار لنوعين أو أكثر من الصخور أو أن تكون مكوناته الصخرية متباينة جداً في نوعيتها ولكنها تشكل بحد ذاتها مجموعة صخرية متميزة عن الصخور التي تجاورها (لاحظ الشكل 2 ـ 1 و2 ـ 3).

= وفي علم الطبقات فقد صدرت عدة نشريات تحت هذا الاسم (Lexique Statigraphique International) تحوي أسماء التكاوين في تلك الأقطار بشكل متسلسل حسب الأحرف الأبجدية. وأحد هذه النشريات صدر عن مؤتمر جيولوجي عالمي يحوي أسماء التكاوين في العراق وصفاتها بشكل متسلسل.



شكل (2 ـ 3) مضاهاة الوحدات الطباقية الصخرية في العراق وبعض الأقطار المجاورة.

تسمية التكوين :

إن هناك طريقتين لتسمية التكوينات، الأولى يكون الاسم فيها مكون من كلمتين (أو مقطعين) الكلمة الأولى هي «اسم» لموقع جغرافي ملائم قريب من المقطع النموذجي (Type section) للوحدة المسماة، والكلمة الثانية هي عبارة «تكوين» .

مثال :

تكوين كولوش (Kolosh Formation) فعبارة كولوش تشير إلى مدينة في شمال العراق والكلمة الثانية هي «تكوين» (Formation) .

الطريقة الثانية في تسمية التكوين هي إضافة الصفة الصخرية للتكوين ـ إذا كان التكوين ذو صفة واحدة سائدة ـ بين الكلمتين السابقتين ونعني بهما الاسم الجغرافي وعبارة تكوين .

مثال :

تكوين عقرة الجيري Aqra Limestone Formation فقد أضيفت هنا عبارة «جيري» «Limestone» وهي الصفة الصخرية السائدة لتكوين عقرة. وعند ذكر أسماء تكاوين في تقارير أو في خرائط توضيحية من الممكن أن تختصر عبارة Formation فتكتب . Fn أو Fm .

سمك التكوين :

ليس هناك قياسات أساسية يشترط أن يكون فيها سمك التكوين حين استحداثه . بل إن استحداثه يتم بناءً على درجة فائدته العملية للجيولوجيين في الحقل سواء أكان مكشفاً صخرياً (Outcrop) أو تحت السطح .

وأن يكون سمكه بالدرجة التي تسمح بوضعه على الخريطة ولما كانت مقاييس الرسم متباينة في الخرائط الجيولوجية . لذا فإن مدى الفائدة العلمية من الاستحداث تعتبر هي الأساس وفي الوقت الذي ذكرت فيه اللجنة الطباقية الأمريكية بأن سمك التكوين ليس عاملاً أساسياً في استحداث التكوين إلا أنها ذكرت بأن إمكانية وضعها على الخريطة وبمقياس 1 : 25,000 يعدّ عاملاً في الاستحداث .

فالتكوين الواحد قد يتغير سمكه من 2000 متر مثلاً إلى سمك رقيق جداً . . . كما نجد في كافة أنحاء العالم تكاوين إحداها بسمك 4 أمتار مثلاً يجاوره تكوين آخر بسمك 1000 متراً .

في العراق هناك أمثلة على هذا التباين في سمك التكاوين. فتكوين عليجي سمكه حوالي 164م وأحمدي سمكه 444م وعقرة 739,5م.

لقد ذكرنا بأن التكوين هو الوحدة الأساسية في تقسيم الوحدات الصخرية وهناك وحدات أخرى أعلى وأوطىء من التكوين، فالوحدات الأوطىء (الأصغر) هي العضو.

العضو (Member):

هو وحدة طباقية صخرية أصغر من التكوين (Formation) تتميز بصفة صخرية (فيزياوية) وبالإمكان تقسيم التكوين إلى أعضاء (Members) وذلك إذا لوحظ ضمن التكوين الواحد صفات صخرية (طبيعية) تبرر هذا التقسيم، والشرط الآخر لاستحداث الأعضاء (Members) هو مدى الأهمية لهذا التقسيم في الحقل ورسم الخرائط الجيولوجية.

لا توجد شروط خاصة بسمك العضو، إلا أن حدود العضو يجب أن تكون ضمن تكوين معين. فالتكوين قد يقسم إلى أجزاء وكل جزء يعتبر عضواً وقد لا يقسم التكوين إلى أعضاء... أما العضو فمن الضروري أن يكون جزءاً من تكوين رسمي محدد.

العضو (Member) يمكن أن يحتوي على طبقات (Beds). (لاحظ الشكل 2 ـ 4) فهو يمثل مقطع نموذجي تخيلي بسمك 500م مقسم إلى (13) تكويناً.

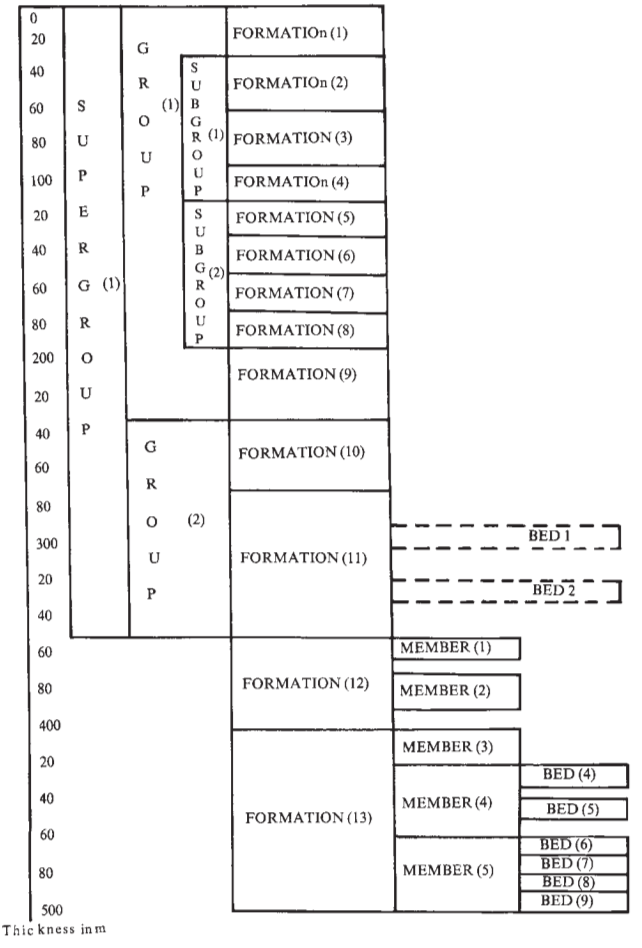
التكوينات من 1 ـ 11 تشكل «مجموعتين» [Group (2), Group (1)] ضمن Group (1) يلاحظ «تحت مجموعتين» [Subgroup (2), Subgroup (1)] تشتمل على التكوينات 2 ,3 ,4 و5 ,6 ,7 ,8 على التوالي والمجموعتين المذكورتين تشكل سوية «فوق مجموعة» [Supergroup (1)].

التكوينات من (1 ـ 10) لم تقسم إلى وحدات رسمية أصغر. بينما التكوين (12) قسم جزئياً، أجزاء منه شخصت كأعضاء (Members). التكوين (13) قسم برمته إلى أعضاء. التكوين (11) لم يقسم إلى أعضاء، بينما قسم إلى طبقتين متميزتين والتي سميت بصورة رسمية (Bed 1 و Bed 2).

الأعضاء (Members) (1) ,(2) ,(3) لم تقسم وحدات أصغر. العضو (4) قسم جزئياً إلى طبقتين سميتا رسمياً (Bed 4 و Bed 5). العضو (5) قسم كلياً إلى طبقات سميت رسمياً (Bed6- Bed9).

مما تقدم فإن بإمكان الجيولوجي جمع بعض الوحدات الطباقية الصخرية في

تقسيم أكبر إذا لاحظ صفات صخرية مشتركة بين تلك الوحدات، كما بإمكانه تقسيم الوحدة الطباقية الصخرية إلى وحدات أدنى إذا كانت هناك صفات صخرية مميزة تبرر التقسيم، والأهم من كل ذلك هو الفائدة الجيولوجية العملية من ذلك الدمج أو التقسيم.



شكل (2 ـ 4) شكل تخطيطي لتقسيمات

مقطع تخيلي إلى وحدات طباقية صخرية، (المصدر Eysinga, 1970)

استحداث عضو :

حين استحداث عضو (Member) لأول مرة يجب أن نختار له مقطع نموذجي (Type section) وموقع جغرافي (Type locality).

تسمية العضو :

حين تسمية عضو لأول مرة يستعمل اسم لموقع جغرافي قريب من المقطع

الأنموذج، ويأتي بعد الاسم الجغرافي عبارة «عضو» (Member).

وإذا كان تشخيص الصفة الصخرية مهمًّا فقد تدخل الصفة الصخرية بين الاسم الجغرافي وعبارة عضو (Member).

مثال من العراق:

«عضو ساتينا المتبخر» (Satina Evaporite Member)

وهو جزء من «تكوين جيازيري الجيري» (Chia Zairi Limestone Fn.) الذي عمره البرمي المتأخر.

وقد يقسم العضو إلى وحدات أصغر وكل وحدة هي طبقة (Bed).

الطبقة (Bed):

هي أصغر وحدة من الوحدات الطباقية الصخرية... وهي تتميز بصفاتها الصخرية (الفيزيائية).

وهي عبارة تطلق اعتيادياً على الصخور المطبقة (Layered) التي يتراوح سمكها من سنتمتر واحد إلى عدة أمتار. (والرقائق) (Layers) التي يقل سمكها عن سنتمتر واحد تسمى «laminae».

إن استحداث طبقة يجب أن يكون ضمن الحاجة المفيدة لاستحداث الطبقة في الحقل. وحين تسميتها بشكل رسمي يجب أن يكون لها مقطع نموذجي (Type section) أيضاً.

تسمية الطبقة:

إذا أردنا تسمية طبقة بشكل رسمي نستخدم اسماً لموقع جغرافي قريب من المقطع النموذجي، ثم الصفة الصخرية المميزة ثم عبارة طبقة (Bed).

مثال:

طبقة بلمر الفحمية Plummer Coal Bed:

إن جميع الوحدات الصخرية التي هي أعلى من الطبقة تضم طبقة أو عدة طبقات... ولا يشترط أن يقسم العضو أو التكوين إلى عدة طبقات بل من الممكن أن يختار الجيولوجي طبقة واحدة إذا كانت متميزة بصفتها الصخرية ويطلق عليها تسمية رسمية ويترك الأجزاء الأخرى (الطبقات الأخرى) من التكوين أو العضو بدون تسمية رسمية.

وإن الطبقة التي تسمى بشكل رسمي يمكن أن تعبر حدود العضو (Member) أو التكوين التي هي جزء منه إلى تكوين أو عضو آخر دون أن يتغير اسم الطبقة إلى اسم جديد.

وقد تستعمل عبارة طبقة بشكل اعتيادي في التقارير ولا تكون التسمية حينذاك رسمية كأن نقول: «طبقة من الحجر الجيري».

الطبقة الدالة، الطبقة المتميزة (Key bed, Marker bed):

طبقة صخرية متميزة بصفة صخرية أو أية صفة طبيعية أخرى كاللون مثلاً وتكون ذات فائدة خاصة في المضاهاة (Correlation) أو كمؤشر للرجوع في الحقل إلى أي تعاقب طبقي. وبالإمكان تعقبها خارج حدود التكوين أو العضو التي هي جزء منه.

الجريان Flow:

عبارة عن جسم صخري يمثل اختراق بركاني يمكن تمييزها من خلال نسيجها المعدني وبقية الخواص الواضحة.

العدسة (Lentil) واللسان (Tongue):

العدسة (Lentil) واللسان (Tongue) هي وحدات صخرية تمثل أشكالاً خاصة من التكاوين (Formations) أو الأعضاء (Members).

العدسة هي جسم صخري (تكوين أو عضو) بشكل عدسة توجد داخل صخور أخرى تختلف عنها بالمكونات الصخرية وتحيط بها من كل جانب (لاحظ الشكل 2 ـ 1 و2 ـ 5).

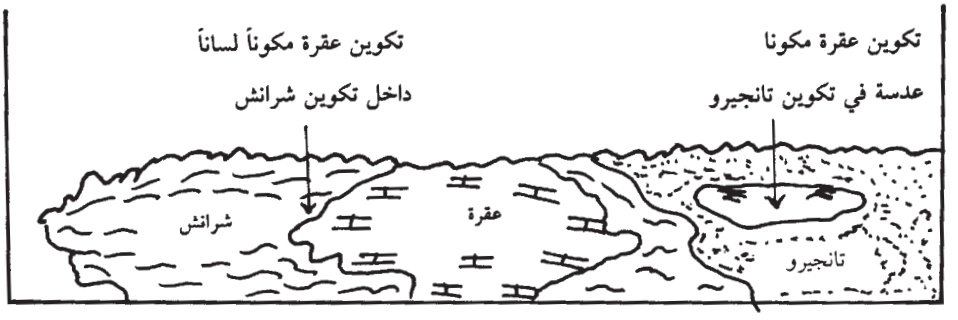
اللسان هو امتداد لوحدة صخرية بشكل لسان خارج نطاق تلك الوحدة ويتداخل مع وحدة صخرية أخرى مختلفة عنها بالمكونات الصخرية لاحظ الشكل (2 ـ 5). حيث تلاحظ تكوين عقرة بشكل عدسة داخل تكوين تانجيرو، وبشكل لسان داخل تكوين شرانش. إن اللجنة الفرعية العالمية للتقسيم الطباقي تعتبر العدسة واللسان وحدات غير رسمية بل إنها أشكال لوحدات طباقية صخرية (شكل 2 ـ 6).

المجموعة (Group):

وحدة طباقية صخرية تأتي أعلى من التكوين في التقسيم الطباقي الصخري

والمجموعة (Group) تشمل تكوينين أو أكثر تجمعهما صفات صخرية (فيزياوية) مشتركة. إن الغرض من توحيد مثل هذه التكاوين هو إظهار العلاقة الطبيعية بينها. ويفيد استحداث مجموعة في رسم الخرائط ذات مقياس رسم صغير على سبيل المثال 1سم: 5كم.

تسمية المجموعة تكون باستعمال اسم جغرافي مع عبارة مجموعة. مثال من العراق: مجموعة كركوك (Kirkuk Group) وهذه المجموعة تحوي 9 تكاوين.

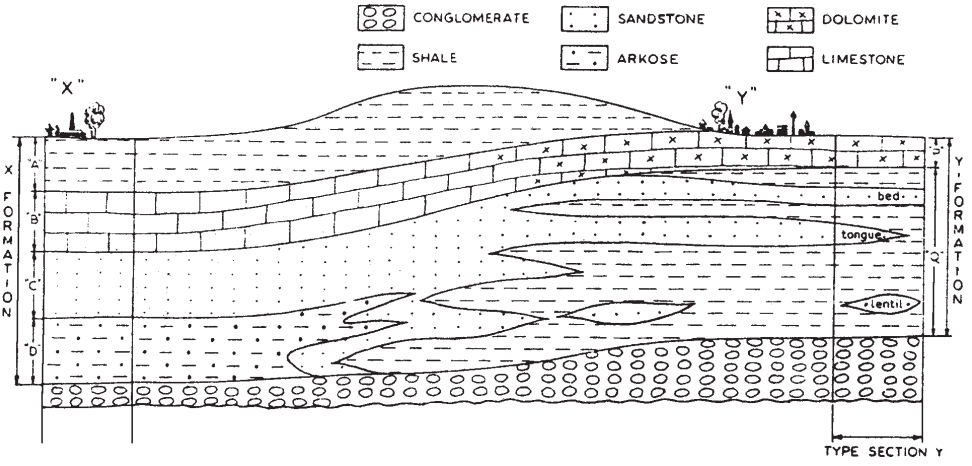


شكل (2 ـ 5) تخطيط يوضح أشكال العدسة واللسان لبعض التكاوين في شمال العراق

مجموعة كركوك

الأوليجوسين	خلف ـ حيد	أمام ـ حيد	البحر المفتوح
الأوليجوسين العلوي الأوليجوسين الأوسط الأوليجوسين الأسفل	تكوين عنة الجيري تكوين باجوان الجيري تكوين شورا الجيري	تكوين أزقند الجيري تكوين بابا الجيري تكوين شيخ علاس	تكوين إبراهيم تكوين تارجيل تكوين بلاني الجيري

أما الصفات الصخرية لتكوين إبراهيم فهو حجر جيري مارلي كلوبجراني يحوي على جنس (Globigerina) وتكوين تارجيل وبلاني فهو حجر جيري مارلي متأثر بالتدلمت.



شكل (2 ـ 6) مقطع تخيلي لمنطقة ما،

يظهر الفروقات في الصفات الصخرية بين تكوينين اشتملا على رسوبيات تكونت في نفس الوقت.

في الموقع «X» شخّص المقطع النموذجي للتكوين «X» وسمي نسبة إلى الموقع الجغرافي «X» وقسم إلى أربعة أعضاء (Members) هي [«A», «B», «C», «D»] كل منها له صفة صخرية مميزة.

في موقع آخر «Y» على بعد عدة أميال شرق الموقع «X» وبنفس الصيغة السابقة فإن تكوين «Y» سمي نسبة إلى الموقع الجغرافي «Y» وقسم إلى عضوين «P» و«Q».

ما بين «X» و«Y» تغيرت السحنات الصخرية. فالحجر الجيري للعضو «B» التابع لتكوين «X» تغير تدريجياً إلى دولومايت العضو «P» التابع لتكوين «Y». والعضو الطيني «Q» التابع لتكوين «Y» احتوى على ثلاث وحدات من الحجر الرملي هي طبقة (bed)، لسان(tongue) وعدسة (lentil) والتي تمثل امتداداً للعضو الرملي «C» العائد لتكوين «X».

لذا فإن الصفات العامة للتكاوين متقارب وهو أنها مكونة من الحجر الجيري الذي يشكل الصفة الصخرية السائدة.

وإذا كانت التكاوين ضمن المجموعة الواحدة ذات صفة صخرية متميزة فلا مانع من استعمال الصفة الصخرية، فتكون التسمية في هذه الحالة اسم جغرافي ثم صفة صخرية ثم عبارة مجموعة.

وقد لا تحوي المجموعة على نفس التكاوين في جميع المناطق الجغرافية المتواجدة فيها. مثال: «مجموعة الوسيع» (Wasia Group) تضم تكاوين غير متماثلة في جنوب العراق وجنوب شرق الكويت.

التكاوين في جنوب العراق:

مشرف، رميلة، أحمدي، وارا، مودود، نهر عمر.

التكاوين في جنوب شرق الكويت:

ماكوا، أحمدي، وارا، مودود، بركان.

المقطع النموذجي:

لا يوجد للمجموعة مقطع نموذجي (Type Section) بل إن المقاطع النموذجية الأصلية للتكاوين التي تضمها المجموعة تعتبر كافية.

التغير في درجة الوحدة الطباقية الصخرية:

إن تضييق تكوين في مجموعة أو عدة تكاوين في مجموعة يعد مبرراً لتبديل مستوى الوحدة الصخرية من مجموعة إلى تكوين محتفظاً بالتسمية الأولى.

مثال:

نفترض بأن هناك مجموعة باسم «مجموعة دهوك» مكونة من تكوينين. وتضيّق أحد التكويني بحيث اختفى جانبياً وبقي تكوين واحد واضح.. عند ذاك يبدل اسم «مجموعة دهوك» إلى «تكوين دهوك».

وإذا كان هناك تكوين قد استحدث ثم قسم بعد ذلك إلى وحدتين أو أكثر بدرجة تكوين. فإن التكوين الأصلي مع اسمه يرفع مستواه إلى درجة مجموعة.

مثال:

نفترض بأنه استحدث تكوين جديد باسم «تكوين الموصل» (Mosul Fn.) عام 1970م من قبل أحد الجيولوجيين، وفي عام 1980م وبعد دراسة مستفيضة قام جيولوجي آخر ـ أو نفس الجيولوجي الأول ـ بتقسيم تكوين الموصل إلى وحدتين كل منهما بدرجة تكوين ـ نفترض أسماء التكوينين الجديدين هما تكوين المشراق وتكوين حمام العليل ـ فيبدل اسم التكوين السابق وهو «تكوين الموصل» إلى «مجموعة الموصل» (Mosul Group) وتشمل المجموعة الجديدة تكويني المشراق وحمام العليل.

إن رفع درجة الوحدة الطباقية الصخرية أفضل من إطلاق الاسم القديم على جزء من حدودها السابقة. لأن تغير الدرجة يساعد على إبقاء الاسم الجغرافي الأصلي.

فوق مجموعة (Supergroup):

إذا كان هناك حاجة إلى وحدات طباقية صخرية أعلى من المجموعة وذلك

للإشارة إلى أن عدة «مجاميع» (Groups) أو «تكاوين ومجاميع» ذات صفة صخرية واضحة ومشتركة فإن العبارة «فوق مجموعة» (Supergroup) قد تستعمل لهذه الوحدات المجمعة سوية (شكل 2 ـ 4).

تحت مجموعة (Subgroup):

حدد في بعض المناطق جيولوجيو علم الطبقات عدة تكاوين ضمن مجموعة وأطلقوا على هذه التكاوين اسم «تحت مجموعة» (Subgroup). (شكل 2 ـ 4).

ويكون استحداث «تحت مجموعة» لاحقاً لاستحداث التكاوين والمجموعة ويكون الأساس في هذا الاستحداث أن «تحت مجموعة» الواحدة تضم تكاوين ذات صفات صخرية متقاربة تميزها عن غيرها.

تسمية الوحدات الطباقية الصخرية:

إن اسم الوحدة الطباقية الصخرية يجب أن يتكون من اسم موقع جغرافي ملائم مع اسم يمثل درجة الوحدة الطباقية الصخرية (مجموعة، تكوين، عضو، طبقة). أو اسم النوع الصخري الرئيسي المميز لتلك الوحدة. . . إن مصطلحات Lower, Middle, Upper يجب أن لا تستخدم كمصطلحات رسمية. مثال على ذلك Lower Qamchuqa يجب أن تبدل إلى تسمية رسمية جديدة. إذا وجدت وحدتان تتدرجان جانبياً في صفاتها الصخرية فالجزء الذي يمثل تداخل الوحدتين يمكن أن يشار له باسم الوحدتين تفصلها شارحة، حتى يتقرر اعتبار ذلك الجزء تابعاً لأحد الوحدتين أو استعمال اسم ثالث مستقل.

فعلى سبيل المثال لو كان تكوين تانجيرو يتدرج جانبياً في مناطق واسعة إلى تكوين شرانش فالمناطق التي تمثل تداخل التكوينين يشار لها بالصورة التالية:

تكوين تانجيرو ـ شرانش .Tanjero - Shiranish Fn:

وفي حال عدم وضوح الحدود العمودية بين وحدتين أو أن هناك شكّاً في أن طبقة صخرية تعود إلى الوحدة السفلى أو العليا، فيستخدم اسم الوحدتين أيضاً وبينهما خط مائل (/) وأحياناً شارحة (-).

مثال من العراق:

إن الحدود بين تكويني بخمة (.Bekhme Fn) وعقرة (.Aqra Fn) غير محددة بصورة دقيقة في بعض المناطق الشمالية، لذا فإن الباحثين حين دراسة حدود

الوحدتين يشيرون إليها بالشكل التالي: (Bekhme- Aqra Fn.) ورسمت الحدود بين الوحدتين ببعض المقاطع الطباقية بشكل خطوط مقطعة دلالة على عدم دقة موقع الحد (لاحظ الحدود بين تكويني بخمة وعقرة في أعلى الشكل 2 ـ 1).

مصدر الاسم الجغرافي:

إن الاسم الجغرافي يجب أن يكون مظهراً طبيعياً أو اصطناعياً تقع فيه أو بالقرب منه الوحدة الطباقية الصخرية بأفضل صورة.

إن اشتقاق الأسماء من مواقع جغرافية غير ثابتة كالمزارع أو أبنية كالمدارس أو تقاطع طرق تعتبر غير ملائمة تماماً، ولكن يمكن قبولها في حال عدم توفر مرجع جغرافي أفضل.

الاستغناء عن جزء من الاسم:

إذا كان تكرار الاسم بشكل كبير يؤدي إلى ملل القارىء، فإن شطب جزء من الاسم لن يؤثر على وضوح ما يقصده الكاتب. وبالإمكان شطب جزء من الاسم بعد استعماله مرة واحدة بصورة كاملة، مثال:

يمكن أن نستعمل عبارة «البرلنكتون» أو «الجيري» بدلاً من برلنكتون الجيري «Burlington Limestone» أو «تكوين برلنكتون» (Burlington Formation).

استخدام عبارة صخرية بسيطة:

حينما ينوي الجيولوجي استخدام صفة صخرية مع اسم الوحدة الطباقية الصخرية فمن المفضل أن يستخدم اسماً لصفة صخرية بسيطة مثال (جيري، رملي، طفلي... إلخ) ومع ذلك فاستخدام اسمين مثل «رملي، طفلي» أو استخدام صفة تعد ممكناً إذا كان الاستخدام سيؤدي إلى الدلالة على التكوين.

الأحرف الكبيرة:

إن الأحرف الأولى من أسماء الوحدات الطباقية الصخرية باللغة الأجنبية يجب أن يكون كبيراً (Capital) مثال «تكوين كولوش» (Kolosh Formation) (لاحظ الحرفين K وF).

والمعلوم أن ذلك لا ينطبق على اللغة العربية لأنه لا توجد في لغتنا أحرف كبيرة (Capital letters) أو صغيرة (Small letters). كما هو موجود في اللغة الإنكليزية.

تغيير أسماء المظاهر الجغرافية:

إن تغيير اسم المظهر الجغرافي لا يؤدي إلى تغيير اسم الوحدة الطباقية الصخرية التي سميت نسبة إلى اسم المظهر الجغرافي الأولي مثال: إذا سمي تكوين نسبة إلى اسم مدينة ثم غيّر اسم المدينة بعد ذلك فإن اسم التكوين لا يتبدل باسم المدينة الجديد بل يبقى التكوين محتفظاً باسمه نسبة إلى اسم المدينة الأولى.

اختفاء المظهر الجغرافي:

إن اختفاء المظهر الجغرافي لا يؤدي إلى تغيير اسم الوحدة الطباقية الصخرية التي سميت نسبة إليه، مثال: تمت تسمية تكوين باسم قرية هي ثورمان (Thurman) في ولاية بتسبرج في أمريكا ثم أزيلت تلك القرية... فإن اسم الوحدة الطباقية الصخرية التي سميت باسم تلك القرية يبقى ولا تبدل إلى اسم جديد.

الأسماء في أقطار مختلفة ولغات مختلفة:

إن الطريقة التي يتهجأ بها الاسم الجغرافي كجزء من اسم وحدة طباقية صخرية في البلد الذي يقع فيه المقطع النموذجي (Type locality) يجب ألاّ يغير إلى اسم مكافىء له وباستعمال كلمات أخرى في لغة ثانية.

مثال:

عبارة كوجيلو «Cuchillo» هي كلمة إسبانية تعني سكين ويجب أن لا تترجم بالإنكليزية إلى سكين (Knife)... ولكن من الملائم ترجمة الصفة الصخرية فقط.

الحدود السياسية:

إن اسم الوحدة الطباقية الصخرية لا يتغير حين امتداد تلك الوحدة إلى بلد ثانٍ مجاور له... فهناك في العراق العديد من الأمثلة على وحدات طباقية صخرية شخصت في أقطار مجاورة وبقيت في العراق محتفظة بنفس التسمية... فتكوين جركس (Gercus Formation) مشخص في تركيا ويمتد داخل العراق بنفس التسمية وكذلك «تكوين دمام» (Dammam Formation) مشخص في السعودية والمتواجد بنفس التسمية في جنوب العراق.

الخطوات المستخدمة لاستحداث وحدة طباقية صخرية رسمية:

إن استحداث وحدة طباقية صخرية بصورة رسمية يستلزم النشر في إحدى

الأوساط العلمية المعترف بها وذلك النشر يجب أن يحتوي على:

1 ـ إشارة من الباحث إلى قراره (نيته) في استحداث وحدة رسمية.

2 ـ اختيار اسم الوحدة نسبة إلى موقع جغرافي.

3 ـ وصف الوحدة في المنطقة النموذجية (Type locality) مع تحديد موقع المقطع النموذجي (Type Section) ويشتمل تحديد المقطع النموذجي على:

أ ـ تحديد الموقع مع تعليق عام عليه.

ب ـ الوصف الجغرافي بشكل تفصيلي (وترفق خرائط، صور جوية... إلخ).

جـ ـ الوصف الجيولوجي بصورة تفصيلية، مع المقاطع النموذجية للحدود، المقطع النموذجي المرجعي، طبيعة الوحدات المجاورة، العلاقات الطباقية.

د ـ وصف حدود الوحدة بصورة تفصيلية، مع المقاطع النموذجية للحدود، المقطع النموذجي المرجعي.

هـ ـ توضيح لمنشأ وأصل صخور تلك الوحدة والسحنات البيئية.

4 ـ الصفات المميزة للوحدة الطباقية الصخرية والمظاهر العامة للمنطقة.

5 ـ ذكر الحدود الطباقية وعلاقتها مع الوحدات الأخرى.

6 ـ شكل وأبعاد الوحدة إلى أقصى ما يستطيعه الباحث مع توضيح لمنشأ صخور تلك الوحدة والسحنات البيئية.

7 ـ العمر الجيولوجي والمضاهاة.

8 ـ المصادر والمراجع المستخدمة.

9 ـ تاريخ الوحدة.. ويقصد بها الأسماء الغير الرسمية التي أطلقت على تلك الوحدة وأسماء الباحثين الذين أطلقوها وتاريخ استخدام تلك الأسماء قبل تسميتها بصورة رسمية.

مثال: تكوين بلاني (Palani Formation):

استحدث تكوين بلاني في عام 1956م وقَبْلَ هذا التاريخ (في عام 1948م) أطلق باربر (Barber) على صخور بلاني اسم الحجر الجيري الكلوبيجيراييني (Globigerinal Limestone). ثم جاء بعده بيكر (Baker) وأطلق على نفس الصخور في عام 1953م اسم الحجر الجيري والمارلي الكلوبيجيراييني (Globigerinal

(Limestone & Marl) وفي عام 1954م أطلق عليها دانيل (Daniel) الرمز Go/1.

في عام 1956م قام فان بلين (Van Bellen) باستحداث اسم تكوين لنفس الصخور الموصوفة من قبل باربر وبيكر ودانيل وسماها «تكوين بلاني» (Palani Fm.).

إن الملاحظة الأساسية التي نوردها في مجال استحداث الوحدة الطباقية الصخرية الجديدة هي أن توصف وتحدد بشكل واضح جداً من قبل الجيولوجي... بحيث يستطيع أي شخص بعده أن يستدل على تلك الوحدة بدون أي شك.

وتذكر الأسباب العلمية التي دعت الجيولوجي إلى تمييز الوحدة الجديدة، كما يوصف المظهر الجغرافي الذي سميت الوحدة الجديدة نسبة إليه.

الإضافات الضرورية لوحدات مستحدثة تحت السطح:

إن الوحدات الصخرية تحت السطح تعطى أسماءً رسمية في الحالات التي يكون من المفيد جيولوجياً إعطاء تلك التسمية وحينما تكون تلك الوحدة تحت السطح مختلفة من الناحية الطبيعية عن الصخور المكافئة لها بالعمر في السطح.

وحين اقتراح اسم جديد لوحدة تحت السطح فإن المنجم أو البئر التي تقع فيه الوحدة الصخرية يصبح «الموقع النموذجي» (Type locality) والمعلومات الإضافية في هذه الحالات هي:

1 ـ تحديد الموقع النموذجي للبئر أو للمنجم تحريرياً وترفق معه خريطة تبين ذلك الموقع.

مثال من العراق:

تكوين خورمالة في العراق أعطيت المعلومات عن المقطع النموذجي له في كتاب «Lexique» بالشكل التالي:

الموقع:

بئر شركة نفط العراق (I.P.C) رقمه K- 114 ويقع في الإحداثيات خط عرض 15,50″ 56′ 45° شمالاً.

وخط طول 78,″21 45′43° شرقاً. ما بين الأعماق المحفورة 3225 قدماً وإلى 3860 قدماً ارتفاع موقع البئر 1185 قدماً وأكمل حفره في 31/ 6/ 1954م. (ولم نرفق

خريطة بالموقع في كتابنا هذا إلا أن الخرائط الجيولوجية لمنطقة كركوك مثبت عليها موقع البئر K- 114).

2 ـ تثبت سجلات النماذج الصخرية (Sample logs) في البئر أو الآبار، كما يرسم مقطع عرضي للمنجم.

3 ـ تؤخذ السجلات الكهربائية (Electrical logs) أو السجلات الميكانيكية الأخرى ومن المفضل أن ترسم سجلات بتلك الوحدة من عدة آبار. وتوضع حدود وتقسيمات الوحدة الصخرية على مقياس كبير بالشكل الذي تتوضح فيه الحدود ومحتويات الوحدة بشكل تفصيلي.

4 ـ موقع النماذج المحفوظة من تلك الوحدة الصخرية سواء أكانت هذه النماذج من فتات الصخور (Cuttings) أو اللباب (Cores) وتوضع بشكل يسهل الرجوع إليها وتحفظ عادة في دوائر المسح الجيولوجي أو الجامعات أو المتاحف.

النشريات المقبولة:

سبق أن أشرنا إلى أن أحد الشروط في استحداث وحدة طباقية صخرية هو نشر الاسم الجديد في دورية معترف بها، وسنتطرق إلى المقصود بالنشريات المقبولة.

إن من الصعب تعريف «النشريات المعترف بها في الأوساط العلمية» وقد اعتبر توفر تلك النشرة في الوسط العلمي وسهولة الحصول عليها هو العامل الرئيسي في تحديدها بغض النظر عن إعداد النشرة أو وسيلة النشر. فالنشرة المعترف بها هي تلك التي من الممكن الحصول عليها إمّا عن طريق الطلب الشخصي أو بواسطة دور النشر.

لذا فإن أية نشرة تصدر بصورة دورية وبأعداد مرقمة ومتسلسلة تؤدي هذا الغرض علماً بأن هناك نشريات قد لا تكون دورية إلا أنها تعتبر من النشريات المقبولة، ومنها التي تصدر بشكل فردي أو بشكل دوري غير منتظم. ويفضل في هذه الحالة الأخيرة أن يشير الجيولوجي إلى استحداث الوحدة في نشرة قطرية علمية.

إن الأسماء المقترحة في أوساط غير رسمية أو نشريات محصورة في مجال ضيق مثال على ذلك الرسائل أو تقارير الشركات السرية أو أطاريح الماجستير والدكتوراه لا تعتبر من وسائل النشر المعترف بها كوسط علمي يعطي الأولوية فيها للناشر.

كما أن الرقيقة (المايكروفيلم) والنشر في الجرائد أو المجلات التجارية لا تعتبر نشريات مقبولة في هذا المجال.

الإشارة إلى أسماء سبق وأن نشرت:

إن على المؤلفين الإشارة إلى النشريات القطرية أو المحلية التي تحتوي على الأسماء الطباقية وتبين ما إذا كان اسم الوحدة الجديدة قد استخدم سابقاً أم لا... وسجلات كهذه يجب أن تحفظ من قبل جميع الأقطار والولايات التي فيها دراسات جيولوجية... وإن أفضل مصدر يرجع له لمعظم الأقطار في مجال أسماء الوحدات الطباقية هو الأعداد النشرية. «معجم الطبقات» (Lexicon of Stratigraphy) وقد صدر عن العراق نشرة تحوي أسماء جميع التكاوين المعروفة في العراق حتى عام 1959م في إحدى هذه النشريات وعنوانها الكامل هو:

Lexique Stratigraphique International
Vol. III, ASIE
Fascicule 10a
IRAQ, 1959.

للمؤلفين فان بلن (Van Bellen)، دننجتون (Dunnington) وتزل (Wetzel)، مورتن (Morton).

وهذه النشريات صدرت بعد المؤتمر الجيولوجي العالمي الذي عقد في المكسيك عام 1956م.

وأسماء المؤلفين الذين ذكرناهم كانوا جيولوجيين في شركات النفط الأجنبية العاملة في العراق قبل تأميم النفط.

أسماء الوحدات السطحية وتحت السطحية:

بالإمكان أن تجرى مضاهاة بين وحدات قد تمت تسميتها وتقع تحت السطح مع وحدات تمت تسميتها وتقع على السطح إذا كانت هناك صفات مميزة خاصة بكل وحدة.. أما إذا كانت الصفات المميزة لهما متقاربة إلى درجة يجد الجيولوجي فيها عدم ضرورة تقسيمها إلى وحدتين منفصلتين فيتبع أسلوب الاعتماد على الأولوية في تسمية الوحدتين حيث يحتفظ باسم الوحدة المنشور أولاً (إذا كانت طريقة التسمية والنشر وغيرها من الشروط تنطبق وتسمية وحدة طباقية صخرية).. ويسقط اسم الوحدة الطباقية الصخرية الثانية، وينسحب نفس اسم الوحدة الأولى على الثانية أيضاً.

مثال:

أطلق جيولوجي اسم «تكوين عين زالة» على مقطع تحت السطح في أحد آبار عين زالة وتمت مقارنته بتكوين آخر على السطح بعمر مقارب له اسمه «تكوين بطمة» ولوحظ بأن كلا التكوينين متشابهان وكان «تكوين بطمة» قد استحدث أولاً وينطبق مع كافة شروط استحداث وحدة طباقية صخرية، ففي هذه الحالة يطلق اسم تكوين بطمة للإشارة إلى تكوين بطمة كما أنه يستعمل للإشارة إلى تكوين عين زالة الجديد وتسقط التسمية «تكوين عين زالة» من الاستعمال.

قانون الأولوية في التسميات:

إن قانون الأولوية في استخدام التسميات على الوحدات الطباقية الصخرية هو المعول به حين الإبقاء على التسمية الصحيحة. ويقصد به الأولوية في النشر ومن الضروري التقيد بقواعد الأولويات في التسميات العلمية عموماً.

وأحياناً يُبقي الجيولوجيون على تسمية ليست لها الأولوية ولكن لأنها استخدمت بشكل أكبر ومعروفة أكثر من سابقتها. كما ليس من المفضل أن نستخدم نفس التسمية على وحدة صخرية سبق وأن استخدمت تلك التسمية على وحدة صخرية قبلها.

إعادة النظر في تقسيم أو تسمية الوحدات الطباقية الصخرية:

أ ـ إن إعادة تعريف ووصف وحدة طباقية صخرية بدون تغيير اسم الوحدة يتطلب اتباع التعليمات وتقديم المبررات كما لو كانت الوحدة جديدة.

إن إعادة التعريف ممكن في حال التغييرات البسيطة في الحدود مما يؤدي إلى جعل حدود الوحدة أكثر طبيعية وفائدة من الأول.

وعندما يؤدي إعادة النظر في طبيعة الوحدة الصخرية إلى إزالة (إسقاط) جزء من الوحدة الصخرية فإن التسمية الأولية تبقى لتشمل الجزء الأكبر من تلك الوحدة.

ب ـ عندما تقسم وحدة أصلية إلى وحدتين أو أكثر بنفس الدرجة (المستوى) كتقسيم تكوين إلى تكوينين، فإن الاسم الأصلي يجب ألاّ يستخدم للإشارة على أي جزء جديد من التقسيم.

والمفضل في هذه الحالة أن ترفع درجة التسمية الأولى إلى مرتبة أعلى. فعلى سبيل المثال إذا قسم تكوين معين إلى تكوينين جديدين فالمفضل أن

يرفع اسم التكوين الأولي ليصبح اسماً لمجموعة (Group).

جـ ـ إن تغيير الوصف الصخري لوحدة طباقية صخرية لا يستلزم تغيير الاسم الجغرافي له.

د ـ إن تغيير مستوى (درجة) الوحدة الطباقية الصخرية لا يستلزم إعادة تعريف حدود تلك الوحدة أو تغيير الجزء الجغرافي من الاسم، لذا فمن الممكن أن يبدل عضو (Member) إلى تكوين (Formation) أو بالعكس، أو أن ترفع درجة تكوين إلى مجموعة (Group). والعكس بالعكس. كما أن من الممكن أن يختلف مستوى وحدة صخرية في منطقة عنها في منطقة أخرى. على سبيل المثال فإن هناك «تكويناً» في إحدى الولايات الأمريكية يصبح «مجموعة» في ولاية أخرى.

هـ ـ إذا كان تغيير درجة الوحدة في منطقة واحدة فإن من المفضل تغيير درجة الوحدة بدون تغيير مكونات الوحدة من الصخور. على سبيل المثال فإن تكوين ماديسون الجيري في ولاية مونتانا أصبح فيما بعد مجموعة ماديسون ويحوي عدة تكاوين.

و ـ حين تغيير درجة الوحدة الصخرية فلا يجوز استعمال نفس التسمية (الاسم الجغرافي) على الوحدة الصخرية بعد تغيير درجتها وعلى جزء منها. فعلى سبيل المثال لا يجوز أن تحوي «مجموعة أستوريا» على «تكوين أستوريا» أو «عضو أستوريا».

ز ـ إن تغيير الوصف الصخري (اسم الصفة الصخرية) في وحدة طباقية صخرية لا يتطلب اسماً جغرافياً جديداً. . . إن مبدأ الأسبقية يجب ألاّ يمنع الجيولوجي من تحديد أكثر دقة للصفة الصخرية إذا كانت الصفة الصخرية لا تنطبق على الوحدة في جميع الأماكن التي تظهر فيها. . . على سبيل المثال استعملت عبارة «جيري» لوصف صخور «كالينا الجيري» (Galena Limestone Formation) قد لا ينطبق الوصف على بعض المواضع، ولذا فقد غيرت إلى «دولومايت» حتى لو كان المقطع النموذجي (Type section) قد وصف بصورة صحيحة وكان حجراً جيرياً.

أما إذا لاحظ الجيولوجيون أن عبارة «الجيري» لا تنطبق على التكوين في كل مكان وكان تغير صخور التكوين كبير جداً أي من مناطق ظهرت بأنها دولومايت وفي أماكن أخرى احتوت على طَفَلْ فيفضل أن تستعمل عبارة تكوين

بعد الاسم الجغرافي بدون ذكر الصفة الصخرية وتصبح بذلك «تكوين كالينا».

الوحدات الطباقية ـ الترابية (Soil-Stratigaphic Units):

الوحدة الطباقية الترابية هي عبارة عن تربة ذات صفات فيزياوية وعلاقات طباقية بالشكل الذي يسمح لها بالتشخيص الثابت وإمكانية وضعها على الخريطة كوحدة طباقية.

الوحدات الطباقية ـ الترابية تتميز عن كل من الوحدات الطباقية ـ الصخرية والوحدات الترابية (Pedologic Units)[1].

وتختلف الوحدة الطباقية ـ الترابية عن الوحدة الطباقية ـ الصخرية بأن الأولى تتكون معظم أجزائها موضعياً من الوحدات الطباقية ـ الصخرية التي تقع تحتها، والتي قد تختلف عنها بمكوناتها الصخرية وعمرها. بالإضافة إلى ذلك فإن الصفات المميزة للوحدات الطباقية ـ الترابية هي كونها ناتج لعمليات التعرية السطحية وتأثير الأحياء في أوقات لاحقة، وأنها تكونت تحت ظروف بيئية مستقلة عن تلك التي سادت حين تكون الصخور الأم (الأصلية).

وتختلف هذه الوحدات عن تقسيمات التربة Pedologic في أن العلاقات الطباقية هي العنصر الأساس في تحديد الوحدة الطباقية ـ الترابية ولكن العلاقات الطباقية غير مهمة في تحديد أقسام التربة. إن الوحدة الطباقية الترابية قد تحوي واحدة أو أكثر من تقسيمات التربة أو أجزاء منها.

إن الوحدة الطباقية ـ الترابية يجب أن تحدد على أساس الصفات الفيزياوية الواضحة والعلاقات الطباقية في الموقع النموذجي، ويمكن تمديدها إلى الحدود التي يمكن فيها ملاحظتها، وحدودها يمكن أن توضع في مناطق الاتصال أو في أنطقة التدرج. كما أنه من الضروري معرفة امتدادات هذه الوحدة جانبياً كما أن تشخيصها لا يعتمد على التاريخ الجيولوجي. وهذه الوحدات قد تكون موازية أو تقطع مستويات الزمن الجيولوجي.

إن التقسيم الوحيد للوحدة الطباقية ـ الترابية هو التربة (Soil) وأن اختيار أسماء الوحدات الطباقية ـ الترابية يتم استناداً إلى التعليمات التي تحكم طريق تسمية الوحدات الطباقية ـ الصخرية ويجب ألاّ تتعارض تسمياتها مع أسماء الوحدات الأخرى.

---

(1) معنى Pedology ـ العلم الذي يتعلق بالتربة، منشؤها، صفاتها، استخداماتها..

وحدات المناخ ـ الجيولوجي (Geologic - Climate Units) :

إن «وحدة المناخ ـ الجيولوجي» (Geologic-Climate Unit) هي أحد إحداث المناخ الواسعة الانتشار التي يستدل عليها من تقسيم صخور الرابع (كواترنري) (Quaternary).

وتحدد بواسطة السجلات التي خلفتها صخور تلك الفترة الجيولوجية وهي عبارة عن كتل من الصخور، والتربة والمواد العضوية... وفي أية منطقة تتواجد فيها هذه الوحدة فإن حدودها الزمنية ترسم حسب محتوياتها من الوحدات الطباقية... هذه الحدود الطباقية قد تكون متساوية في المنطقة الواحدة، ولكن الحدود الطباقية المختلفة التي تحدد الوحدة الزمنية الجيولوجية في عدة مواقع مختلفة حسب خطوط العرض التي توجد فيها لا يحتمل أن تكون أسطح ذات عمر واحد... وفي هذا المجال تختلف وحدات المناخ الجيولوجي عن وحدات الزمن الجيولوجي التي تستند على وحدات طباقية زمنية.

إن الموقع الذي توصف فيه وحدة المناخ الجيولوجي لأول مرة تعتبر الموقع النموذجي (Type locality).

والوحدة منها تمتد جغرافياً إلى أي مدى يمكن فيه تشخيص «المناخ الجيولوجي» بغض النظر عن تغير سحنة الصخور والتربة أو أية صخور أخرى تمثل مكونات ذلك السجل.

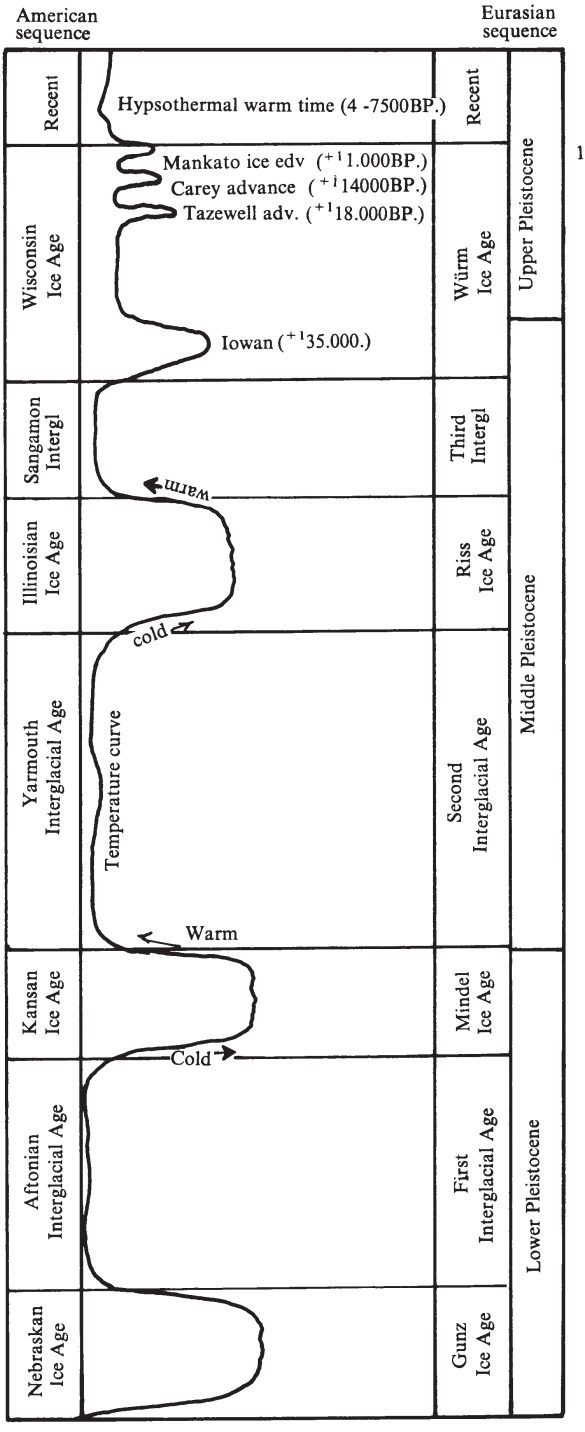
الغاية من هذه الوحدات :

تستعمل وحدات المناخ ـ الجيولوجي للأغراض التالية :

1 ـ مضاهاة إحداث ترسبات صخور الكواترنري في مناطق مختلفة.

2 ـ تحديد تعاقب الإحداث بشكل تاريخي في الكواترنري.

وسنتطرق إلى بعض المصطلحات ذات العلاقة بهذا الموضوع (شكل 2 ـ 7) فترة جليدية (Glaciation) :ـ هي حدث له علاقة بالمناخ وخلال هذه الفترة تكونت كميات كبيرة من الجليد وتقدمت إلى أقصى مدى لها ثم تراجعت.



شكل (2 ـ 7) فترات تقدم وتراجع الجليد في العصر الجليدي

فترة بين جليدية (Interglaciation). هي الفترة التي لم يكن المناخ خلالها ملائماً للتقدم الكبير في الثلاجات كما في حالة مناخ الفترة الجليدية.

ستيد (Stade) هي إحدى التقسيمات الثانوية للفترة الجليدية (Glaciation) الذي حصل خلاله تقدم ثاني (ثانوي) في الثلاجات.

أنترستيد (Inerstade). . أحد التقسيمات الثانوية لفترة الجليدية الذي حصل خلاله تراجع ثانوي أو توقف في الجليد.

المضاهاة (Correlation):

هي عملية إظهار درجة التماثل أو التكافىء، وفي علم الطبقات فإن العملية تعني إظهار العلاقات المتكافئة (المتساوية) نسبة إلى الزمن ـ أي التماثل في العمر.

كما أن المضاهاة الطبقية هي إظهار مدى المساواة أو التماثل بين وحدتين طباقيتين في منطقتين أو أكثر.

وقد سبق أن أوضحنا مفهوم الوحدات الطباقية وهي الوحدات الطباقية الصخرية والوحدات الطباقية الحياتية والوحدات الطباقية الزمنية. . فعملية المضاهاة قد تتم بين مقطعين طباقيين صخريين أو أكثر أو مقطعين طباقيين حياتيين أو أكثر. . . وهكذا. إن عملية المضاهاة تجري بين وحدات من نفس الصنف ولا تتم بين وحدة طباقية صخرية ووحدة طباقية حياتية.

لذا فإن وجود مجموعتين من الصفات في الصخور أدى إلى إمكانية تقسيم الصخور إلى مجموعتين: الأولى هي التي تشخص لصفاتها الفيزياوية الظاهرة وتتحدد عمودياً وجانبياً في نقاط تغير تلك الصفة الفيزياوية وتشمل المجموعة، التكوين. . . إلخ ونسميها الوحدات الطباقية الصخرية، ومن الممكن أن تشخص على السطح وتحت السطح وأحياناً تشخص تحت السطح فقط (كبعض التكاوين في جنوب العراق) وهي الوحدات الرئيسية التي تستعمل في رسم الخرائط الجيولوجية، والمناطق الجيولوجية، وبالإمكان تلخيص صفات هذه الوحدات بالقول أنها تستند إلى صنفين رئيسيين هما:

أ ـ إنها ذات صفة صخرية ثابتة أو متجانسة.

ب ـ إن بالإمكان وضعها على الخريطة.

المجموعة الثانية من الصفات هي التي لا تظهر بالعين المجردة، بل التي تستند على الصفات الكهربائية أو التحليل الكيمياوي وما يماثلها من الصفات التي تحدد بالتحليل والدراسات المختبرية. . وتسمى الوحدات المماثلة للوحدات الطباقية (أو الوحدات شبه الطباقية).

الوحدات المماثلة للوحدات الطباقية (Parastratigraphic Units):

إنه تجميع للطبقات إلى وحدات استناداً إلى صفات داخل الصخور تختلف عن الصفات الفيزياوية التي شخصت على أساسها الوحدات الطباقية الصخرية والظاهرة للعيان كما أنها تختلف عن الوحدات الطباقية الصخرية في صعوبة وضعها على الخريطة وفقدانها للتجانس الصخري أو لعدم استمرار الصفة الصخرية في كافة أجزائها. .

إن الصفات التي على أساسها يمكن أن تجمع الطبقات والصخور إلى «وحدات مماثلة للوحدات الطباقية» هي:

1 ـ ميزات أو صفات خاصة لمكوناتها الطباقية منها:

أ ـ مكوناتها من المعادن الثقيلة.

ب ـ البقايا غير الذائبة.

جـ ـ محتوياتها من العناصر النادرة (القليلة).

2 ـ صفات تقاس أو تشخص بصورة غير مباشرة ومثالها.

سرعة انتقال الطاقة الصوتية، الميزات الزلزالية، صفاتها حسب السجلات الآلية الكهربائية وغيرها من التي سنذكرها في فصل خاص بالجس البئري. . . . وسوف نتطرق بشيء من التفصيل إلى هذه الصفات.

المكونات المعدنية الثقيلة (Heavy minerals):

وتسمى أيضاً المعادن الثانوية (Accessory Minerals) وقد أطلقت عليها التسمية ثانوية لأنها أقل تواجداً من المعادن الرئيسية المكونة للصخور الرسوبية الفتاتية (Clastic).

إن من المعادن النموذجية الموجودة في الصخور الرملية هي: الماجنتايت (Magnetite) المنايت (Ilmenite)، التورمالين (Tourmaline). الجارنت (Garnet) الزركون (Zircon) والروتايل (Rutile).

الجدول 2 ـ 1 مجاميع المعادن الثقيلة التي تميز صخور المصدر

صخور المصدر			المعادن الناتجة من التعرية		
الصخور النارية الحامضية والمتوسطة	إپاتايت (Apatite) تيناتايت (Tinatite)	بايوتايت (Biotite) زركون (Zircon)	هوربنلند (Hornblende)	مونازايت (Monazite)	مسكوفايت (Muscovite)
الصخور المتحولة	أندلوسايت (Andalusite) كاينايت (Kyanite)	كارنت (Garnet) سليمانيت (Slimanite)	كلوكوفين (Glaucophane) ستوروﻻيت (Staurolite)		هورنبلند النوع أزرق ـ أخضر (Hornblende)
بكماتايت (Pegmatite)	كاسيترايت (Cassiterite) وولفرامايت (Wolframite)	فلورايت (Flourite)	توباز (Topaz)		تورمالين (Tourmaline)
صخور نارية قاعدية وفوق القاعدية	أناتيس (Anatase) هايبرثين (Hyperthene) روتايل (Rutile)	أوجايت (Augite) إِلْمَنايت (Ilmenite)	بروكايت (Brookite) ليوكوكسين (Leucoxene)		كرومايت (Chromite) أوليفين (Olivine)
الصخور الرسوبية المتعرضة للتعرية	كلوكونايت (Glauconite) كلوكونايت (Glauconite) تورمالين (Tourmaline)	خامات الحديد (Iron ores) خامات الحديد (Iron ores) زركون (أملس الحافات) (Zircon)	كوارتز (Quartz) كوارتز (Quartz)		روتايل (Rutile)

وقد أطلقت عليها تسمية المعادن الثقيلة وذلك لأن وزنها النوعي أعلى من الوزن النوعي للمعادن الرئيسية المكونة للصخور الفتاتية كالكوارتز والفلدسبار... وهي توجد بكميات قليلة عادة ولكنها ثابتة في الحجر الرملي... إن المعادن الثقيلة (الثانوية) مشتقة من الصخور الأم وقد تقاوم دورات التعرية والنقل أكثر من غيرها من المعادن، ولذا فهي مفيدة في تحديد مصدر الصخور (لاحظ الجدول 2 ـ 1).

أما المعادن الرئيسية الموجودة بشكل اعتيادي في الصخور الرسوبية فهي: الصوان (الجرت) (Chert)[1] الكالسيدوني (Chalcedony) الفلدسبار (Feldspar) المايكا (Mica)، المعادن الطينية (Clay Min.) أكاسيد الحديد (Iron Oxides)، الكالسايت (Calcite)، الدولومايت (Dolomite) المتبخرات (Evaporite) كالجبس (Gypsum) والأنهايدرايت (Anhydrite).

فصل المعادن الثقيلة:

إن فصل المعادن الثقيلة عن الخفيفة يتم بعدة طرق... والطريقة الاعتيادية هي استخدام سائل ذو وزن نوعي 2,9 مثل البروموفورم ($CHBr_3$) يوضع في دورق توضع فيه قطع الحجر الرملي بشكل مفتت فالمعادن الخفيفة مثل الكوارتز والفلدسبار ذات وزن نوعي يقرب من 2,7 تطوف على سطح السائل بينما المعادن الأثقل مثل الماجناتايت (الوزن النوعي 5,2) الزروكون (الوزن النوعي 4,6) والتورمالين (الوزن النوعي 3,5 ـ 4,3) تغوص داخل الدورق... تفصل المعادن الخفيفة بسكب سائل البروموفورم ببطء والمعادن الخفيفة على سطحه وعلى قمع به ورق نشاف فتبقي المعادن الخفيفة على ورق النشاف والمعادن الثقيلة في قاع الدورق... تؤخذ المعادن الثقيلة وتجفف ثم توزن ثم تشخص بواسطة المجهر وتحسب نسبتها. وهناك طرق أخرى أكثر تفصيلاً في فصل المعادن الثقيلة منها الطريقة الكهربائية الثابتة المغناطيسية (Magnetic electrostatic).

إن المعادن الثقيلة الموجودة في الصخور الفتاتية قد يكون مصدرها من صخور نارية ومتحولة، كما أن قسماً منها يأتي من صخور رسوبية تعرضت للتعرية مرة ثانية... وهناك معادن تتشكل مع الصخور الرسوبية «المعادن ذات المنشأ المعاصر للصخور» (Authigenic minerals).

(1) يوجد أحياناً بشكل طبقة ويمكن اعتباره حينئذٍ صخراً... فالصوان معدن وصخر أيضاً. وكذلك الجبس.

مجاميع المعادن الثقيلة :

توجد في الجدول (2 ـ 1) مجاميع المعادن الثقيلة الموجودة في الرسوبيات وقد وضعت بأعمدة تحت الصخور التي اشتقت منها .

لقد لوحظ بأن المعادن الثقيلة المنقولة من الصخور الأصلية نارية أو متحولة والتي تعرضت حديثاً للتعرية تكون معادنها الثقيلة ذات حافات حادة (Angular) غير مستديرة مع ملاحظة بعض سطوح الانفصام فيها (Cleavage) وأوجه البلورات . . . كما نلاحظ في مجموعة هذه المعادن الثقيلة وجود معادن لا تثبت في تعرية طويلة مثل الهورنبلد والبايوتايت .

بينما الرسوبيات المتكونة من تعرية صخور رسوبية سابقة فإنها تحوي على معادن ذات حافات مستديرة وتحوي ضمن مجموعة المعادن الثقيلة على معادن أكثر ثباتاً (أكثر مقاومة لعوامل التعرية) مثل التورمالين والزركون . إن هذه المظاهر تعني تكرار التعرية وزوال المعادن الأقل ثباتاً . إن الجدول (2 ـ 1) يوضح بعض المعادن التي تعتبر أساساً في تشخيص صخور المصدر ، وخاصة إذا نظر إليها كمجموعة من المعادن وليست معادن منفصلة . . . لذا فإن تحليل وجود المعادن الثقيلة يتطلب الأخذ بنظر الاعتبار نسب تواجد المعادن ودرجة استدارة المعادن وتأثير المحاليل وعوامل أخرى .

إن مجاميع المعادن الموجودة لا تدلل على مصدر الصخور فقط ، بل تشير إلى تأثير أحواض الترسيب أيضاً لأن بعض المعادن تختفي بسبب العوامل المؤثرة في حوض الترسيب وقد عبر عنها بعبارة إذابة بشكل انتقائي (Selective dissolution) .

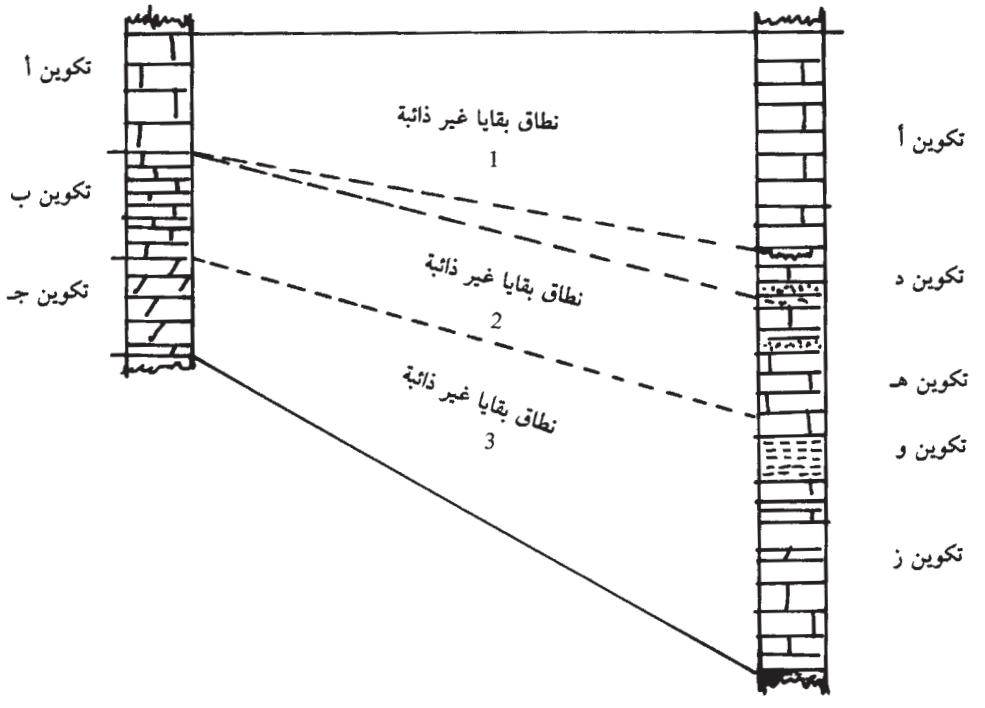
إن محتويات الصخور من العناصر قد استخدمت عدة طرق جيوكيمياوية بتقنية متقدمة لتشخيصها مثال الأشعة السينية الوميضية (Fluorescent X-Ray) .

البقايا الغير الذائبة (Insoluble Residue) :

إن تحليل المعادن الثقيلة يتم عادة في الصخور الفتاتية ، أما في الصخور الغير الفتاتية مثل الحجر الجيري والدولومايت فتستخدم طريقة معاملتها بحامض هايدروكلوريك المخفف فتذوب المواد الكاربوناتية وتبقى المواد غير القابلة للذوبان بالحامض المذكور . ومن هذه المواد فتات الرمل والغرين والمعادن الثانوية .

تؤخذ نماذج وتسحق وتوضع في حامض الهايدروكلوريك المخفف حتى تذوب جميع المواد الكاربوناتية والبقايا تغسل وتجفف وتوزن وتدرس بصورة تفصيلية.

وفي بعض الحالات فإن البقايا الذائبة توجد بشكل مجاميع مثالية أو بوفرة نسبية والتي تفيد في المضاهاة. فبعض طبقات الحجر الجيري والدولومايت التي تحوي على نسبة قليلة من المتحجرات وذات صفات عامة متماثلة لمسافات طويلة ولها سمك كبير قد تكون فيها بعض الأنطقة التي تحوي على بقايا غير ذائبة متماثلة تمتد لمسافات كبيرة (لاحظ الشكل 2 ـ 8).



شكل (2 ـ 8) أنطقة البقايا الغير الذائبة

إن الشكل (2 ـ 8) على سبيل المثال يوضح نطاقاً لبقايا غير ذائبة محصورة في حدود تكاوين أ، ب، جـ في منطقة المقطع الأيسر وقد أمكن تعقب البقايا غير الذائبة في منطقة ثانية ـ المقطع الأيمن ـ ويلاحظ بأن هذه البقايا تنحصر بحدود الوحدات للتكاوين أ. ب. جـ ولكنها لم تنحصر بحدود التكاوين د. هـ. و. ز. في المقطع الثاني. إن أنطقة البقايا غير الذائبة هذه لا تشكل وحدات رسمية بل على العكس فإنها تمتد عبر حدود الوحدات الرسمية الأصلية ونعني بها في هذه الحالة التكاوين.

العناصر النادرة (القليلة) في الصخور الرسوبية:

إن العناصر التي توجد بكمية كبيرة في الصخور تسمى العناصر الرئيسية وهي

ثمانية: الأوكسجين، السليكون، الألمنيوم، الحديد، الكالسيوم، الصوديوم، البوتاسيوم، المغنيسيوم.

والعناصر الأخرى عدا الثمانية التي ذكرت تسمى «عناصر نادرة أو آثارية» (Trace elements) وأحياناً تسمى ثانوية (Accessory). . . ومن أمثالها الذهب والزركون والبلاتين إن تطوير وسائل تقنية جديدة كالتشخيص بالطيف (Spectrographic) أدى إلى إمكانية تشخيص مكونات كيمياوية تتواجد بكمية قليلة في الصخور ومنها العناصر النادرة (Trace elements) وقد أطلقت عليها هذه العبارة «آثار» (Trace) لأنها قليلة جداً. فهي توجد بنسبة تتراوح بين أقل من جزء واحد من المليون إلى عدة مئات من الأجزاء من المليون (أقل من $\frac{1}{1,000,000}$ أو $\frac{600}{1,000,000}$). . . ووجود هذه العناصر على ندرتها يفيد في الاستنتاجات الكيمياوية.

فوجود قسم منها قد يشير إلى وجود كتل لخامات مهمة وذلك لأنها تتواجد بصورة مشتركة مع تلك الخامات.

مثال على ذلك أن الفناديوم (Vanadium) يوجد عادة بشكل مشترك مع اليورانيوم وبذلك فإن وجود الفناديوم يعطي الدليل على احتمال وجود اليورانيوم. إن التحليل الكيمياوي للصخور أصبح أحد الوسائل التي تستغرق بعض الوقت وتحتاج إلى خبرة خاصة. . . وتحليل الصخور ذات الحبيبات الكبيرة يمكن أن يتم بتعيين المعادن المكونة للصخرة، أما في حالة وجود حبيبات دقيقة كالطين (Clay) فإن تشخيص نوعية المعدن بواسطة المجهر عملية صعبة. . . لذا فتشخيص المكونات الكيمياوية يتم بواسطة تقنية خاصة حيث تشخص العناصر الرئيسية بواسطة طرق التشخيص السريعة «Rapid method» والعناصر النادرة بواسطة الطرق الكيمياوية الطيفية «Spectrochemical procedure».

الطرق الجيوفيزيائية:

قد تشخص من قبل الجيوفيزيائيين في المسوحات الزلزالية وحدات مماثلة للوحدات الطباقية (Parastratigraphic Units) استناداً إلى التغير في سرعة الموجة الزلزالية فالمسح الزلزالي (Seismic Survey) يستخدم بصورة كبيرة في المناطق التي حصل فيها الجيولوجيون على معلومات قليلة من المكاشف الصخرية أو الآبار.

الوحدات الدالة (Marker defined units):

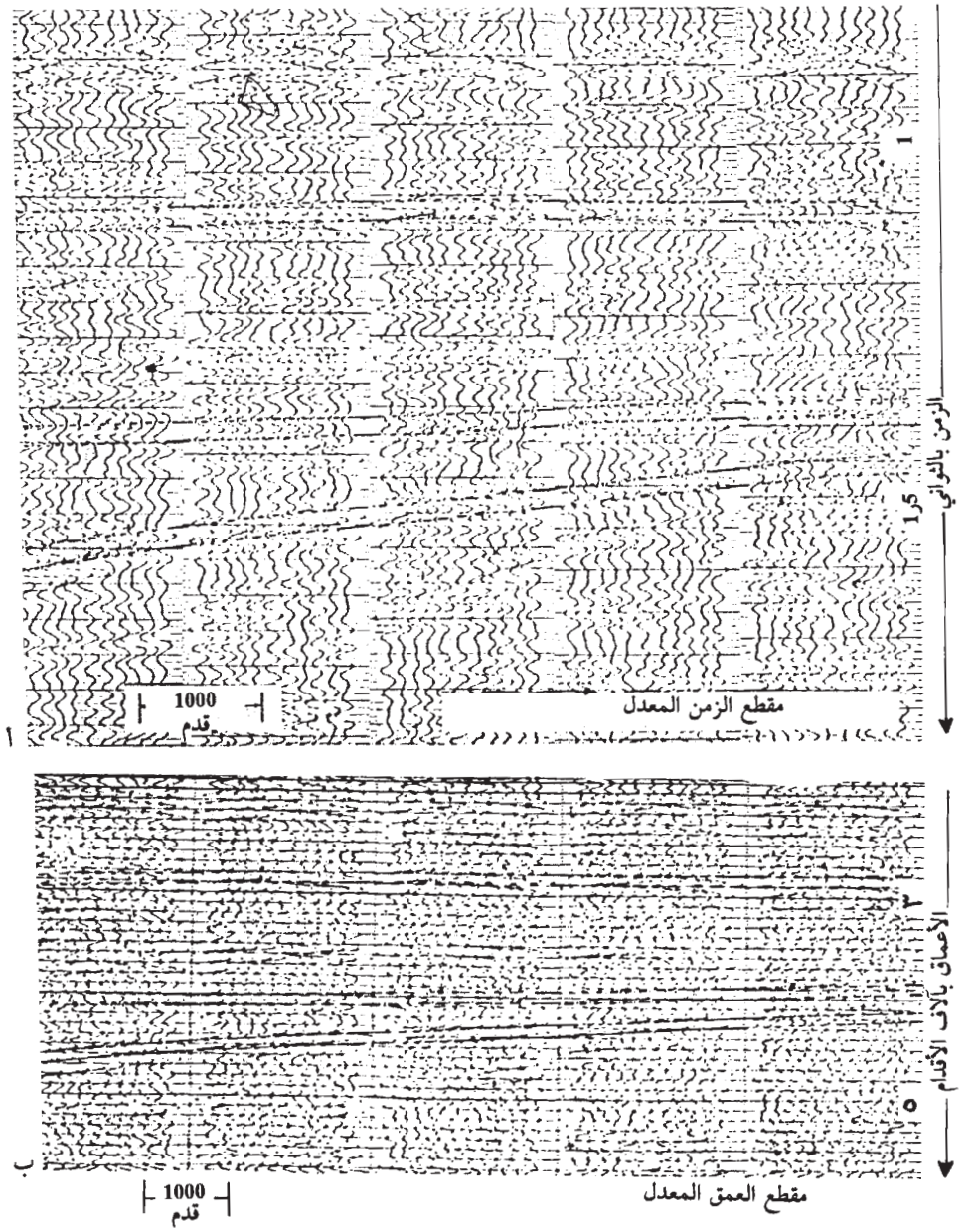
اعتاد الجيولوجيون على تشخيص واختيار طبقات ذات صفة صخرية متميزة يسهل التعرف عليها وتعقبها، وأطلق على هذه الطبقات اسم الطبقة المفتاح (Key bed) أو المستويات الدالة (Marker horizons) ومثالها طبقات الفحم أو طبقة محددة بطبقتين من الحجر الجيري أو طبقة بنتونايت (Bentonite)، وهو حجر طيني ويحوي بصورة أساسية معدن المونتموريلونايت الذي يتكون نتيجة تحلل الغبار البركاني.

في الدراسات الطباقية تحت السطح فإن الطرق المتعددة لمخططات الجس الميكانيكية (Mechanical well Logging) جعلت بالإمكان تشخيص عدة طبقات دالة تحت السطح ويمكن تعقب بعضها لمسافات بعيدة.

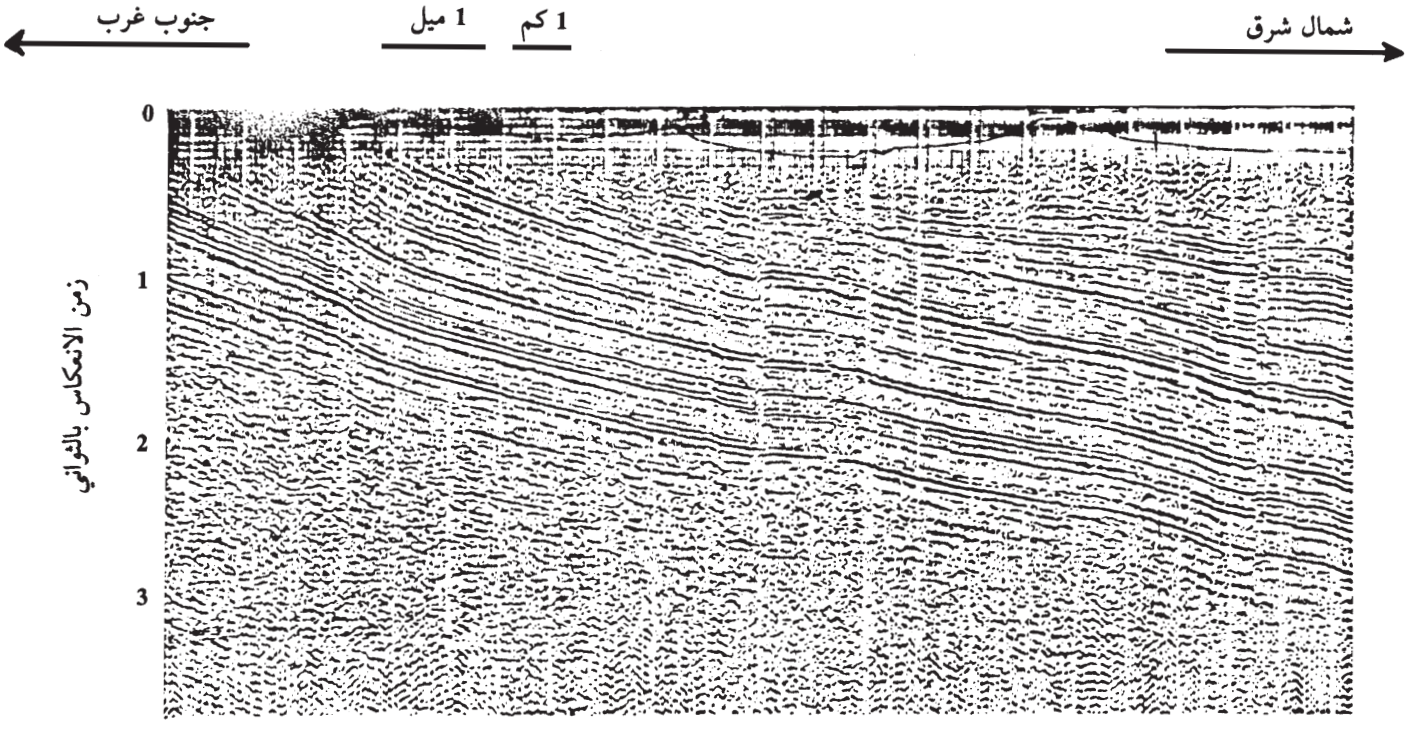
إن السهولة التي يمكن فيها تشخيص الطبقات الدالة تحت السطح بواسطة هذه الطرق جعلت بالإمكان الاعتماد عليها في تشخيص وحدات طباقية صخرية تحت السطح... كما أن عامل الوقت والصعوبة النسبية والجهد الكبير المبذول لتشخيص بعض حدود الوحدات الصخرية جعل الجيولوجيين يتجهون إلى الاعتماد على الوحدات الدالة... ففي الدراسات الزلزالية على سبيل المثال فإن الانحراف المفاجيء المسجل بواسطة أجهزة التسجيل الدقيقة يمثل حدود الطبقات الدالة تحت السطح (لاحظ الشكل 2 ـ 9 و2 ـ 10) وحينما لا تكون هناك معلومات مؤكدة عن الوحدات الطباقية الصخرية فإن العلاقة بين الانحرافات المفاجئة والوحدات الرسمية مسألة تخضع للاحتمالات التقريبية. كما أن المحور العمودي في الشكل (2 ـ 9أ) يمثل الزمن المستغرق وليس الأعماق... ولا يمكن تحديد العمق والسمك بدون معلومات عن السرعة... وتحت هذه الاعتبارات فإن الوحدات الدالة هذه تقع ضمن مجموعة الوحدات المماثلة للوحدات الطباقية.

حينما تكون هناك معلومات عن السرعة من آبار محفورة وخاصة حين استخدام مجسات سرعة الصوت فإن السجلات الزلزالية يمكن أن تعدل على أساسها ويتحدد العمق الحقيقي أو ارتفاع مستوى سطح البحر كما نلاحظ في الشكل (2 ـ 2ب).

وبذا فإن مستويات الانحراف يمكن أن نقول بشيء من التأكيد أنها تمثل حدود الوحدات الطباقية الصخرية أو تقارن بحدود تلك الوحدات.



شكل (2 ـ 9) وحدات مماثلة للطباقية محددة بواسطة مستويات الانعكاسات الزلزالية في الصورة العليا (أ) البعد العمودي يمثل زمن مسار الموجة . . . في الصورة السفلى (ب) فإن الزمن قد أعيد حسابه ليصبح عمقاً ووحدته آلاف الأقدام وذلك باستخدام معلومات السرعة

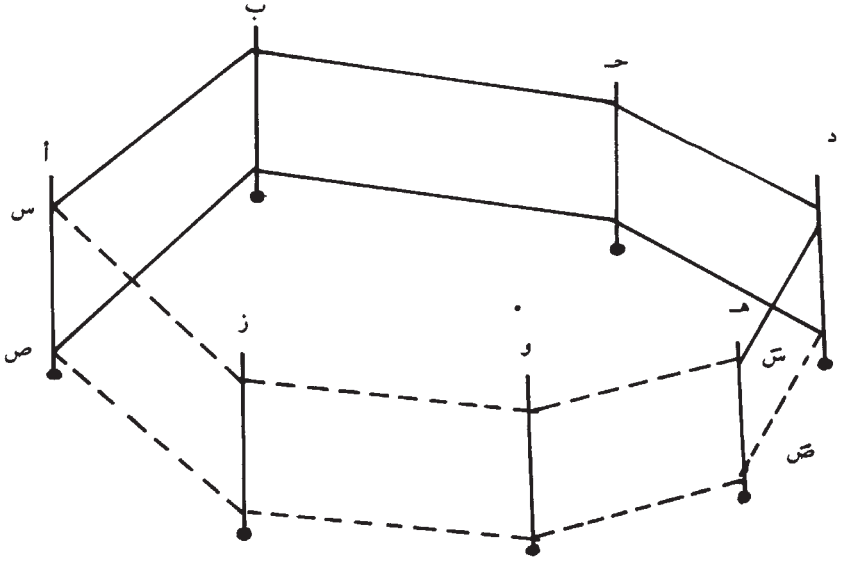


شكل (2 ـ 10) مقطع زلزالي تظهر فيه الصخور الرسوبية
بشكل طبقات وهي ذات ميل (Dip) باتجاه الشمال الشرقي (اليمين). صخور القاعدة في الأسفل
بالمستويات المقابلة لزمن الانعكاس 1,5 ثانية في الجنوب الغربي و2,5 ثانية في الشمال الشرقي
(معدلة من Hyne 1984)

طرق مضاهاة الوحدات الطباقية الصخرية :

إن هناك طرقاً متعددة وأساليب تقنية من الممكن تطبيقها لمضاهاة الوحدات الطباقية الصخرية وأن اختيار الطريقة الملائمة تعتمد على طبيعة الدراسة التي يتطلب إنجاز مضاهاة المقاطع بها وقد يستخدم البعض طريقتين أو أكثر لتحقيق المضاهاة.

وفي معظم الحالات فإن إظهار التماثل يتم بواسطة مسارات مضاهاة مقفلة (Closed Correlation travers) أو شبكات المضاهاة (Correlation networks) (لاحظ الشكل 2 ـ 11) مماثلة لتلك التي تستعمل في المسح الجيولوجي.



شكل (2 ـ 11) طريقة المضاهاة المقفلة

فالشكل (2 ـ 11) يوضح مخطط سياج مضاهاة (Fence diagram) مبيناً خطوط المضاهاة (Correlation traverses) ففي الموقع أ فإن المستويات الطباقية س و ص تمثل الحدود العليا والسفلى لوحدة طباقية صخرية معينة، والمواقع من ب إلى ز هي مواقع للملاحظة، ومضاهاة الوحدة من أ إلى هـ ومن خلال النقاط ب، جـ، د قد عينت بخطوط سوداء غير مقطعة مما يشير بأن سطوح الاتصال العلوية (س) والسفلية للوحدة (ص) تمثل مستويات طباقية مكافئة للسطحين الأصليين العلوي (س) والسفلي (ص).

ولو افترضنا بأن هناك نية في تبيان المضاهاة مع النقاط هـ و ز والعودة إلى أ من اتجاه آخر فإن ذلك يتوضح بالخطوط المقطعة التي وصلت بين النقاط (أـ ز، زـ و، وـ هـ) وبذا فقد تكاملت شبكة المضاهاة (Correlation network) بواسطة

سلسلة من خطوط التوصيل التي أدت إلى تكوين سياج مضاهاة مقفل (Correlation traverses).

تعقب الطبقات الصخرية:

أ ـ تعقب المكاشف الصخرية: من الأساليب الأساسية في إجراء المضاهاة هو تعقب الوحدة الصخرية في الحقل سيراً على الأقدام... تتم عملية إجراء المضاهاة بتعقب طبقة دالة في الحقل لتساعد في تشخيص التعاقب الطباقي وكلما كان المكشف الصخري واضحاً كلما كانت عملية تعقبة أسهل شكل (2 ـ 12)... ومما يجعل تعقب المكشف الصخري صعباً وجود بعض النباتات التي تغطي المكشف أو أن يغطى المكشف بالمواد المتعرية من الطبقات العليا.

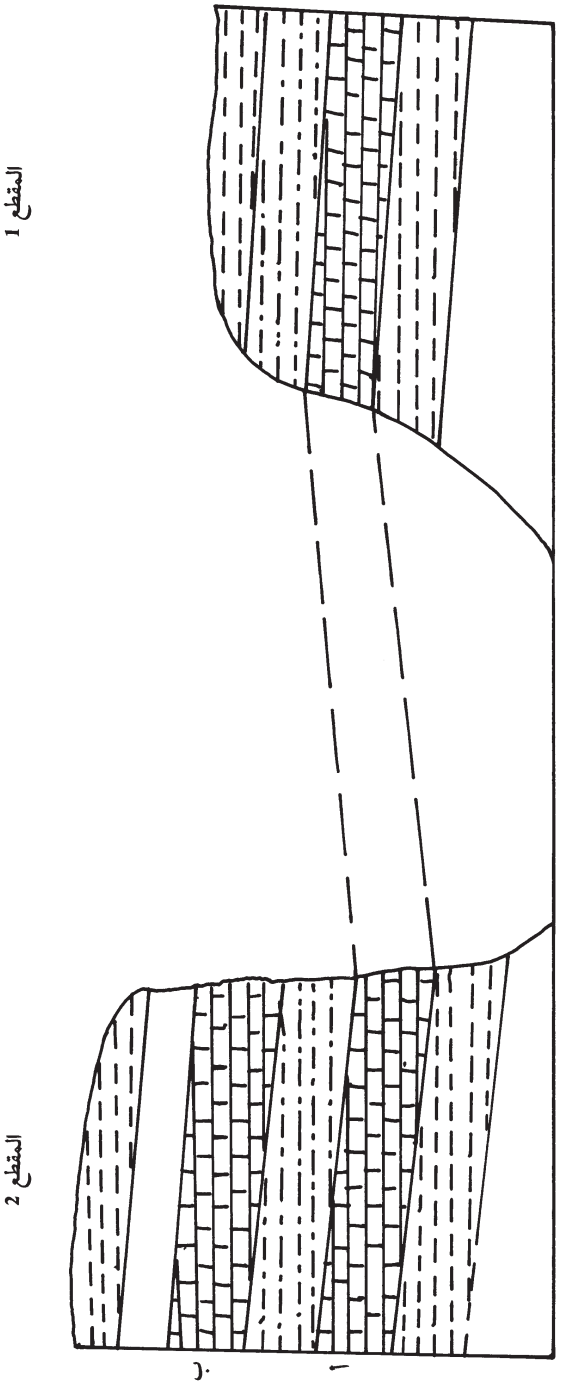
وتستعمل الصور الجوية في تحديد امتدادات الطبقات الصخرية في مساحات واسعة حتى لو كانت بعض أجزائها مغطاة بالنباتات لأن نمو بعض النباتات في تربة معينة يسهل عملية التشخيص وذلك من خلال تشخيص النباتات وامتداداتها.

ب ـ تعقب الطبقات تحت السطح: تتم عملية المضاهاة تحت السطح من بئر إلى آخر إما بدراسة السجلات الكهربائية أو مضاهاة نماذج الصخور التي تكون من الفتات أو اللباب... كما أن المضاهاة الطباقية الحياتية تتم أيضاً بدراسة المتحجرات تحت السطح كما في دراسة المتحجرات من المكاشف الصخرية.

استخدمت طرق أخرى لإجراء المضاهاة بين الآبار منها سلوك السوائل في الآبار التي تنتج الغاز أو النفط أو آبار المياه الجوفية... فمثلاً إذا كان إنتاج بئر من النفط يؤثر على الضغط في داخل بئرٍ ثانٍ أو تغيرات نسبة النفط إلى الغاز فيه فذلك يعطي دليلاً على أن طبقات الإنتاج في البئرين واحدة.

وفي حالة آبار المياه الجوفية فإن سحب الماء من بئر قد يؤثر على ضغط الماء وارتفاعه في بئر آخر وهذا يعتبر دليلاً على أن طبقة الخزان الجوفي (Aquifer) هي واحدة.

أجريت تجارب لاختبار استمرارية خزان جوفي بوضع صبغة أو مواد مشعة ذات تأثير غير ضار في أحد الآبار وملاحظة انتقال الصبغة أو تشخيص المواد المشعة في آبار أخرى.



شكل (2 ـ 12) مضاهاة طبقتي الحجر الجيري استناداً إلى موضع الطبقات في تعاقب صخري

تطابق الصفة الصخرية:

إن الصفات الفيزيائية للوحدات الطباقية تعتبر عاملاً أساسياً في عملية المضاهاة. . . . واللون. هو أبرز صفة طبيعية في الصخور التي على أساسها تتم المضاهاة.

ففي مناطق من شمال العراق مثل دهوك، فإن الجيولوجيين يتمكنون من تحديد تكوين جركس في المناطق القريبة من دهوك وذلك بلونه الأحمر الواضح السائد في صخوره وخاصة حينما نغادر دهوك باتجاه الشمال. . . كما أن تكوين كولوش معروف بلونه المائل إلى الاخضرار وعلينا أن ندرك أن استعمال ميزة اللون لا يمكن تطبيقها في جميع المناطق بل إن استعمالها محدد بمناطق سبق أن تكونت لدينا فكرة أولية عن تعاقب صخورها. . . وعلى الجيولوجي ألاّ يعتمد على اللون في تشخيص طبقات لمناطق متباعدة ليست لديه فكرة أولية مبدئية عن تعاقب صخورها أو أعمارها. . ونخلص من هذه الملاحظة إلى أنه ليس جميع الصخور الحمراء في المناطق الشمالية من العراق تعود لتكوين جركس بل من الممكن أن تلاحظ صخوراً أخرى بهذا اللون ولكن في تعاقب صخور من الكريتاسي الأعلى وحتى البلاسبي فإن الصخور ذات اللون الأحمر السائد هي تكوين جركس. وفي الولايات المتحدة الأمريكية هناك تكوين جكووتر (Chugwater Fn.) في ولاية وايومنج (Wyoming) يمكن أن يشخص في جميع أنحاء الولاية وذلك بميزة لونه الأحمر الصارخ.

لذا فإن أية صفة أو مجموعة من الصفات قد يشخصها الجيولوجي في الحقل يمكن أن تفيد في عملية المضاهاة. . . كالتطبق وسمك الصخور والمكونات المعدنية العامة. . . إلخ.

وفي المناطق القريبة من الموصل ـ كبعشيقة وعين الصفرة ـ لاحظنا وجود عقد من الصوان الحاوية على أكاسيد الحديد تغطي السطح العلوي لتكوين بلاسبي، لذا يمكن استخدام هذه الصفة في مضاهاة سطوح هذا التكوين في تلك المناطق.

وفي الدراسات تحت السطحية استخدمت بعض الصفات للتأكد من مضاهاة الطبقات مثلاً: نوع معدن الطين (Clay) في الطفل (Shale).

ـ الصفة الكهربائية التي أشرنا إليها.

ـ المواد المشعة الموجودة في الطبقات.

ـ الوقت الذي تستغرقه الحفارة في النزول في طبقات صخرية . . ففي منطقة بنجوين في شمال العراق لاحظنا في عام 1958م خبرة أحد الحفارين بمعرفة وصوله إلى طبقة من الحجر الجيري، وذلك من ملاحظة الوقت الذي يستغرقه أنبوب الحفر بالنزول وذلك قبل أن تسحب أنابيب الحفر وتجمع النماذج.

واستخدمت الصفة الفيزيائية لماء الخزان الجوفي ـ كدرجة ملوحته ـ في تعيين أولي لطبقة خازنة للمياه الجوفية إذا كانت تلك الطبقة معروفة باحتوائها على مياه ذات صفات خاصة كالملوحة العالية.

استعمال الأحافير :

إن الأحافير تستخدم عادة في المضاهاة الطباقية الحياتية والطباقية الزمنية . . . ولكن بعض الأحافير الكبيرة الواضحة للعيان يمكن أن تصبح صفة فيزيائية في الصخرة وتميزها عن غيرها من الصخور حتى إن لم تكن هناك معرفة دقيقة بنوعها (Species) أو عمرها . . . مثال طبقات الحجر الجيري الحاوية على أعمدة الزنبقيات (Crinoides) أو تكوين عقرة الجيري الحاوي على محاريات كبيرة تسمى الرودست (Rudist) وهناك حالات استخدم فيها عمر الصخرة للتفريق بين الوحدات الطباقية الصخرية، ففي العراق يشير كتاب «Lexique» إن التفريق بين تكويني الفرات (Euphrates Limeston) والجريبي (Jeribe Limestones) يتم بواسطة الأحفورة الدقيقة (Borelis melo Var. Curdica) التي توجد في تكوين جريبي ولا توجد في تكوين الفرات.

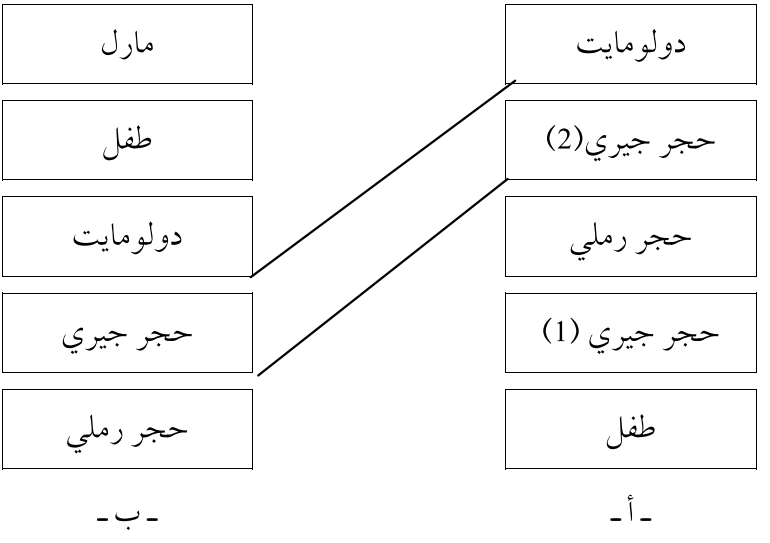
إننا نوصي بعدم استخدام الأحافير الدقيقة للتفريق بين التكاوين المتماثلة في صفاتها الصخرية، بل من الأفضل البحث عن صفة طبيعية في التكاوين بحيث تتميز عن غيرها . . . ومن الأفضل في حال التكوينين المتماثلين (الجيريبي والفرات) أن نسقط إحدى التسميتين وتبقى تسمية واحدة وتستخدم التمسية الأقدم حسب قانون الأولوية في التسميات.

الموقع في تعاقب طباقي :

إن الصفة الصخرية تعتبر أساساً في المضاهاة ولكن في حالة تشابه عدد من الطبقات في مكوناتها الصخرية فإننا نتبع أسلوباً آخر في مضاهاة طبقة معينة في ذلك التتابع الطباقي . . . ذلك هو موقع الوحدة المعينة بالنسبة للطبقات التي تقع تحتها وفوقها.

فلو كان لدينا في منطقة ما طبقتان متماثلتان من الحجر الجيري إحداها تقع فوق طبقة من الطَفَل ويقع فوقها طبقة من الحجر الرملي والطبقة الثانية يقع تحتها

طبقة الحجر الرملي وفوقها طبقة من الدولومايت كما هي موضحة في الشكل (2 ـ 13) فإن هذا التعاقب لطبقات صخرية تتوضح منه أهمية الموقع في التتابع الطبقي في المضاهاة، ولذا فإن مضاهاة الحجر الجيري الذي أشرنا إليه برقم (2) في المقطع (أ) سيكون من الحجر الجيري في المقطع (ب) واستبعدنا احتمال كون الحجر الجيري في (ب) هو الحجر الجيري (1) وذلك لأن التتابع (وليست الصفة الصخرية) أصبحت هي الدليل الأساسي في عملية المضاهاة.



شكل (2 ـ 13) المضاهاة استناداً إلى التتابع في الصخور

العلاقات التركيبية:

أشرنا في الفقرة السابقة إلى أهمية التتابع الطبقي في المضاهاة وبالإمكان الاعتماد على موقع الوحدة الصخرية من بعض الصفات في الحقل لإجراء المضاهاة. . . . مثال موقع الوحدة الصخرية من عدم توافق، أو طية، أو فالق، أو كتلة صخور نارية أو متحولة. . . وهكذا، هذه العلاقة يمكن أن تفيد في مضاهاة الطبقات لمسافات محدودة.

النقصان في سجل المتحجرات:

يقدر العلماء عدد الأنواع من الحيوانات التي تعيش في البحر بحوالي $\frac{1}{6}$ الحيوانات الموجودة في الطبيعة حالياً. . . . ومن هذه النسبة (أي $\frac{1}{6}$) فإن نسبة الحيوانات التي تعيش فوق القاع الطيني الرملي ليست أكثر من $\frac{1}{2}$ هذه النسبة (أي

$\frac{1}{12}$) وهذه القيعان الطينية الرملية هي التي تمثل أكثرية الصخور التي تحتوي على متحجرات . . . ومن النسبة الأخيرة (أي $\frac{1}{12}$) فإن نصفها لها هياكل صلبة يمكن أن تحفظ كأحافير . . . لذا فإن أقل من 5٪ من أنواع الحيوانات الحية هي المتوقع أن تحفظ كمتحجرات . . . ويمكن أن تتوضح صور النقصان الكبير في سجل المتحجرات إذا علمنا أن عدد الأنواع الحالية من الحيوانات يقدّر بمليون نوع، فعدد الأنواع المتوقع أن تحفظ كمتحجرات سيكون حوالي 50,000 نوع فقط لذا فإن خلو طبقة صخرية من المتحجرات لا يعني بالضرورة أن الفترة التي تكونت فيها تلك الطبقات كانت خالية من الحياة.

إن الحياة على الأرض في الماضي لم تكن متباينة كما هي عليه الآن، ولكن هناك القليل من الأسباب تجعلنا نعتقد بأن الحيوانات البحرية هي أكثر غنىً أو أكثر تبايناً الآن مما كانت عليه في الأوردوفيشي مثلاً، لأن هناك احتمالاً بعدم حفظ جميع الأحياء. . كما أن عدم حفظ الحيوانات والنباتات القديمة بالتأكيد له معنى وعدم وجود بقايا الأحياء التي يمكن أن تحفظ في مكان ووجودها في مكان آخر هو مهم كأهمية حفظها في مكان آخر وزمان آخر. . لأن عدم الحفظ قد يكون دليلاً على عدم وجود هياكل صلبة أو بيئة ملائمة مثلاً، لذا فإن أي تحليل للمجاميع البحرية يجب أن يبنى على أساس أن الأدلة الحياتية غير كاملة، ولذا فإن جهود خاصة يجب أن تبذل لكي يستفاد من أي دليل آخر يتوفر في تلك المنطقة. أما على اليابسة فإن المتحجرات التي توجد هناك فهي أقل فائدة لأنها نادرة جداً وهي بذلك لا تعطي معلومات كافية حول الظروف البيئية للأرض.

المتحجرات ذات الأعمار المتنوعة :

ويحصل اختلاط النماذج لعدة أسباب :

1 ـ تلك التي تحصل نتيجة لانتقال المتحجرات من الطبقات الأقدم إلى الأحدث ويطلق عليها (Reworking). . . وتحصل هذه الحالة حين تجمع الرسوبيات وما تحويه من كائنات حين تتحول في ما بعد وبمرور الزمن إلى رسوبيات ومحتواها من المتحجرات ثم تتعرض تلك المنطقة إلى ارتفاع وتعرية فتنتقل الرسوبيات والمتحجرات إلى منطقة ترسيب جديدة (أي أحدث من الأولى) وبذا تختلط مع رسوبيات ومتحجرات الصخور الأحدث فيتولد لدينا تداخل بين المتحجرات القديمة والجديدة.

2 ـ يحصل لدينا أحياناً أثناء حفر الآبار اختلاط في نماذج الآبار بين النماذج الأعمق (الأقدم عمراً) مع النماذج الأقل عمراً (الأحدث عمراً) نتيجة لتلوث النماذج التي تخرج من البئر أثناء الحفر ومع طين الحفر.

3 ـ تلك التي تحصل نتيجة لانتقال كائن حي أو أجزاء منه من بيئة معينة إلى بيئة أخرى (انتقال جغرافي، أفقي) وبنفس العمر وتجمعها في البيئة الجديدة.

4 ـ تلك التي تنتج من نزول (غطس) الأحياء أو بقاياها من بيئة عليا إلى بيئة قاعية.

5 ـ تقوم بعض الكائنات بالحفر من سطح التربة التي تعيش عليها إلى باطن الأرض وحين موتها في الطبقات السفلى، فإنها لا تمثل العمر الزمني الحقيقي الذي عاشته بل أعماراً أقدم.

تطبيقات وأمثلة في الدراسات الطباقية

وضع تسميات جديدة
لبعض تكاوين المايوسين الأوسط ـ البلايوسين في العراق
(تكاوين فتحة، إنجانة، المقدادية، باي حسن)

استخدمت في العراق تسميات لتكوينات تعود إلى مجموعة فارس (Fars Group) هي :

تكوين فارس الأعلى	(Upper Fars Formation)
تكوين فارس الأوسط	(Middle Fars Formation)
تكوين فارس الأسفل	(Lower Fars Formation)

حيث إن هذه التسميات استخدمت في إيران لأول مرة عام 1918م ثم أدخل استعمالها في العراق.

وفي عام 1965م قام كل من جيمس ووايند (James & Wynd 1965) بتبديل هذه التسميات في إيران فأصبحت كما يلي :

تكوين آغا جاري (Agha Jari Fn.) سابقاً تكوين فارس الأعلى.

تكوين ميشيان (Mishan Fn.) سابقاً تكوين فارس الأوسط.

تكوين قاج سران(Gachsaran Fn.) سابقاً تكون فارس الأسفل.

كما أدخل تكوين رزاق (Razak Fn.) وهذا التكوين عبارة عن طبقة حمراء غير متبخرة لمناطق إيران الداخلية. وهو يكافىء تكوين قاج سران التبخري (Evaporitic) ضمن مجموعة فارس (Fars Group).

كما استخدمت في العراق أسماء لتكوينات تعود إلى مجموعة البختياري (Bakhtiari Group) هي :

تكوين البختياري الأعلى (Upper Bakhtiari Formation). وتكوين البختياري الأسفل (Lower Bakhtiari Formation).

تعتبر التسميات أعلاه خاطئة لأنها اعتمدت العبارات Upper, Middle, Lower.

وهذا الاستخدام لا يتفق مع قوانين التسميات الطباقية كما أن عبارة فارس (Fars) للإشارة إلى بلاد فارس (إيران) لا يجوز استخدامها لأنها لا تدل على موقع جغرافي محدد كأن نقول. عقرة: أو مشورة... إلخ.

لذا فقد شكلت لجنة جيولوجية عراقية (Al-Rawi et al., 1992) وعدلت أسماء التكوينات السابقة فأصبحت كالآتي:

تكوين فتحة: Fat'ha Formation

- الاسم المرادف تسمية تكوين فتحة حل محل تسمية تكوين الفارس الأسفل في العراق.
- المقطع المثالي: يقع تكوين فتحة في مقطعه المثالي في (خط عرض ″00 ′10 °35 N.) و(خط طول ″15 ′21 °43) عند الجناح الجنوبي الغربي من جبل مكحول بمسافة 23كم عن موقع جسر فتحة ويبلغ سمك المقطع في هذا الموقع حوالي 445م.
- ويضم التكوين دورات رسوبية غير متناظرة من المارل الرمادي المخضر إلى البني المحمر والحجر الجيري والأنهيدرايت، وفي أسفل هذا المقطع بسمك 54م يقع تتابع من طبقات الحجر الجيري والأنهيدرايت بمجموع ست دورات وتتكون المائة متراً التي تليها من تعاقبات من طبقات المارل الرمادي المخضر والمارل البني المحمر والحجر الجيري وطبقات الأنهيدرايت من خلال عشرين دورة غير متناظرة مميزة وكذلك تتواجد في الجزء الأسفل دورات مفردة تكون غير كاملة عادة.
- حدود التماس: تكوين الفتحة يقع فوق تكوين جريبي ظاهرياً متوافق، وبالرغم من ذلك فإن هذا لا يتفق مع وجود المدملكات القاعدية في بعض المقاطع، ويعلوه تكوين إنجانة بشكل متدرج ومتوافق.
- المظاهر الإقليمية: تكوين الفتحة له خصائص السحنات المتبخراتية ويتواجد فيه كل من الأنهيدرايت والملح وقسم التكوين بصورة غير رسمية إلى أربع وحدات وخاصة من قبل اختصاص النفط وهي من الأسفل إلى الأعلى.

الطبقات الانتقالية والطبقات الكبريتيدية والطبقات الناضجة والطبقات الحمراء العلوية.

ـ في ما يخص الطبقات الانتقالية تكون معظمها صخور الأنهيدرايت مفصولة بواسطة حجر جيري نحيف وأحياناً طبقات من الحجر الطيني.

ـ والطبقات الكبريتدية تكون مركبة من الملح والأنهيدرايت ومارل قليل وكتل من الحجر الجيري المعتمة بين الطبقات.

ـ والطبقات الناضحة: وتتألف من تعاقبات من الأنهيدرايت والمارل وطبقات الحجر الجيري والطبقات الحمراء العلوية تمتاز بخصائص مميزة تتمثل بوجود المارل الأحمر مع الحجر الجيري وبعض الأنهيدرايت وقمة التكوين تكون عادة مأخوذة عند آخر طبقة أنهيدرايت. وهذه الوحدات ملاحظة بصورة جيدة في منطقة كركوك ومعظم نطاق أقدام التلال (foot hill Zone) ويقل تميزها في المناطق الأخرى وصعوداً إلى الأعلى تقل الطبيعة المتبخراتية للتكوين.

ـ السمك:

ـ السمك في تكوين فتحة متغير بصورة كبيرة وربما يصل إلى 900متراً.

ـ يغطي التكوين في مركز الحوض مساحة واسعة وقد غطى الجزء الأعظم من الحوض أثناء التقدم البحري، وهذا يظهر في كونه غطى التكاوين القديمة وخاصة في المناطق الجرفية مثل تكوين بلاسبي في نطاق الطيات العالية، ويمتد تكوين فتحة بالاتجاه الشمال الغربي إلى سوريا ويطلق عليه نفس التسمية (الفارس الأسفل) وبالاتجاه الجنوب الشرقي إلى إيران باسم تكوين (Gachsarah) والتكوين هو من عمر المايوسين الأوسط وفي مكان آخر يعود عمره إلى المايوسين الأسفل، وتكوين الفارس الأسفل يعتقد أنه أحدث منهما مع افتراض عودته بالعمر إلى المايوسين الأوسط والعلوي، وهكذا يظهر بأن التكوين ثنائي الزمن بالإضافة إلى أن التتابع المتبخراتي كان مترسباً في بحيرة شاطئية (Lagoon) شبه مغلقة تسيطر عليها من قبل تجلس تكتوني عام استمر لأكثر من فترة زمنية، والمقطع المثالي الإضافي يقع في بئر (Gillaba- 3).

تكوين إنجانة: Injana Formation.

الاسم المرادف:

ـ تسمية تكوين إنجانة حلت محل تكوين الفارس الأعلى من ناحية التسمية، وهناك بعض الباحثين يقترحون أنه تكوين الفارس الأوسط في العراق.

المقطع المثالي:

ـ المقطع المثالي هو عند منطقة إنجانة في مركز العراق مأخوذ قرب الطريق الرئيسي بين بغداد وكركوك على الجناح الشمال شرقي من طية حمرين المحدبة الجنوبية وفي (خط عرض ″00 ′32 °34 N) و(خط طول ″10 ′38 °44 E).

الخصائص الصخارية:

يتألف التكوين من تعاقب المارل الأحمر والبني والأخضر ورمل غريني مع حجر جيري نادر ولوحظ تواجد صخور الجبس، والحجر الرملي يكون غني بالكاربونات مع كمية من حطام الكاربونات الفتاتي.

حدود التماس:

الحد الأسفل مع تكوين فتحة يكون متوافقاً ومتدرجاً أما التكوين الذي يقع فوقه هو تكوين المقدادية وهو متوافق معه أيضاً وحد التماس هذا مأخوذ على أساس الحصى الذي يحمل الحجر الرملي.

المظاهر الإقليمية:

ـ يكون تكوين إنجانة واسع الانتشار في مركز وشرق وشمال العراق.

السمك:

ـ السمك قد يصل إلى 2000م في مناطق معينة.

ـ الحوض الرئيسي لهذا التكوين يقع في نطاق إقدام الجبال في جنوب شرق الموصل وتحت السهل الفيضي شمال ـ شمال شرق الخط الرابط بين المسيب والعمارة، والتكوين المكافىء له هو تكوين الفارس الأعلى وسلسلة Diirt في تركيا وتكوين Agha Jari في إيران والجزء الأسفل من التكوين يكون انتقالياً بين تكوين فتحة المتبخراتي البحري والجزء القاري (الفيضي) العلوي من تكوين إنجانة يمثل رواسب المولاس مشتقة من ارتفاعات ناتجة من الفعالية التكتوتية للمناطق الشمالية الشرقية وتصاحبت مع نطاق الفوران في الصفيحتين العربية والإيرانية، ويقدر عمر التكوين بالمايوسين العلوي والمقطع الإضافي له في بئر Gilabat 1 في خط عرض ″04 ′35 °34 .N)) وخط طول (″19 ′48 °44 .E).

تكوين المقدادية: Mikdadiya Formation

ـ تسمية تكوين المقدادية حلت محل تسمية تكوين البختياري الأسفل في العراق.

المقطع المثالي :

ـ يقع المقطع المثالي للتكوين في موقع (خط عرض ″10 ′02 °34 .N شمالاً) وخط طول (″50 ′01 °45) شرقاً وعلى طول الطريق السريع بحوالي 10كم شمال شرق مدينة المقدادية وهو يقع على جناح طية حمرين المحدبة، وقاعدة هذا التكوين تبدأ على بعد 50م من محور الطية المحدبة.

السمك :

ـ سمك التكوين على بعد 50م من محور الطية المحدبة.

الخصائص الصخارية :

ـ التكوين يتعاقب مع حجر رملي وحصى ناعم عند القاعدة وحجر طيني بني شاحب إلى مخضر، وحجر غريني والتتابع يتألف من دورات معادة تتنعم نحو الأعلى.

حدود التماس :

ـ يقع عند حده الأسفل تكوين إنجانة ويكون متوافقاً ومتدرجاً وعند القاعدة حصى أولي أو طبقة مدملكات، ويقع فوقه تكوين باي حسن بشكل متوافق ومختلف عنه عمرياً. وقد أخذ هذا الحد عند أول ظهور لطبقة مدملكات كتلية.

المظاهر الإقليمية :

ـ تكوين المقدادية يكون واسع الانتشار في منطقة إقدام الجبال وفي الجزء الشمالي ـ الشمالي الشرقي من سهل وادي الرافدين وفي نطاق الطيات العالية وجد أن تطور السمك في هذا التكوين يكون جداً متغيراً يفوق 2000م في مناطق معينة.

ـ التتابع يتكون موضعياً من رواسب المولاس المترسبة بواسطة الأنهار التي تجري نحو الأسفل من الجبال المرتفعة باتجاه الشرق وشمال الشرق والشمال والفتات الخشن يكون غنيًا بالكاربونات المميزة بواسطة الحطام الكاربوناتي الفتاتي وهو يدل على شدة الفعاليات التكتونية.

ـ التكوين يكون مكافئاً للطبقات العليا لتكوين الذبان في جنوب العراق وهي تمتد أيضاً باتجاه جنوب غرب إيران مكونة الجزء الأسفل من تكوين بختياري الواسع

الانتشار في إيران والترسبات المكافئة في شمال شرق سوريا وجنوب تركيا تمتلك نفس الخصائص العامة.

تكوين باي حسن: Bay Hassan Formation:

الاسم المرادف:

- تسمية تكوين باي حسن حل محل تسمية تكوين بختياري الأعلى.

المقطع المثالي:

- ويقع في موقع (خط عرض ″15 ′40 °35 .N) و(خط طول ″45 ′58 °43 .E) وحدد على الضفة الغربية من نهر الزاب الأسفل على مسافه 5كم شمال غرب قرية باي حسن ويقع على الجناح الشمالي الشرقي لطية باي حسن المحدبة.

السمك:

- يبلغ سمك التكوين بحدود 636م.

الخصائص الصخارية:

- يتكون التكوين من مدملكات خشنة إلى ناعمة في الغالب تتعاقب مع صخور طينية بنية وصخور صلصالية وبشكل غير رئيسي من وحدات من الحجر الرملي والغريني.

حدود التماس:

- يحد التكوين من الأسفل تكوين المقدادية وبشكل متوافق وهو محدد عند أول ظهور للمدملكات الكتلية والتكوين يكون غير متوافق بصورة عامة مع غطاء من تجمعات حصى البلاستوسين أو الرواسب الفيضية.

المظاهر الإقليمية:

- تكوين باي حسن يكون مميزاً بواسطة طبقات من المدملكات التي تصبح بصورة عامة خشنة وسميكة وكتلية باتجاه الأعلى في المقطع وباتجاه شمال شرق، وهذا يرتبط بصورة مباشرة مع نمط وشدة الفعاليات التكتونية والسمك يتغير يفوق أحياناً 2500م والتكوين يمتد إلى إيران مكافئاً للجزء العلوي من تكوين بختياري والرواسب المكافئة في سوريا وتركيا لها نفس الخصائص وعمر التكوين بصورة عامة يرجع إلى البلايوسين.

الفصل الثالث

الوحدات الطباقية الحياتية

«النطاق الحياتي»
Biostratigraphic Units
(Biozone)

الوحدات الطباقية الحياتية (Biostratigraphic Units):

الوحدة الطباقية الحياتية هي طبقة أو مجموعة من الطبقات الصخرية تمتاز بمحتوياتها من المتحجرات ـ أو أية صفة تحجرية (بالنتولوجية) ـ والمتكونة موضعياً مع الصخور التي تحويها، وبذا تفرقها عن الطبقات المجاورة...

يقصد بالصفة المتحجرة أنواع المتحجرات، كثرتها أو ندرتها، درجة تطورها... إن المتحجرات وبقاياها سواء أكانت نباتية أو حيوانية منتشرة في الصخور الرسوبية، فبالإضافة إلى فائدتها في تحديد الأنطقة الحياتية، والمضاهاة فهي تعتبر دليلاً مهماً على طبيعة المناخ في الماضي، ولا يشترط في المتحجرات أن تكون واضحة للعيان لكي تستخدم في تشخيص الأنطقة الحياتية إذ أن العديد من هذه الأنطقة يمكن استحداثها على أساس محتوياتها من المتحجرات الدقيقة (أي التي لا ترى بالعين المجردة بل نحتاج في دراستها إلى المجهر) والتي تستخرج وتصنف بعد أخذ النماذج وغسلها أو بعمل مقاطع رقيقة منها.

إن المتحجرات المستخدمة في تحديد الأنطقة الحياتية هي تلك التي تعود إلى أحياء عاشت سوية في موقع واحد ثم تجمعت بعد موتها في نفس الموقع، وبمعنى آخر أنها لم تنتقل من موقعها الأصلي.

واستخدام مصطلحان الأول «مشتركة الحياة» أو «تجمع الحياة» (بايوسنوسس، Biocoenosis)[1] واستخدم هذا المصطلح للدلالة على مجموعة

(1) الكلمة Biocoenosis مكونة من مقطعين، الأول Bio في الإغريقية ومعناها «حياة» وcoeno أو coen من الإغريقية Koinos ومعناها «مشترك».

الأحياء التي تعيش سوية كمجموعة ذات علاقة مشتركة. والمنطقة التي تعيش فيها مجموعة الأحياء المشتركة في ما بينها والمتأقلمة لتلك البيئة اسم (Biotope) ولتوضيح ذلك فإن قاع البحر على سبيل المثال يقسم إلى عدة مناطق أو (Biotopes) وكل منطقة يشغلها أو يسكنها مجموعة أحياء نسميها (Biocoenosis).

أما العبارة الثانية فهي ثناتوسنوسس «Thanatocoenosis»[1] وقد عربناها إلى «مشتركة الموت»أو «تجمع الموت».. وقد اقترحت لكي تطلق على مجموعة من الأحياء جمعت سوية بعد الموت.

ويشير المؤلفان كرومباين وسلوس (1963) في كتابهما (Sedimentation & Stratigraphy) ص 277 بأن العبارة الأخيرة استخدمت للتفرقة بين (تجمع الحياة) (Biocoenoses) في أي موقع ترسيبي وبين البقايا التي حفظت فعلاً في ذلك الموقع... إن بعض المتحجرات التي نلاحظها داخل الصخور قد تكون منتقلة إلى هذا الموقع من موقعها الأصلي الذي كانت فيه وقد يكون الانتقال بعدة طرق... فقد تنتقل من الصخور الأقدم إلى الأحدث وذلك نتيجة لعوامل التعرية التي تؤثر على الصخور وتؤدي إلى انتقالها ـ مع محتوياتها من المتحجرات ـ من موقعها الأصلي القديم إلى موقع آخر أحدث من الأول... وقد أطلق على المتحجرات المنتقلة هذه «Reworked fossils».

ويكون دفن المتحجرات في صخور أقدم من المنطقة التي عاشت بها كأحياء وذلك بنزولها من خلال تشققات الصخور أو نتيجة لقيام الكائن الحي بحفر الصخور والنزول إلى صخور أقدم ثم قد تموت هناك وتدفن. وتسمى «المتحجرات المتسربة» (leaked Fossils).

لوحظت أصداف لقواقع عاشت في الدهر السينوزوي داخل صخور تعود إلى الدهرين الميسوزوي والباليوزوي مما يعطي الدليل بأن القواقع التي عاشت في الدهر السينوزوي قد حفرت داخل صخور الدهرين الكريتاسي والباليوزوي وماتت هناك.

كما أن هناك توقعات بأن إحدى الطرق التي انتقلت بها المتحجرات الدقيقة أو الكبيرة من صخور أحدث عمراً إلى صخور أقدم عمراً كان من خلال شقوق أو فجوات أحدثتها المياه وانتقلت تلك المتحجرات بواسطة المياه إلى الصخور الأقدم.

(1) الكلمة Thanatocoenosis مكونة من مقطعين، الأول Thanato وهي من الكلمة الإغريقية Thanatos ومعناها «الموت» و-coeno أو -coeno وهي من الإغريقية Koinos ومعناها «مشترك».

إن حالة انتقال المتحجرات من صخور أقدم إلى صخور أحدث نتيجة للتعرية هي أكثر حدوثاً في الطبيعة من حالة انتقال المتحجرات من صخور أحدث إلى صخور أقدم.

الأهمية الطباقية للمتحجرات:

بسبب تعدد المتحجرات وبقاياها وتعقدها وانتشارها فإنها في بعض الحالات التي تكون واضحة للعين المجردة تعتبر صفات صخرية مميزة للطبقات الصخرية.

وكبقايا لأحياء كانت تعيش لفترة زمنية فإنها بالإضافة إلى ما ذكرناه تعتبر دليلاً دقيقاً للبيئة الماضية... وبسبب تطور الحياة بشكل متعاقب وعدم عودة التطور إلى الوراء، فإن للمتحجرات أهمية خاصة في المضاهاة الزمنية للطبقات ووضعها في موقعها الصحيح نسبة إلى المقياس العالمي للزمن الجيولوجي.

المتحجر الدال: (Index Fossil)

إن المتحجر الدال هو ذلك المتحجر الذي له صفة مميزة ومدى زمني قصير (أي عمر جيولوجي قصير) وانتشار جغرافي واسع.. ويعتبر الانتشار الجغرافي الواسع صفة مهمة للمتحجر الدال بالإضافة إلى عمره القصير، لأن المتحجر إذا لم يكن ذا انتشار واسع فإن أهميته الطباقية ستكون محصورة بالمنطقة الجغرافية التي وجد فيها فقط.

لذا فالمتحجرات الدّالة مفيدة في تشخيص أنطقة معينة وأعمار محددة وفي المضاهاة.

العلاقة بين الوحدات الحياتية والوحدات الصخرية:

سبق أن أشرنا حين تكلمنا عن الوحدات الطباقية في مقدمة الفصل الثاني عن عدم وجود علاقة بين الوحدتين، لأن أسس استحداث كل منهما يختلف عن الأخرى... إلا أنه في المناطق التي توجد فيها فجوات كبيرة في العمود الجيولوجي نتيجة تعرض منطقة إلى تعرية لفترة طويلة، فإننا نلاحظ تغيراً في الصفات الصخرية على جانبي سطح عدم التوافق وكذلك تغير في المجاميع الحياتية.

إضافة إلى ذلك فكما في حال تغير وحدة طباقية صخرية رملية إلى وحدة ثانية طينية بشكل تدرجي فإننا نلاحظ تغير تدريجي (تطور) في صفات الأحياء من شكل إلى آخر.

وحتى البيئات التي تظهر انسجاماً ووحدة في بيئة الترسيب فإننا نلاحظ اختلافاً في نوعية الصخور (Lithotope) ونوعية الأحياء (Biotope). . . فلو أخذنا على سبيل المثال تكوين شرانش في العراق فإنه يمثل بيئة البحر العميق. . ومع ذلك فإن هناك اختلافاً في مكوناته الصخرية ومجاميع المتحجرات فيه وخاصة الفورامنيفرا الطافية فتكوين شرانش يمثل الترسبات الحوضية ـ البحر المفتوح ـ في فترة الكريتاسي الأعلى، ورغم أنه ترسيب في منطقة بحرية معينة فإنه يتكون من الناحية الصخرية (الليثولوجية) من مارل، وحجر جيري ماري. وحجر جيري كما أنه غني بالمتحجرات الطافية التي تعود إلى عدة أجناس تميز فترة الكريتاسي الأعلى. وهناك تبايناً في أنواع هذه المتحجرات بحيث تمكن المختصون بعلم المتحجرات من تقسيم تكوين شرانش إلى عدة أنطقة طباقية حياتية استناداً إلى التباين في مجمعات المتحجرات.

وإذا كانت مجاميع المتحجرات بكثرة وكبيرة الحجم وبالإمكان ملاحظتها في الحقل فإننا نلاحظ تطابقاً في حدود الوحدات الطباقية الصخرية والوحدات الطباقية الحياتية. . . وفي العراق فإن تكوين عقرة الجيري يحوي في أجزاء منه على متحجرات كبيرة الحجم للفورامنيفرا جنس لوفتوسيا وكذلك على نماذج كبيرة من الرودست (المحاريات).

وهناك حالة ثانية تتطابق فيها حدود الوحدتين وذلك حينما يكون هناك تغير من بيئة الترسيب حيث ينعكس ذلك بتغير نوعية الصخور المترسبة وكذلك الأحياء التي تعيش في تلك البيئة.

وفي بعض الحالات فإن عدم التوافق يؤدي إلى تطابق حدود الوحدتين أيضاً.

العلاقة بين الوحدات الطباقية الحياتية والوحدات الطباقية الزمنية:

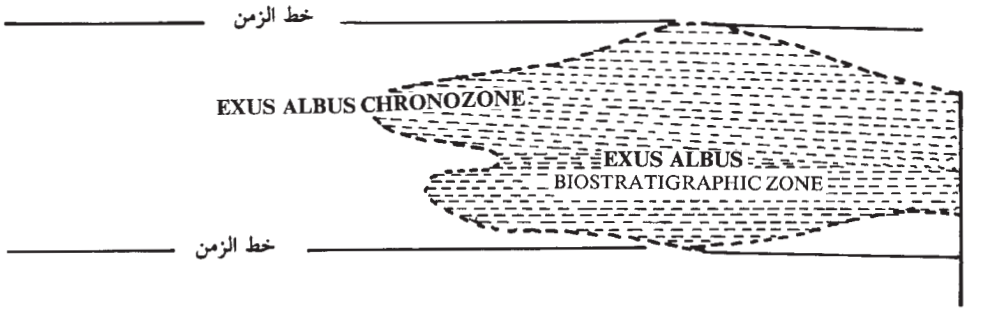
إن الوحدات الطباقية الحياتية تختلف من ناحية المفهوم عن الوحدات الطباقية الزمنية. . . . إن حدود الوحدات الطباقية الحياتية قد تكون محصورة في مدى متحجر معين أو مجموعة من المتحجرات، فإذا كان هذا المتحجر أو هذه المجموعة من المتحجرات مهمة كمتحجرات مرشدة لعمر معين عند ذاك تتطابق حدود الوحدتين إلا أن معايير تشخيص كل منهما يختلف عن الآخر.

ولما كانت المتحجرات تظهر التغيرات التي تحدث نتيجة للتطور ـ الذي لا ينعكس إلى الوراء ـ لذا فهي سجل جيد للزمن الجيولوجي، وهي غالباً ما تكون

مقاربة بصورة أفضل من غيرها للوحدات الطباقية الزمنية، مما يجعلها إحدى الوسائل الجيدة للتحديد الطباقي الزمني. . .

إن الفرق الأساسي بينهما هو أن النطاق الطباقي الحياتي يتحدد بالوجود الفعلي لصفة معينة من صفات المتحجرات. . بينما النطاق الطباقي الزمني يميز جميع الصخور المتكونة خلال فترة زمنية معينة من عمر الأرض.

إن المفهومين مختلفان فعلى سبيل المثال فإن نطاق ـ مدى النوع Exas albus محدد بامتداد نماذج ذلك النوع في الطبقات الصخرية. وفي هذه الحالة سيكون ذلك النطاق نطاق ـ مدى موضعي. بينما من ناحية أخرى فإن «نطاق زمن» النوع Exus albus يشمل جميع الطبقات في مكان ما من الأرض ذي العمر المماثل لامتداد هذا النوع باعتبار «النطاق الزمني» يمثل «الامتداد العمودي الكلي» للنوع المذكور بغض النظر في ما إذا كانت نماذج هذا النوع موجودة فعلاً في الطبقات أم لا. (لاحظ الشكل 3 ـ 1).



شكل (3 ـ 1) مقطع طباقي يظهر العلاقة بين الوحدة الطباقية الحياتية للنوع Exus albus المعبر عنه بـ(EXUS ALBUS BIOSTRATIGRAPHIC ZONE) والوحدة الطباقية الزمنية لنفس النوع المعبر عنها بـ(EXUS ALBUS CHRONO ZONE) وهي المحصورة بين خطي الزمن. إن توزيع نماذج النوع محددة في المناطق المملوءة بالنقاط (المصدر ISSC, No. 5)

إن حدود النطاق الزمني ـ حسب تعريفه ـ يجب أن تكون في كل مكان متماثلة في العمر (Isochronous) على حين تختلف حدود الوحدات الطباقية الحياتية وذلك لعدة أسباب منها التغير في ظروف الترسيب، اختلاف ظروف حفظ المتحجرات، عدم اكتشاف المتحجرات، الوقت الذي يحتاجه المصنف حين الهجرة، الاختلافات الموضعية في خطوط التطور وغيرها من العوامل. . . لذا فإن الوحدات الطباقية الحياتية ليست في جميع المناطق متماثلة في العمر.

النطاق (Zone):

يعتبر النطاق، الوحدة العامة الأساسية في التصنيف الطباقي الحياتي. ويعرف بأنه طبقة أو مجموعة طبقات تمتاز بوجود مصنف واحد (Taxon) أو مجموعة مصنفات (Taxa). ويسمى النطاق باسم واحد أو أكثر من المصنفات التي تتواجد في صخورها.

إن عبارة نطاق (Zone) ليست محصورة الاستعمال في الوحدات الطباقية الحياتية لأنها تستخدم في وحدات طباقية أخرى وفي أفرع أخرى من الجيولوجي، فعلى سبيل المثال نحن نستعمل عبارات نطاق حجر الصوان، نطاق متصلب (ذو درن صخري)، نطاق لفالق نطاق التشبع، ومع ذلك فإن الإشارة إلى الأنطقة الطباقية الحياتية تبقى ذات خاصية متميزة إن لم تكن لها الأولوية، لذا يفضل الإشارة إلى الأنطقة ذات العلاقة بالوحدات الطباقية الحياتية باسم «نطاق طباقي حياتي» (Biostratigraphic Zone) أو اختصاراً باسم «نطاق حياتي» (Biozone) وهذه الطريقة في تسمية الأنطقة ممكن أن تنطبق على تسمية الأنطقة التابعة إلى وحدات طباقية أخرى فتستعمل عبارة «نطاق صخري» «Lithozone» «للدلالة على» نطاق طباقي صخري، (Lithostratigraphic Zone) وكذلك «نطاق زمني» «Chronozone» للإشارة إلى «نطاق طباقي زمني» (Chronostratigraphic Zone).

إن تحديد «نطاق طباقي حياتي» يتم استناداً إلى محتويات الصخور من المتحجرات فقط بدون الاعتماد على المكونات الصخرية، البيئية، أو مفهوم الزمن.

وقد يعتمد تحديد أي نطاق على جميع محتويات الصخور من المتحجرات أو يعتمد على شعبة (Phylum) واحدة، أو صنف (Class) واحد أو رتبة (Order) واحدة.. وهكذا.

لذا فإن من الممكن أن نجد في مقطع واحد عدة أنطقة حياتية متباينة متداخلة الواحدة مع الأخرى وذلك إذا كانت مستندة إلى متحجرات مختلفة كأن يكون أحد الأنطقة قد حدد استناداً إلى الفورامنيفرا وآخر إلى البطنقدميات، وآخر إلى الدایاتوم، أو النباتات الأرضية لو مجموعتين أو أكثر من البقايا العضوية.. لاحظ الشكل (3 ـ 2).

إن المدى العمودي (الذي يمثل الزمن الجيولوجي) للأنطقة يتباين بحسب امتدادات المصنف، لذا فإن النطاق قد يكون على امتداد طبقة واحدة ذات مصنف أو مجموعة مصنفات متميزة، ومن جهة أخرى يمكن اعتبار جميع الترسبات العائدة للدهر السينوزوي هي «نطاق الثدييات» أو «نطاق اللبائن» (Zone of Mammals) وجميع ترسبات الميسوزوي تمثل «نطاق الزواحف» (Zone of Reptiles).

SERIES	STAGES	AMMONITES ZONES	ZONES BASED ON FOSSILS OTHER THAN AMMONITES		
			OTHER MOLLUSKS	ECHINODERMS	FORAMINIFERA
	Danian	(Hercoglossa danica)		Echinocorys sulcatus	
UPPERCRETACEOUS	Maestrichtian	Discoscaphites constrictus	Belemnitella lanccolata	Hemipneustes striatoradiatus	Globotruncana conica
		Bostrychoceras polyplocum	Belemnitella mucronata		
	Campanian	Kossmaticeras theobaldianum			Globotruncana arca
		Hoplitoplacenticeras coesfeldiense			
		Submortoniceras delawarense	Actinocamax quadratus	Offaster pilula	
		Diplaemoceras bidorsatum			
	Santonian	Stantokoccras guadalupae	Actinocamax granulatus	Marsupites testudinarius	Globotruncana linnciana
		Texanites teranus		Micraster coranguinum	
		Texanites emscheris			
	Coniacian	Barroisicerus haberfelleneri	Aclinocamax westfalicus	Micraster cortestudinarium	
	Turonian	Pscedojacobites farmeryi		Holaster planus	
		Prionotropis woollgari		Terebratula lata	
		Mammites nodosoides		Rhynchonella cuvieri	
		Fagesia superstes			
	Cenomanian	Metoieoceras pontieri	Actinocamax plenus	Holaster subglobosus	Globotruncana aft. appenninica
		Acanthoceras rhotomagense			
		Schloenbachin rarians		Holaster nadulosus	
		Mantelliceras martimpreyi	Neohibolites ultimus	Cardiaster fossarius	

شكل (3ـ2) وحدات طباقية زمنية ووحدات طباقية حياتية لمتحجرات الأمونايت والفورامينفرا وغيرهما . .
للكريتاسي الأعلى في أوروبا (المصدر : Krumbein & Sloss, 1963)

الآفاق الحياتية (Biohorizones) أو المستويات الحياتية (Biolevels):

إن هناك مفهوماً أو مصطلحاً طباقياً مهماً جداً ذلك هو «سطح» التغير الطباقي أو «سطح» ذو صفات طباقية متميزة.. وهذا السطح ذو بعدين فقط هما الطول والعرض. إذا ما قورن بالوحدة التي يتواجد فيها وهي ذات ثلاثة أبعاد هي الطول والعرض والارتفاع (الزمن).

ولقد أشير إلى هذا المظهر بعدة تسميات منها: سطح.. أفق.. مستوى.. حد.. مؤشر.. دليل.. سطح مرجعي.. طبقة دالة.. إلخ.

وقد يكون هذا المظهر منبسطاً أو سطحاً غير منتظم وقد يكون حداً لوحدة طباقية أو داخل وحدة طباقية، وقد يكون سطحاً ذا عمر متساوٍ (Isochronons) وقد لا يكون.

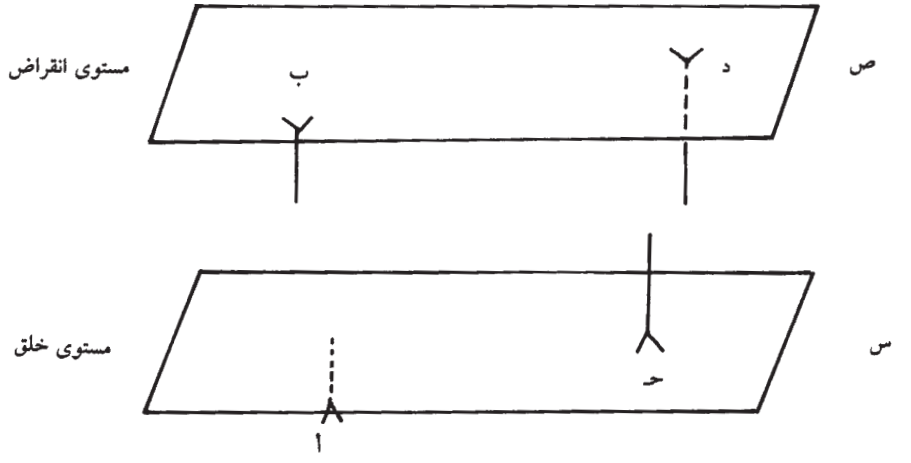
إن هذا السطح عادة هو مظهر طباقي حياتي وفي هذه الحالة يكون من المفيد تشخيصه بأن نبدأ تسميته بالعبارة «حياتي» (Bio-).. وفضل العديد من الجيولوجيين استعمال عبارة «الأفق الحياتي» (Biohorizon) وما يقابلها في الوحدات الطباقية الأخرى هو «الأفق الصخري» (Lithohorizon) «وأفق زمني» (Chronohorizon)... إلخ.

بينما فضل آخرون استعمال عبارات «مستوى حياتي» (Biolevel) أو «سطح حياتي» (Biosurface)... إلخ.

ربما أكثر المظاهر الطباقية الحياتية المستعملة من هذا النوع هو استخدام أول ظهور المصنف وآخر وجود لمصنف آخر، وهذه الأسطح يشار لها عادة «كمستويات خلق» «ومستويات انقراض» على التعاقب (لاحظ الشكل 3 ـ 3 و3 ـ 5).

إن تحديد أول ظهور واختفاء موضعي للمتحجرات قد يكون بسبب فجوات أو تغير في السحنات. لذا فإن تحديد هذه الأسطح يعتبر مسألة تخضع للاجتهاد الشخصي.

إن هناك أسطحاً أخرى من هذا النوع تتميز بتغير أحد المظاهر التركيبية في المصنف الواحد كتغير في اتجاه اللفات. اختلاف الحجم... إلخ.



شكل (3 ـ 3) الآفاق الحياتية أو المستويات الحياتية.

السطح س يمثل مستوى خلق لأنه يمثل أول ظهور للمصنف أ و جـ.
السطح ص يمثل مستوى انقراض لأنه يمثل نهاية ظهور (انقراض) للمصنف ب، د.

أنواع الوحدات الطباقية الحياتية:

بالإمكان تقسيم الطبقات إلى أنطقة طباقية حياتية بعدة طرق مختلفة، ولذا فهناك عدة أنطقة كل منها قد يكون ذا فائدة تحت ظروف معينة بالرغم من كونها مختلفة في أهميتها الواحدة عن الأخرى... لذا فمن الضروري تحديد نوع الوحدة الطباقية الحياتية التي يستعملها الجيولوجي... ولما كان «النطاق الحياتي» (Biozone) هو الوحدة الأساسية والأكثر استعمالاً كوحدة طباقية حياتية فإن أبسط وأفضل عملية هو تحديد الأنواع المختلفة من الأنطقة الحياتية...

تقع الأنطقة الحياتية ضمن أربعة أنواع عامة اعتماداً على المظهر أو الصفة التي يود الجيولوجي التأكد عليها:

1 ـ تلك التي تستند على جمع الطبقات سوية وذلك لأنها تمتاز «بتجميع طبيعي واضح» لمجموعة من المتحجرات المتواجدة، وتسمى «أنطقة ـ تجمع» (Assemblage- Zones).

2 ـ تجميع الطبقات سوية لأنها تمثل «المدى الطباقي» لبعض العناصر من التجمع الكلي لأشكال من المتحجرات المتواجدة وتصنف «أنطقة ـ مدى» أو «أنطقة ـ امتداد» (Range- Zones).

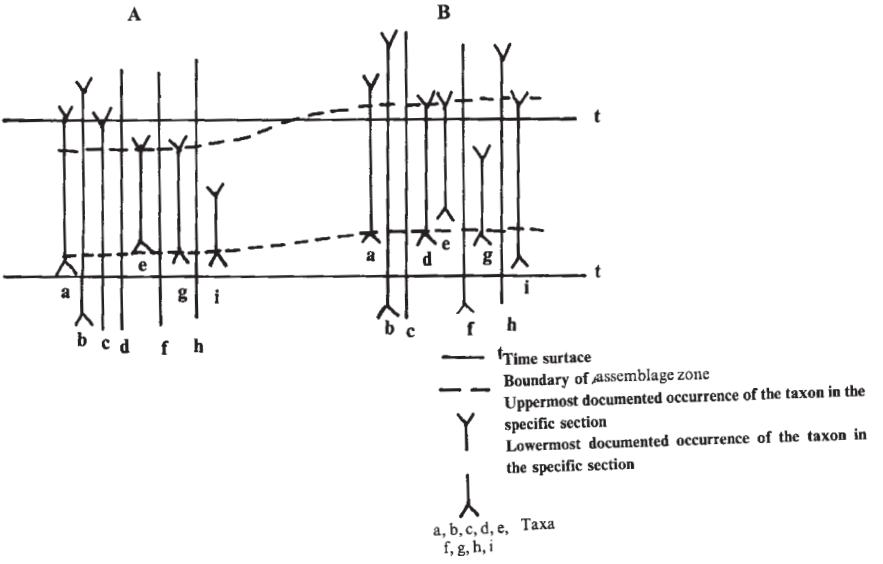
3 ـ جمع الطبقات سوية وذلك لوفرة أشكال معينة فيها بغض النظر عن تجمعها أو

مداها وتصنف أنطقة ـ قمة أو أنطقة ـ ذروة (Peak-Zones or Acme-Zones) وهذه تعتبر أقل أهمية من التقسيمين الأوليين.

4 ـ وهناك نطاق رابع ذو استعمال عام يمثل «فترة فاصلة أو فاصلة أو فرجة» (Interval) بين مدى نطاقين حياتيين وسمي فاصل (Interval Zone) (لاحظ الشكل 3 ـ 4) أو نطاق بيني (Interzone).

1 ـ نطاق التجمع (Assemblage-Zone):

الطبقات المتميزة باحتوائها على مجموعة خاصة من المتحجرات تميزها عن غيرها من الطبقات من ناحية محتوياتها من المتحجرات (لاحظ الشكل 3 ـ 4).



شكل (3 ـ 4) نطاق تجمع في المثال الحالي فإن مجاميع المصنفات التي شخص النطاق على أساسها بلغ عددها تسعة مصنفات ذات امتدادات متباينة

ولتوضيح حدود النطاق، فعلى سبيل المثال فإن الحد الأسفل يمكن أن يوضح بتواجد الحدود الدنيا للمصنفات (d, i, g, a) والحد الأعلى يتمثل بأقصى تواجد للمصنفات (i, d, g, e).

إن المصنفات التي على أساسها يتم تسمية النطاق يجب أن تكون متواجدة في الدراسة. إن الرموز ومدلولاتها المثبتة في الأشكال (3 ـ 4 وإلى 3 ـ) هي كالآتي:

الحرف (t): مختصر لكلمة time والخط الغير المقطع يمثل سطحاً لعمر متماثل.

الخط المقطع (ـ ـ): حدود النطاق.

Y الحد الأعلى لتواجد المصنف.

λ الحد الأسفل لتواجد المصنف.

الأحرف b, a . . . إلخ هي رموز تمثل مصنفات، أي متحجرات مشخصة.

وينظر إلى هذا النطاق بمحتوياته من «مجموعة المتحجرات» وليس «امتداد متحجر واحد» والتغير في أنطقة التجمع قد تشير إلى تغير البيئة أو تغير عمر الصخور أو كليهما. ويطلق على النطاق اسم يؤخذ من واحد أو أكثر من المتحجرات الموجودة في صخوره.

فعلى سبيل المثال في استعمال 1سم مصنف واحد فإن «نطاق تجمع كريبيسفالس (Crepicephalus Assemblage-Zone) لا يتميز بوجود الجنس «Crepicephalus» ولكن بأجناس أخرى من الترايلوبيت التي تتواجد مع الجنس «Crepicephalus» وتشكل «متحجرات دالة» (Guide Fossils) لنطاق التجمع . . .

وليس من الضروري أن يكون الجنس المذكور أو المتحجرات الدالة الأخرى محددة بذلك النطاق ولا يشترط أن تكون موجودة في كل جزء من النطاق.

ومن الممكن أن يستخدم اسم مصنفين لتسمية نطاق التجمع ـ مثال: Eponides-Planorbulinella Assemblage-Zone.

وقد يكون لدينا «نطاق تجمع» لمتحجرات الحيوانات أو لمتحجرات النباتات، كما أن هناك أنطقة تجمع ضمن متحجرات الحيوانات، فقد نجد نطاق تجمع لمتحجرات المرجان أو «الفورامنيفرا» أو أنطقة تجمع لمتحجرات «فورامنيفرا» طافية وأخرى «فورامنيفرا» قاعية. . وهكذا، وعلى الجيولوجي أن يوضح ذلك حين تسمية نطاق التجمع أو خلال الشرح الذي يقدمه في دراسته. . .

وفي كل الحالات فإنها تمثل وحدة متكاملة إما لمجموعة معينة من المتحجرات أو لعدة مجاميع أو كل المجاميع سوية. والتي توجد في الطبقات الصخرية والتي يفترض أنها إما عاشت سوية، أو أنها ماتت سوية. وفي كل الأحوال فإنها دفنت سوية وبذا فهي تميز فترة معينة من الزمن وامتداد للطبقات.

ولما كان التجمع يمثل بشكل واضح بقايا لتجمع حياتي مشترك فإن العبارة التي توضح هكذا تجمع هي «نطاق ـ تجمع سحنة حياتية» (Biofacies Assemblage-Zone).

مثال طباقي (Stratotype):

إن أفضل طريقة في تحديد نطاق حياتي هو بأن نحدد مثال طباقي أو نموذج طباقي (Stratotype) وهو مقطع في طبقات صخرية وهذا المقطع يعتبر نموذج التجمع الطباقي الحياتي وفي نظر الباحث الذي استحدث الوحدة يمكن أن يستخدم كمرجع نموذجي في تشخيص نطاق ـ تجمع في مكان آخر.

إن المقطع المثالي يفيد في تثبيت النطاق وحمايته حين عدم الكفاءة في الوصف العلمي أو عدم كمال جمع النماذج.

حدود نطاق التجمع:

ترسم حدود نطاق التجمع فوق «سطوح حياتية» (Biohorizons) تمثل حدود تواجد المجاميع التي تعتبر مميزة للوحدة (لاحظ الشكل 3 ـ 4).

إن الدقة في رسم تلك الحدود تعتمد بدرجة كبيرة على الدقة التي حددت بها الوحدة... ليس من الضروري أن تكون جميع مكونات التجمع الموجودة في المقطع النموذجي موجودة لكي تصنف الطبقات ضمن ذلك النطاق، لذا فإن تشخيص النطاق وحدوده مسألة تخضع إلى حد ما على التحليل والقناعة الشخصية.

أهمية نطاق التجمع:

إن نطاق التجمع هو أحد الأنطقة المهمة من الأنطقة الطباقية الحياتية والتي تستعمل بكثرة في الدراسات الطباقية.

إنها أنطقة متميزة في التأشير على البيئة وفي تحديد العمر، رغم أنها لا تتحدد بالامتدادات العمودية والجغرافية للمصنفات. وبغض النظر عن أسلوب مناقشة وتحديد هذه الأنطقة فإنها أنطقة محسوسة وتعتبر ذات قيمة عالية في المضاهاة المحلية.

ورغم أن أنطقة التجمع من الناحية العملية ذات فائدة موضعية لأنها تعتمد على طبيعية الحياة وهذه بدورها تتغير جغرافياً من محل إلى آخر إلا أنه لوحظ بأن تجمعات الأحياء البحرية الطافية قد تمتد بصورة متقاربة إلى جميع مناطق العالم ولكن ضمن مدى خطوط العرض.

قد تعيد أنطقة التجمع ظهورها عدة مرات في تعاقب طباقي وبتغير قليل في صفاتها وتعطي الدليل بذلك على عودة البيئة نفسها.. ومن جانب آخر فإنه خلال فترة جيولوجية طويلة فإن التغيرات التطورية تصبح واضحة بشكل يجعل مجاميع المتحجرات لعمر معين مختلفة عن مجاميع عمرٍ آخر.

وعلى الرغم من أن جميع المتحجرات التي تتواجد في أية منطقة يجب أن ينظر إليها برمتها كمجاميع طبيعية تمثل صفات طباقية حياتية لتلك الصخور. ومع ذلك فإن التباين في طريقة تجمع تلك المتحجرات مهم في تحديد الوحدة الطباقية

الحياتية. . . فبعض البقايا من المتحجرات قد تكون لأحياء عاشت فعلاً في قاع البحر في تلك المنطقة كما أن بعض البيئات تمثل بيئة الموت والدفن بعد الحياة وليست نفس بيئة حياة الأحياء الأصلية، أي أن الأحياء انتقلت إلى تلك المنطقة بعد الموت فمن الممكن أن يستقر بعضها في القاع بعد أن كانت تعيش طافية أو سابحة في المياه التي تعلو القاع، ثم استقرت بعد الموت فيه وأخرى قد تنقل من محلها بواسطة التيارات لتستقر وتدفن في محل آخر. هذه العوامل تجعل من الضروري أن يتأنى الشخص ويبذل جهداً حين تشخيص وحدة طباقية حياتية.

التسميات المترادفة (Synonymy):

إن نطاق التجمع قد عرف أيضاً باسم نطاق «Cenzone» والمقطع الأول من الكلمة مشتق من الإغريقية «Koinos» وتعني «مشترك أو عام».

أن لهذه الكلمة نوعاً من الأفضلية لأنها مشتقة من الإغريقية بدلاً من استعمال كلمة مصدرها لغة حديثة كالإنكليزية إلا أنها ليست العبارة الملائمة للتعبير عن نطاق تجمعي للمتحجرات، لذا فإن المصطلح الإنكليزي «Assemblage» قد استمر استخدامه.

درجات تقسيم الوحدات الطباقية الحياتية:

الأنطقة الطباقية الحياتية تتباين في سمكها وحجمها في الطبقات التي تحويها. فقد يتراوح سمكها ما بين سمك طبقة واحدة وحتى يصل سمكها إلى عدة آلاف من الأمتار ومثال على الحالة الأخيرة هو «نطاق ـ مدى الزواحف» أو «نطاق ـ مدى الأمونايت».

إن النطاق الحياتي (Biozone) لأي نوع من الوحدة الطباقية الحياتية الأساسية في هذا التقسيم. . وقد يجمع البعض عدة أنطقة ذات مظاهر طباقية حياتية متماثلة لتشكل «نطاق ـ أعلى» (Superzone).

أو قد يقسم النطاق إلى «تحت نطاق»(Subzone) لكي تعبر عن تفصيلات طباقية حياتية أدق. . . وموضعياً فإن كان هناك حاجة إلى تقسيمات أقل من (Subzone) فقد تستعمل عبارة عن زونيول (Zonule) لهذه الغاية أو تستعمل عبارة «نطاق صغير» (Mini Zone).

تحت نطاق (Subzone):

في بعض المناطق قد يكون إجراءاً عملياً أن نشخص ونحدد وحدات أنطقة

حياتية أقل درجة من «نطاق التجمع» وهذه قد تسمى «تحت الأنطقة» (Subzones) وتعرف بأنها تقسيمات ثانوية للأنطقة.

وليس من الضروري أن نقسم جميع الأنطقة إلى «تحت أنطقة (Subzones)» (لاحظ الشكل 3 ـ 4).

زونيول (Zonule):

إن أصغر تقسيم من تقسيمات النطاق (Zone) هو الزونيول (Zonule)، والزونيول يتكون عادة من طبقة واحدة أو طبقات قليلة السمك.

قسَّم معظم الجيولوجيين النطاق (Zone) إلى وحدات أصغر تسمى «تحت نطاق» (Subzone) وقسم «تحت نطاق» إلى وحدات أصغر هي الزونيول (Zonule) واستخدم البعض الآخر من الجيولوجيين عبارة زونيول (Zonule) كتقسيم أصغر من النطاق أي مقابل لـ«تحت نطاق» إن عبارة زونيول عموماً قليلة الاستعمال.

نطاق الامتداد (أو المدى) (Range-Zone):

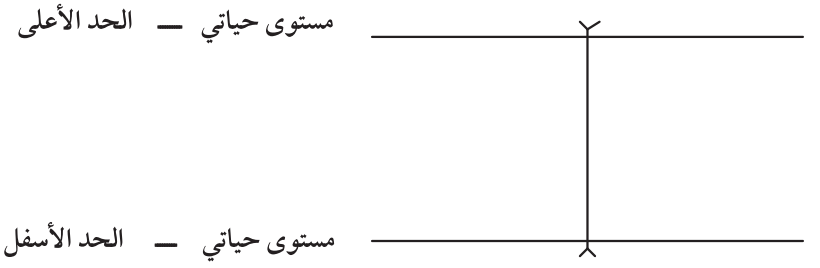
هي كتلة الطبقات التي تمثل الامتداد الكلي (Range) لوجود أي مصنف (Taxon) يتم اختياره من بين المجموع الكلي للمتحجرات الموجودة في تعاقب طباقي... إن عبارة امتداد تتضمن انتشار في أي اتجاه كان أفقياً أو عمودياً (لاحظ مدى المصنفات في الشكل 3 ـ 4، والشكل 3 ـ 5).

يكون المصنف الذي يتم اختياره وحدة تصنيفية تحت نوع (Subspecies)، نوع (Species) أو جنس (Genus) أو عائلة (Family) أو رتبة (Order)... إلخ. أو خطاً تطورياً (Lineage) أو جزءاً من خط تطوري أو بعض الصفات للمتحجرات الأخرى... ويجب أن يوضح المقصود بالتسمية حين إطلاق الاسم على الامتداد أو في الشرح المرفق مع الدراسة... وفي هذا النوع من الدراسة العلمية يخضع الموضوع إلى اجتهاد الباحث فهناك من يميل إلى تقسيم المصنفات إلى وحدات صغيرة واستحداث تسميات متعددة وهناك من يميل إلى تجميع المصنفات. وينعكس ذلك على وحداتهم المسماة وكذلك الدراسات الطباقية المعتمدة على المتحجرات.

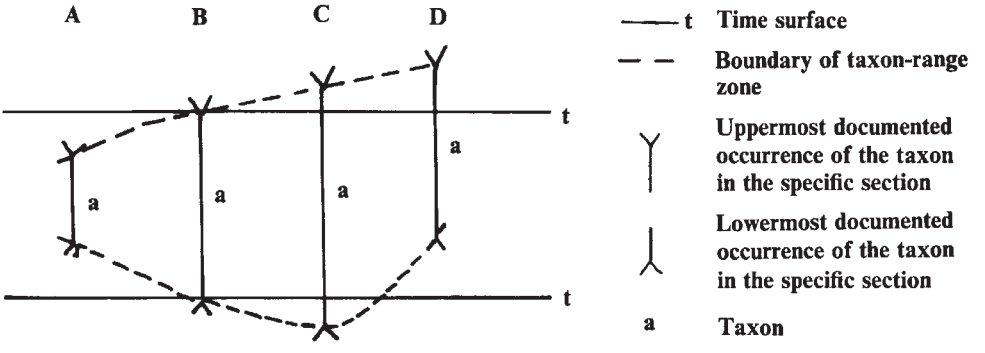
إن الزمن الذي يمثل بنطاق امتداد قد يشار له بعبارة «زمن» أو «قيمة زمنية» (Time value) أو «زمن حياتي» (Biochron).

نطاق ـ مدى ـ مصنف (Taxon - range - Zone):

إن نطاق ـ مدى ـ مصنف هو كتلة الطبقات التي تمثل الامتداد الكلي (الأفقي والعمودي) لوجود نماذج من مصنف (نوع، جنس، عائلة... إلخ) (الشكل 3 ـ 5). لذا فإن نطاق المدى للنوع Linoproductus cora هو مجموعة الصخور المحصورة بين الحدود الخارجية لمناطق وجود نماذج هذا النوع. ونطاق مدى الجنس Globotruncana هو مجموعة الصخور المطبقة المحصورة بين الحدود الخارجية لمناطق وجود أي نوع من أنواع الجنس المذكور... إن نطاق المدى لمصنف يعين امتداده على مستوى عالمي، إلا إذا حدد الجيولوجي مناطق خاصة مثال: ـ نطاق مدى النوع Linoproductus cora في أوروبا، أو نطاق مدى النوع Exus albus في مقطع تكوين عقرة.



شكل (3 ـ 5 أ) نطاق مدى ـ مصنف «أ»



شكل (3 ـ 5ب) نطاق مدى مصنف (Taxon - range Zone).

إن الحدود السفلى، العليا والجانبية لهذا النطاق تتحدد بمدى تواجد المصنف «a» (Taxon).

والأحرف A، B، C، D تمثل مواقع مختلفة وجد فيها المصنف المذكور

فهناك إذن أنطقة امتداد بعدد الأنواع والأجناس وباقي أقسام المملكة الحيوانية والنباتية. وبإمكاننا مثلاً أن نشير إلى نطاق امتداد الزواحف في دهر الميسوزوي بأن نقول نطاق ـ مدى الزواحف (Reptiles Range- Zone) أو (Range- Zone of Reptiles).

حدود نطاق ـ مدى ـ مصنف:

هي السطوح (المستويات الحياتية) (Biohorizons) التي تؤشر الحدود الخارجية لوجود نماذج مصنف في مكان ما ومداه يمثل بذلك النطاق... فالحدود إذن هي التي تمثل نقاط نشوء وانقراض المصنف المعني بالدراسة. ولذا ففي مقطع واحد فإن الحدود هي ببساطة مستويات أول ظهور واختفاء للنماذج في ذلك المقطع... وكلاهما قد يكونان بتأثير البيئة أو وجود فجوات في ذلك المقطع وبذلك فإن الحدود الكلية الحقيقية لنطاق المدى لا يمكن إيجادها إلا بدراسة جميع المقاطع المحلية...

إن الظهور أو الاختفاء المفاجىء لمصنف معين في تعاقب طباقي هو عادة دليل على تأثير بيئة موضعية أو وجود فجوة إلا في الحالات التي يشاهد فيها تدرج من أشكال تمثل أسلاف (الأصل) المصنف في المنطقة السفلى إلى أشكال تمثل السلالات الأخيرة في الأعلى وبذلك نكون متأكدين بأن الامتداد العمودي بكامله قد تمثل في تلك المنطقة.

إن حدود «نطاق ـ مدى ـ مصنف» معرضة للتغير مع الاكتشافات الجديدة. وهي معرضة للتغير أيضاً بتغير التصنيف (Taxonomy).

نطاق مدى محلي (موضعي) Teilzone وTopozone:

استعمل فريبولد (Frebold) عام 1924م، وآخرون عبارة Teilzone للإشارة إلى مدى مصنف في أي مقطع معين وذلك لتفريقه عن مداه الكلي أو الكامل.

أما عبارة «Topozone» فقد استخدمها مور (Moore) عام 1957م وقد أوضح مور الأسباب التي دعته إلى استعمال عبارة «Topozone» بدلاً من «Teilzone» بقوله:

«نظراً للاعتراض المقبول على استخدام الكلمة الهجينية (Teil - zone)[1]

(1) وردت عبارة «Teil - zone» في نص مور بشارحة (ـ) بين العبارتين «Teil» و«Zone» أما قَصْدهُ بأنها عبارة هجينية فلأنها مؤلفة من كلمتين الأولى «Teil» وهي ألمانية وتعني جزء. والثانية هي «Zone» وهي إنكليزية وتعني نطاق.

(والتي تعني حرفياً نطاق ـ جزئي Part- zone) فإن العبارة «Topozone»[1] البسيطة وذات الوضوح من الناحية العملية تعتبر أكثر ملائمة».

وحين استخدامها من قبل الجيولوجي فمن الضرروي أن يشير إلى المنطقة المحلية التي يقع فيها امتداد المصنف تحت الدراسة وحين استخدام الاسم المحلي فإن عبارة نطاق ـ مدى ـ مصنف للمنطقة الفلانية (المدروسة) سيكون كافياً وقد لا يكون من الضروري استعمال عبارات كالتي ذكرناها هنا وهي «Teilzone» و«Topozone».

التسمية والمقاطع المرجعية:

إن نطاق مدى مصنف يسمى نسبة إلى نوعية المتحجر أو المصنف الذي يمثل ذلك النطاق.

مثال:

Didymograptus Range - Zone أو Range - Zone of Mammals أو Globigerina brevis Range-Zone.

إن المرجع النموذجي لنطاق مدى مثل هذا هو «النموذج المثال»(Type specimen) أو نماذج مرجعية (Reference specimens) أو مفهوم حياتي (Biologic concept) للمصنف، لا توجد حاجة إلى مقطع نموذجي (Stratotype) لنطاق مدى مصنف لأن إدراك هذا النوع من الأنطقة يعتمد كلياً على الفهم الحياتي (العضوي) لمصنف.

وهذا لا يعتمد على أي مقطع خاص للطبقات.. ورغم أن المقطع النموذجي لنطاق مدى يعتبر عملية غير ملائمة لأنها لا تعبر كلياً عن هذا المفهوم ومع ذلك فإن اختيار مقاطع مرجعية لتوضيح المقصود بنطاق المصنف تحت الدراسة يعتبر عملية مفيدة.

أهمية نطاق ـ مدى ـ مصنف:

إن نطاق ـ مدى ـ مصنف يعتبر ذو أهمية من ناحية البيئة إذا كان توزيع نماذج ذلك المصنف تتأثر بالبيئة... كما أن نطاق مدى مصنف يعتبر ذو أهمية كدليل للعمر الجيولوجي وذلك لما تمثله بعض المصنفات من مدى لزمن جيولوجي محدد. لذا فإن وضع طبقة في نطاق مدى الكرابتوليت أو نطاق مدى النوع

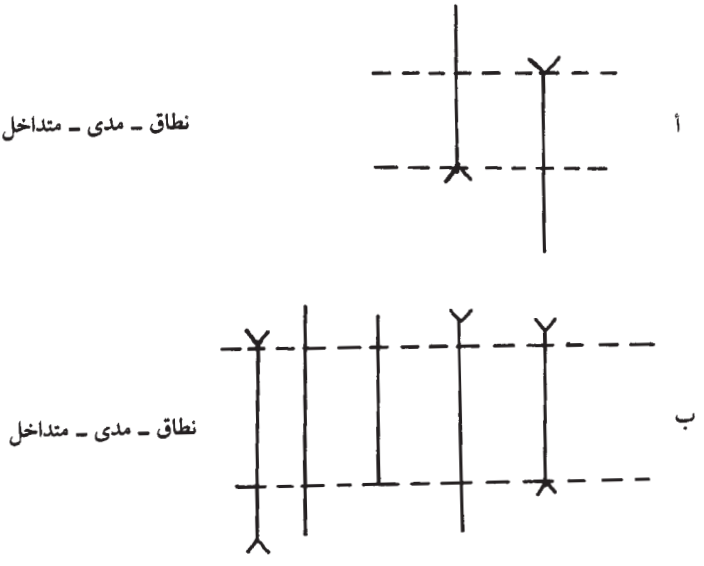
(1) Top. إما تتمة أو يفصل أو يجزأ... وفي سياقها الحالي فإن مور استخدمها لتعني جزءاً.

Miogypsina hawkinsi يضعها في موقع معين من الزمن الجيولوجي.

لقد أطلقت عدة تسميات للإشارة إلى نطاق المدى منها «نطاق حياتي» (Biozone) استعملت من قبل بكمان (Buckman) عام 1902. وكذلك «نطاق الجنس» (Genus- Zone) «ونطاق النوع» (Species- Zone) والمفضل أن تستعمل عبارات «نطاق ـ مدى ـ جنس» (Genus- range- Zone) «ونطاق ـ مدى ـ نوع» (Species- range- Zone) لكي يصبح مدلول التسميات أكثر ملائمة لواقع الدراسة وحسب نوعية الدراسة.

نطاق المدى المشترك (المتداخل) (Concurrent - Range Zone)[1]:

هي المنطقة الصخرية التي تتحدد باشتراك أو تطابق أنطقة امتدادات مصنفين أو أكثر. ويشار له أيضاً باسم «نطاق ـ مدى ـ متداخل) (Overlap- Range Zone) وهذا النوع من الأنطقة الحياتية يعتبر أهم الأنطقة في تحديد العمر الجيولوجي، وفي الدراسة الطباقية الزمنية (شكل 3 ـ 6أ، 3 ـ 6ب).

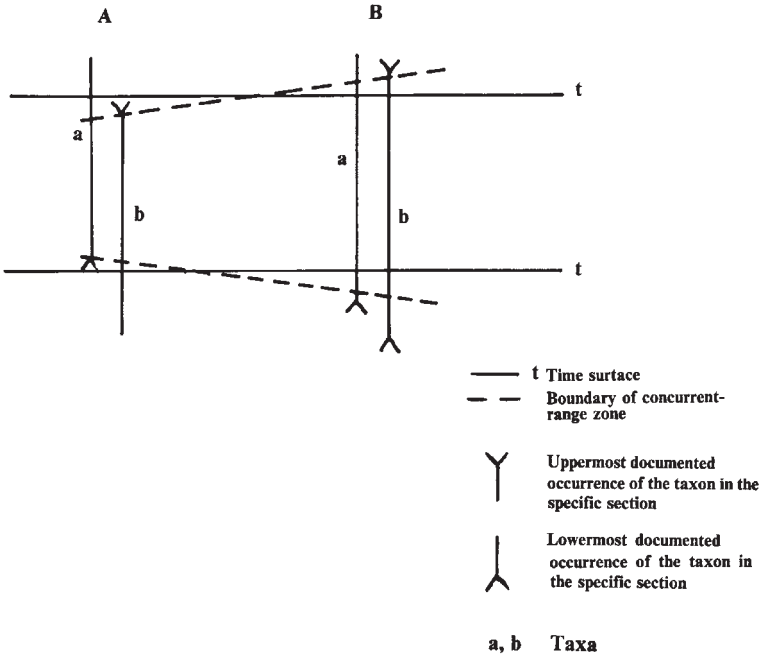


شكل (3 ـ 6أ) نطاق ـ مدى ـ متداخل لمصنفين في أ وأكثر في ب

إن هذا النطاق لا يستند على التواجد الطبيعي لجميع الأشكال (أو جميع الأشكال التابعة لمتحجر واحد) والتي طمرت سوية في كتلة من الطبقات الصخرية

(1) إن عبارة «Concurrent» تعني مشتركة في الموقع أو في الزمن (متزامنة) ونحن هنا نفضل استعمال مشتركة في المدى (الموقع) لأنها أكثر دلالة على تداخل أو اشتراك مدى مصنفين في المنطقة تحت الدراسة.

كما في حالة نطاق ـ التجمع بل إنها تستند على انتقاء عناصر من مجاميع المتحجرات يتم اختيارها بعناية وتبعد عن هذه الدراسة متحجرات أخرى من المجموعة المتواجدة.



شكل (3 ـ 6ب) نطاق مدى متداخل

(Concurrent - Range Zone) لمصنفين a وb. حدود النطاق موضحة بالخط المقطع

إن النماذج التي تختار للدراسة قد تكون امتداداتها متداخلة جزئياً ولا يشترط فيها أن تكون متطابقة الامتداد...

أهمية النطاق:

إن نطاق ـ المدى ـ المشترك قد استعمل منذ فترة طويلة من قبل الجيولوجيين ويعتبر عاملاً مساعداً في المضاهاة ـ الزمنية (Time-correlation). إن الأهمية الزمنية لمصنف واحد معين تتقوى كثيراً باستعمال امتدادات لمصنفين أو أكثر تشترك (تتداخل) فيما بينها... إن هذا النوع من الأنطقة هي مسألة تخضع للتحليل الشخصي والاختيار... وهذه الأنطقة لا يمكن تحديدها باختيار مقطع نموذجي برغم أنه سيكون مفيداً أن تكون هناك مواقع مرجعية حيث يتواجد النطاق وحيث المصنفات المختارة متمثلة بشكل جيد.

اسم النطاق:

إن نطاق ـ المدى ـ المشترك يسمى نسبة إلى اثنين أو أكثر من المصنفات التي تميز النطاق وذلك بتداخلها.

مثال:

Globigerina Sellii - Pseudohastigerina barbadoensis Concurrent- range Zone.

حدود النطاق:

إن حدود نطاق ـ مدى ـ مشترك يستند على مصنفين سهل جداً.

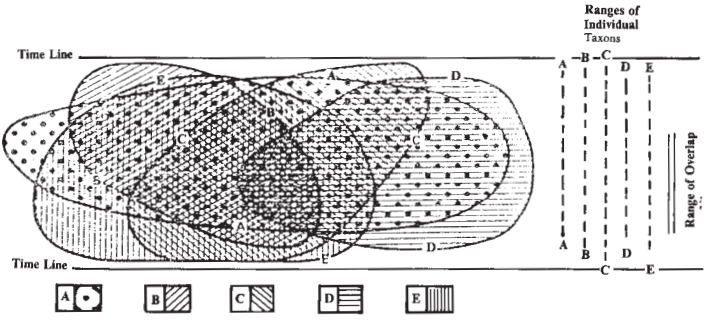
ولكن حين يكون هناك ثلاثة مصنفات أو أكثر لها علاقة بالنطاق فإن السؤال يبقى هو فيما إذا كان وجود جميع المصنفات ضرورياً من أجل أن يعرف النطاق. وإذا لم تكن جميع المصنفات موجودة فكم مصنف نختار؟ وأي منها الذي له دور مهم في تحديد النطاق؟

في الشكل (3 ـ 7) رسم توضيحي على افتراض وجود خمسة مصنفات هي A, B, C, D, E ويظهر الفرق في تصور النطاق اعتماداً على عدد المصنفات المستعملة وكذلك التي لم تدخل في تحديد النطاق.

نطاق أوبل (Oppel - Zone):

اقترحت هذه التسمية من قبل ستيبانوف (Stepanov) في عام 1958م نسبة إلى العالم ألبرت أوبل (Albert Oppel) (1831م ـ 1865م) الذي قدم تقسيمه المعروف للجوراسي في أواسط القرن الماضي باستخدام الأنطقة الحياتية واستناداً إلى أنواع متميزة من المتحجرات وامتداداتها العمودية.

ويمكن تعريف نطاق أوبل بأنه نطاق ـ مدى ـ مشترك يستند على تداخل امتدادات عدد كبير من الأنواع المختارة ذات الأعمار المتقاربة بدلاً من التجمع الكلي الطبيعي لأشكال المتحجرات. إن الجزء الأسفل من نطاق أوبل يحدد بصورة عامة بالظهور الأول لمصنفات خاصة ويحدد الجزء العلوي باختفاء مصنفات أخرى (شكل 3 ـ 8).

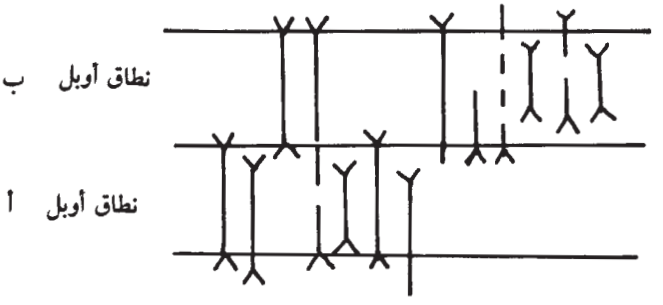


شكل (3 ـ 7) أنطقة تداخل عدة متحجرات (المصدر ISSC, no. 5)

إن المسافة ما بين خطوط الزمن (Time Lines) يمثل مقطعاً عرضياً خلال طبقات سميكة متعاقبة من الصخور

الخطوط العمودية المقطعة في يمين الشكل تمثل امتدادات المصنفات (Range...) A، B، C، D، E. وقد وضع امتداد المصنفات في الشكل ببعدين الأفقي والعمودي وتمثلت الأنواع بالمربعات المجاورة لكل حرف مثلاً A بنقاط وB بخطوط مائلة كما هي موضحة في أسفل الشكل.. وهكذا.

ومنطقة تداخل المصنفات الخمسة قد وضعت بالعمود الأخير إلى أقصى يمين الشكل.. وبإمكان الطالب أن يحدد مناطق تداخل كل مصنفين أو أكثر وبذلك تستخلص أنطقة التداخل (Concurrent-Range- Zone) من الشكل المذكور.



شكل (3 ـ 8) نطاق أوبل

إن نطاق كهذا يمكن أن يستند على ازدواج لامتدادات مصنفات، امتدادات تطورية أو أية مظاهر متحجرات يعتقد بأنها ذات أهمية زمنية.

لقد استخدم نطاق أوبل للمساعدة في الدراسات الطباقية الزمنية (Chronos-tratigraphy) إن اعتماد النطاق على أشكال مختارة يجعل الموضوع يخضع للاجتهاد الشخصي ولا يشترط بالمتحجرات المختارة أن تكون متواجدة في محل واحد في النطاق.

كما أن المتحجر في تسمية النطاق هي تلك التي تكون امتداداتها ضرورية في تحديد النطاق، وامتداد هذا المصنف لايشترط فيه أن يتطابق موضعياً مع حدود هذا النطاق.

حدوده:

إن حدود نطاق ـ أوبل هي حدود مجموعة المتحجرات التي تعتبر مميزة للنطاق. . ونظراً لتعقد الصفات التي على أساسها استند في تحديد نطاق ـ أوبل فإن موقع حدود النطاق تخضع لاجتهادات الجيولوجي من حيث عدد المتحجرات وأي منها تعتبر ذات دلالات متميزة قبل تحديد النطاق. لذا فإن حدود أنطقة ـ أوبل توضع بشكل اعتباطي في مناطق الانتقال بين أنطقة ـ أوبل المتجاورة وهناك تغيرات كثيرة ما بين مواقع الحدود التي يتم اختيارها من قبل العاملين المختلفين. . . إن الحدود الواضحة المعالم التي تمثل ظهور مفاجىء أو اختفاء مفاجىء لعدد كبير من المصنفات المختارة قد تعطي الدليل على تغيرات بيئية أو تغيرات جغرافية قديمة أو فجوات.

المقطع النموذجي:

إن نطاق ـ أوبل يتحدد عادة في حوض جغرافي حياتي واحد وقد يكون من الصعب تمثيله بشكل مرضي بمقطع نموذجي واحد ولكن تشخيص مقاطع مرجعية قد تكون ذات فائدة.

الاسم:

إن اسم نطاق ـ أوبل يتم اختياره من مصنف واحد بارز من بين المتحجرات التي تحدد النطاق الذي قد لا يكون بالضرورة موجوداً في جميع أجزاء النطاق.

مثال: Siphogenerinoides bramletti Oppel - Zone

لقد شخص أوبل عدة «تحت أنطقة» (Subzones) ومن الناحية المبدئية يمكن أن تقسم أنطقة ـ أوبل إلى أقسام أصغر أو تجمع بوحدات أكبر.

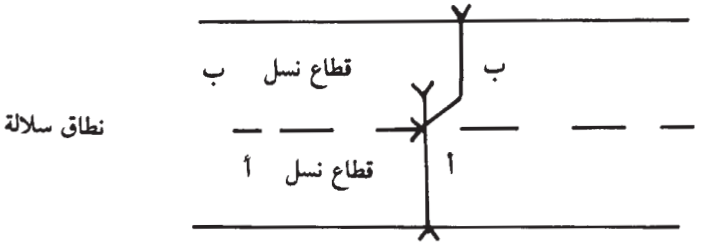
نطاق السلالة (النسل): (Lineage - Zone or Phylozone)

إنه نوع آخر من نطاق ـ المدى يتكون من كتلة من الطبقات تحتوي على نماذج تمثل خطاً تطورياً أو ارتقاءً أو اتجاهاً لمصنف أو مجموعة حياتية تتحدد حدودها العليا والسفلى بمظاهر ذلك الخط أو الاتجاه، لاحظ الشكل (3 ـ 9) هذا النوع من النطاق قد سمي نطاق ـ السلالة (Lineage- Zone)[1] أو (Phylozone)[2]،

(1) Lineage = نَسَبْ، نَسْلْ، ذُرِّية.

(2) Phylo من الإغريقية Phylon وتعني قبيلة، عِرقْ.

أو «نطاق تطوري» (Evolutionary- Zone) أو نطاق ـ تطور مظهري (Morphogenetic- Zone) «نطاق تطور السلالة» (Phylogenetic Zone)[1]. وهكذا إن مجال نطاق ـ التطور قد يمتد من الظهور الأول لبعض الأشكال في سلسلة التطور الحياتي إلى حد انتهاء خط التطور، وبذا فهو يشمل خط النسل برمته أو السلسلة الحياتية (Bioseries) وقد يُمثل جزءاً من السلسلة ويسمى في هذه الحالة (نطاق ـ مقطع ـ السلالة (النسل) (Lineage- segment- Zone)، مثال (لاحظ الشكل 3 ـ 9).



شكل (3 ـ 9) نطاق سلالة ـ نسل ـ

ذلك الجزء من مدى «المصنف أ» من أول ظهوره وحتى أول ظهور «المصنف ب» المتناسل من «أ» أو «نطاق ـ مدى» «المصنف ب» من أول ظهوره كنسل من «أ» وحتى اختفائه أو الفاصلة ما بين تسلسلين متعاقبين من مصنف.

إن ما يسمى «نطاق ـ المدى ـ المتعاقب»(Consecutive- range- Zone) المسمى من قبل لجنة التعليمات الطباقية للجمعية الجيولوجية في لندن عام (1967م) يقابل نطاق ـ مقطع ـ النسل (Lineage- segment- Zone).

التسمية:

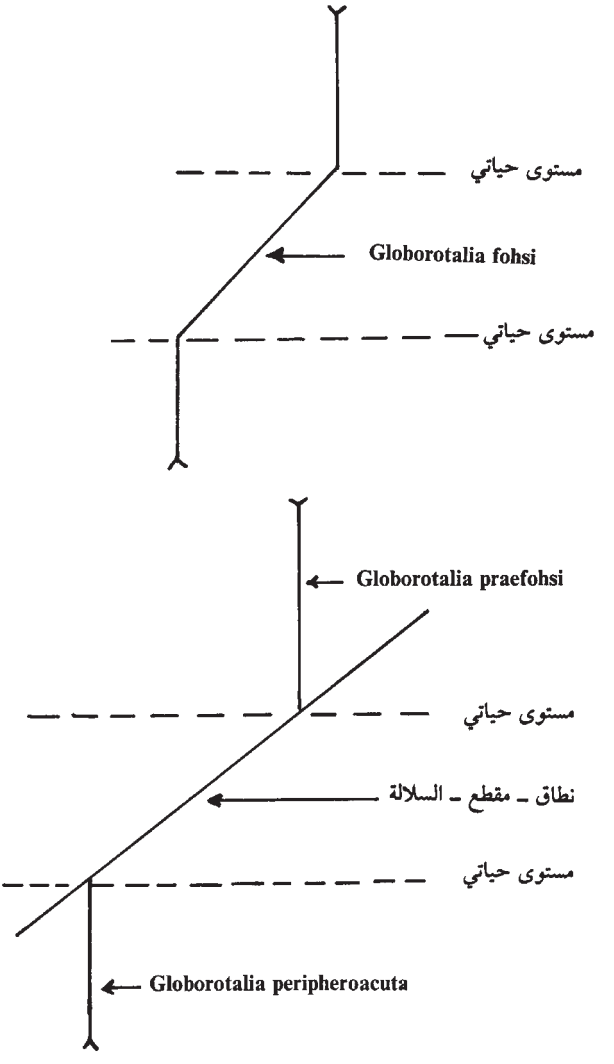
إن نطاق ـ السلالة الذي يشمل خط السلالة الكلي أو الذي يتطابق مع المدى الكلي لمصنف في السلالة (لاحظ الشكل 3 ـ 10 أ وب) قد يسمى نسبة إلى المصنف الرئيسي مثال: Globorotalia fohsi Lineage- Zone.

إن نطاق ـ مقطع ـ السلالة (Lineage - segment - Zone) الذي لا يتطابق مع المدى الكلي لمصنف في خط السلالة ولكن قاعدته تتحدد بحدود المدى لمصنف في خط السلالة الذي قيمته تتحدد بحدود المدى لمصنف آخر في خط السلالة يجب أن تتم تسميته نسبة إلى هذين المصنفين.

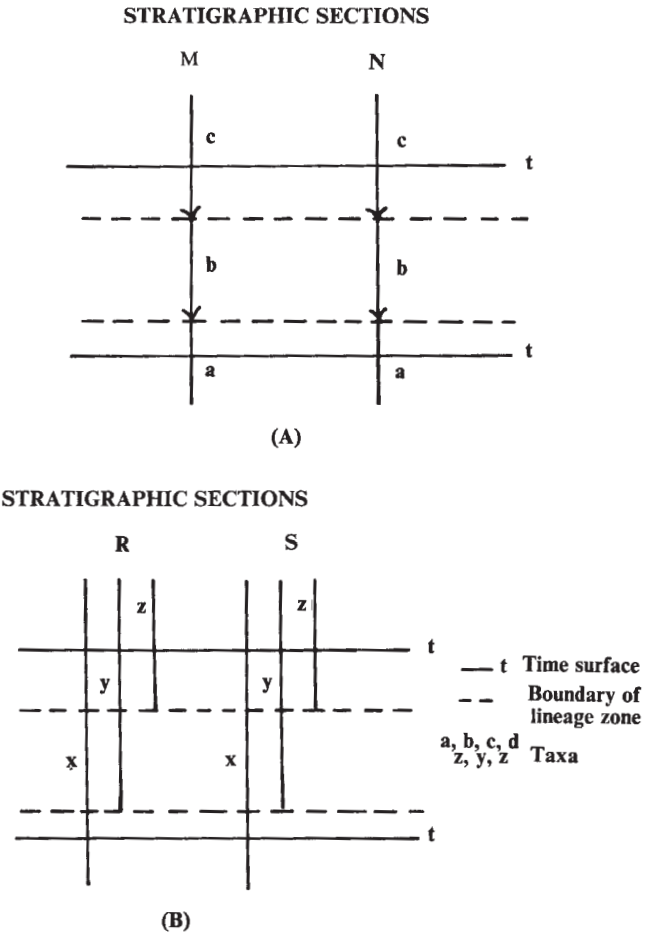
(1) Phylogeny = التاريخ العِرقي.
وهي سلسلة التغيرات المورفولوجية التي تمثل مراحل التطور المتتابعة التي تمر بها سلالة معينة في أثناء تاريخها الجيولوجي كما تلاحظ من دراسة حفرياتها في الصخور المتتابعة.

مثال :

نطاق ـ مقطع ـ السلالة (Lineage - segment - Zone) Globorotalia praefohsi \ Globorotalia peripheroacuta وذلك لإظهار مدى النطاق. (لاحظ الشكل 3 ـ 10).



شكل (3 ـ 10أ) نطاق ـ مقطع ـ السلالة (النسل)



شكل (3 ـ 10ب) أمثلة على أنطقة تطور (Lineage zones).

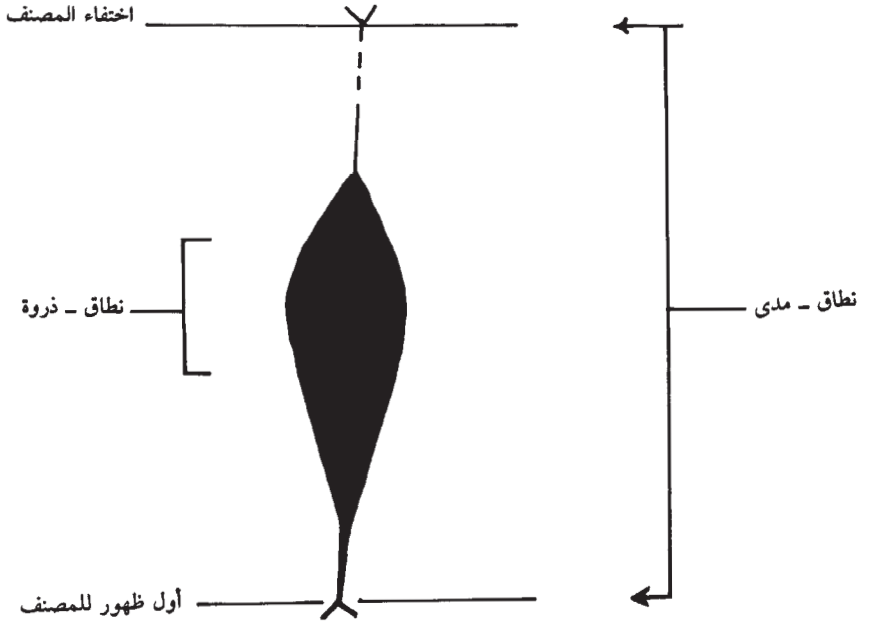
في الشكل A فإن نطاق التطور يمثل الامتداد الكلي للمصنف «b»، ابتداءً من أعلى تواجد لسلفه (ancestor) وهو المصنف «a». وإلى أدنى تواجد لخلفه (descendant) وهو المصنف «c» في الشكل B فإن نطاق التطور يمثل ذلك الجزء من مدى المصنف «y» المحدد ما بين أدنى تواجد له وأدنى تواجد للمصنف «z».

إن اسم المصنف الذي يحدد الجزء الأسفل يجب أن يتقدم على اسم المصنف الذي يحدد الجزء العلوي. (لاحظ الشكل 3 ـ 10أ).

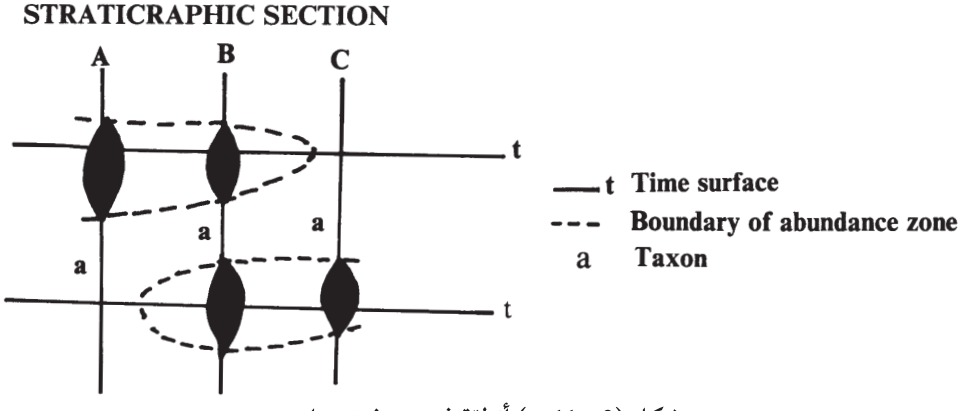
إن أهمية أنطقة ـ السلالة ((phylozones» أو Lineage - Zones) من الناحية النظرية يجب أن تكون مفيدة جداً في المضاهاة ـ الزمنية... ولكن العقبة في استعمال هذه الأنطقة هو اختلاف الحكم على دلائل التطور وكذلك التشخيص التصنيفي... مع ذلك فإن عدة أنطقة ـ تطور متداخلة تعطي من الناحية النظرية أفضل طريقة مؤكدة للمضاهاة الزمنية المستندة على أدلة طباقية حياتية.

أنطقة الذروة (القمة): (Acme - Zones أو Peak - Zones)

كتلة من الطبقات تمثل ذروة تواجد أعداد لمصنف معين سواء أكان نوع أو جنس أو أحد المصنفات الأخرى (لاحظ الشكل 3 ـ 11 و3 ـ 12). ولا يشمل ذلك المدى الكلي... ويأخذ النطاق اسمه من المصنف قيد الدراسة وإن أعلى نسبة من تواجد نماذج ذلك المصنف تحدد ذلك النطاق.

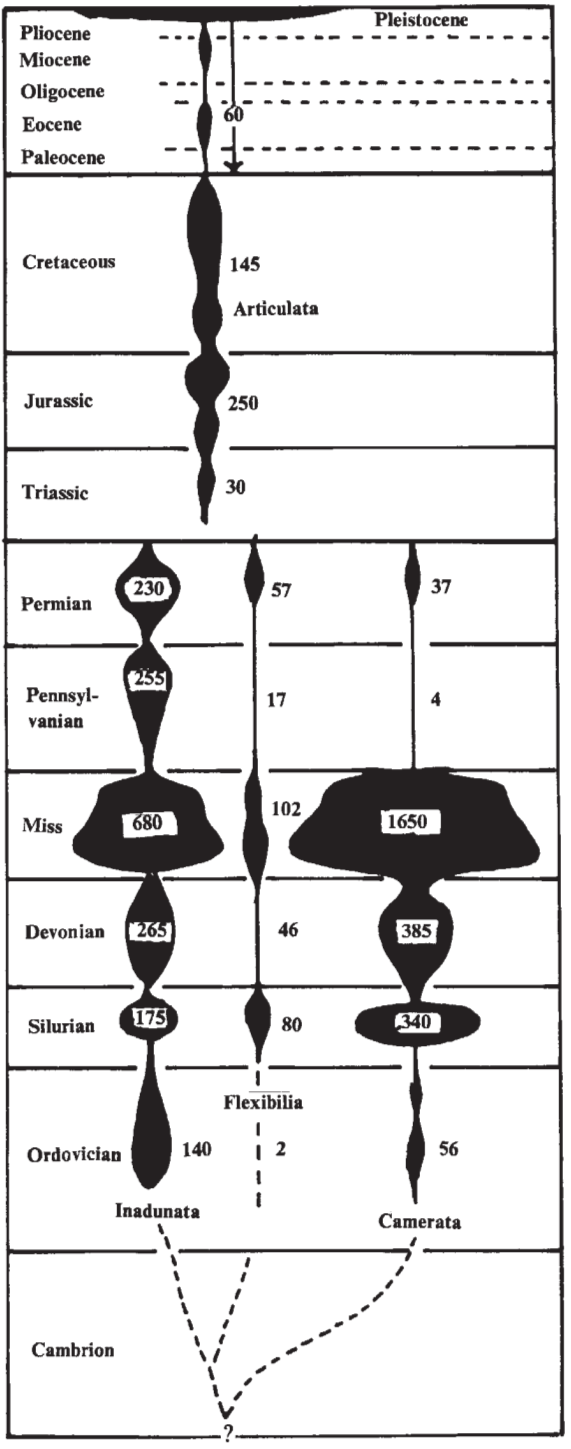


شكل (3 ـ 11أ) نطاق ـ ذروة لمصنف ضمن نطاق ـ مدى ذلك المصنف



شكل (3 ـ 11ب) أنطقة ذروة «وفرة» تواجد

(Abundance zones) لمصنف «a» في ثلاثة مواقع A، B، C



شكل (3 ـ 11جـ) . تواجد الزنبقيات (Crinoids) خلال العمود الجيولوجي .
يوضح مديات كل «تحت صنف» بصورة منفصلة أما الأرقام فتشير إلى عدد الأنواع الموصوفة .

مثال : Didymograptus Acme - Zone

إن المشكلة التي تقابل الجيولوجيين هي تحديد «أقصى تطور» وبذا نشخص حدود نطاق ـ القمة . . . إن البعض لا يعطي أهمية لهذا النطاق ولكن آخرين قد أكدوا على أهمية هذا النطاق كدليل لموقع طباقي زمني .

استعمل بعض الجيولوجيين عبارة «Peak-Zone» أو «Flood-Zone» بدلاً من «Acme-Zone» ولا ضير في ذلك .

ولكن من الأفضل استعمال عبارة «Acme-Zone» بدلاً من «Epibole» التي سبق أن اقترحت من قبل ترومان (Treuman) في عام 1923 لأنها ذات دلالة أوضح من المفهوم الذي قدمه ترومان، لأن ترومان اقترح أن يكون تعريف «Epibole» مشتملاً على الترسبات المتكونة خلال الـ«hemera» التي عرفها بكمان (Buckman) في عام 1893م ومفهوم بكمان للـ«hemera» ذو مدلول زمني وغير واضح . لذا فإن العبارة «Acme-Zone» هي المفضلة .

هناك طرق للتعبير عن امتدادات المصنفات ونسبة تواجد نماذج مصنف معين عمودياً نلاحظها في بحوث الجيولوجيين وتقاريرهم العلمية . فإحدى الطرق (لاحظ الجدول 3 ـ 1 أ وب) تكون باستعمال الأحرف الأولى للكلمات الإنكليزية التي تعبر عن نسب وأحياناً عن عدد تواجد نماذج من المصنف، فيستعمل الحرف «A» الذي يشير إلى وفرة النماذج (وافر Abundant) والحرف «C» من الكلمة (Common) وتعني شائع ويليها حرف «R» من الكلمة الإنكليزية (Rare) وتعني نادر . . ويضع الجيولوجي في نهاية الجدول أرقاماً تمثل كل حرف .

مثال :

«R» من 1 إلى 5 نماذج والـC من 6 ـ 20 نموذج والـA أكثر من 20 نموذج .

والطريقة الثانية للتعبير عن توزيع نماذج مصنف معين ونسبة توزيع ذلك المصنف هو باستعمال النقاط أو الخطوط ذات السمك المتباين بحسب نسب تواجد أعداد المصنف فالخطوط السميكة تعني نسبة تواجد أعلى والعكس صحيح . والشكل (3 ـ 12) يمثل هذه الطريقة .

ويعطي الجيولوجي في نهاية الجدول أعداداً لكل جزء من الرسم .

مثال :

النقاط (. . . .) تمثل من 1 ـ 5 نماذج، الخط (ـ) يمثل من6 ـ 10 نماذج، وخط أكثر سمكاً (ـ) من 11 ـ 20 وهكذا . . .

الجدول (3 ـ 1أ) طريقة إسقاط تواجد المصنفات
في موقعين مختلفين . اختصر اسم الموقعين إلى الحرفين N وS

أسماء مصنفات	N	S	أسماء مصنفات	N	S
.I. dns curatus	c	a	Neoprioniodus costatus	-	?
.I. nnicostatus	a	va	Neoprioniodus cf. N. excaratus (Euprioniodina cf. P. excatatus)	r	c
.Imbalodus anapetus	a	-	(N. planus)		
.I. triangularis	-	?	N. Planus	c	-
.I. spp.	-	r	N. subcarnulus	-	?
.I paclognathus siluricus	r	-	Ocarkodina typica	r	r
carriadus n. sp.	r	-	O. cf. O. edithae (O. edithae)	c	?
pisomodus kcntuckyensis	r	a	O. aft. O. media	r	-
p. triangulairs triangularis (Neoprioniodus triangularis)	c	?	O. n. sp. A	c	-
p. et. N. triangularis tenuirameus	r	-	O. n. sp. B	c	-
p. perpamodus? arrectus	r	c	Paliodus costutatus	a	a
P. suherccins	c	c	P. debolli costutatus	r	va
F. xokognathus brassficldensis (Trichonddia brassficldensis)	r	c	P. dyscritus costutatus	c	va
F. brerialatus (Ronndya truncialata)	c	r	P. migratus	r	c
F. ranndatus (Ronndya candata)	r	c	Panderodus simplex	va	va
F. Keislognathoides (Keislognathus? sp.)	c	r	P. unicostatus	va	va
F. [Rhynchognathodus?] n. sp.	-	r	Plectos pathodus flexuosus	r	-
Kriodella discrcia	r	-	P. irregularis	-	r
I. n. sp.	r	-	Sagittodontus edentatus (trichonodella? edentata	c	c
Kriodina irregularis	-	a	S. robustus	c	-
I. Stenolophata	-	c	Spathognathodus comptus	c	-
I. igonodina keninckycnsis	r	c	S. clibatus	c	-
I. et. L. silurica	r	-	S. hassi	r	r
I. extrorsa	-	c	S. manitoulinensis	r	-
I. sariabilis	c	r	S. oldhamensis	c	r
I. N. sp.	r	-	Synprioniodina bicarvuta (S. cf. Prioniodus bicaratus)	r	r
I. anckadina spp	r	r	S. silurica	c	-
I. wcallisers	r	r	Trichonodella inconstans (T. cf. T. inconstans)	r	?
I. greilirgi	r	-	T.summetrica	r	-
I. detoria	r	-	T. n. sp. (T. sp. B)	c	r
I. sp.	-	r	T. sp. A	-	c
			T. I n. sp.	-	c

Va-Greaker than 4 specimens per kilogron of sample
a - 1 - 1 specimens per kilogram
c - 1\4 - 1 specimen per kilogram
r - 0 - 1\2 specimens per kilogram

الأحرف الإنكليزية في نهاية الجدول هي :

va وهي مختصر لكلمة very abundant وتعني متوفرة بكثرة وتمثل تواجد أكثر من 4 مصنفات في الكيلوغرام الواحد من النموذج .

a مختصر لكلمة abundant وتعني وفرة وتمثل تواجد 1 ـ 4 مصنفات في الكيلوغرام الواحد من النموذج .

c مختصر لكلمة common وتعني شائع وتمثل تواجد مصنف واحد وإلى ربع في الكيلوغرام الواحد .

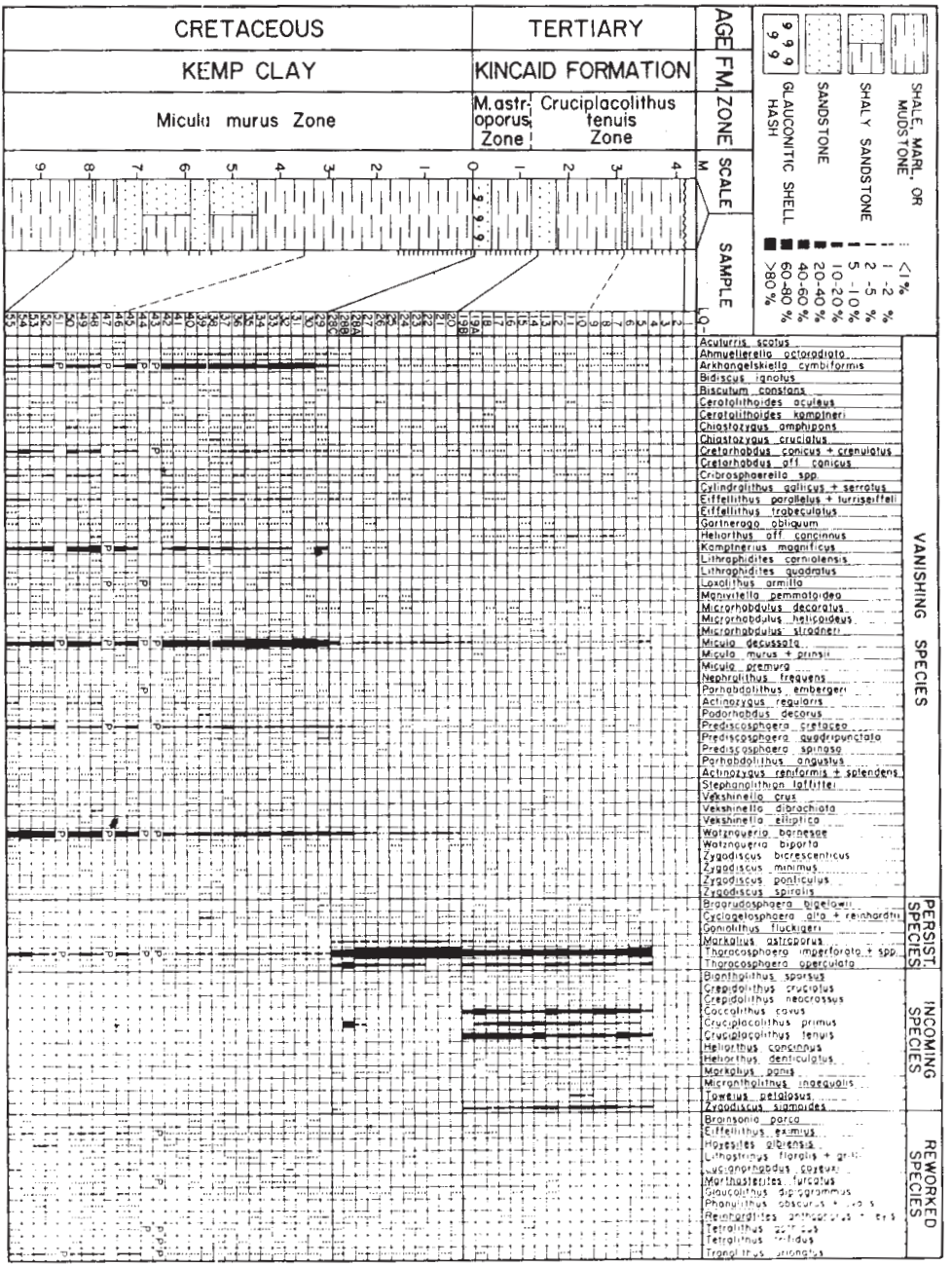
r مختصر للكلمة rare وتعني نادراً .

وتمثل تواجد $\frac{1}{4}$ إلى صفر مصنف في الكيلوغرام الواحد .

(المصدر Pollock et al., 1970) .

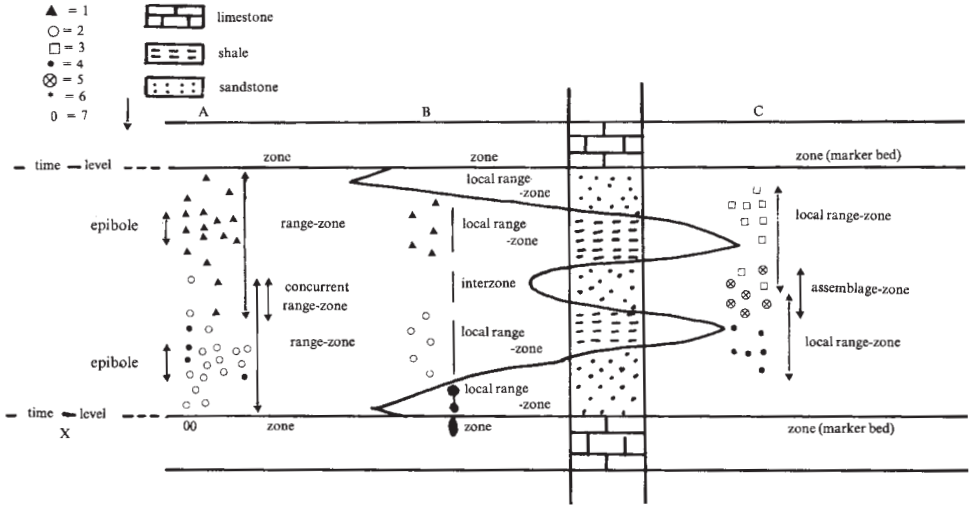
الجدول (3 – 1ب) طريقة إسقاط تواجد المصنفات باستخدام الأحرف الأولى لكلمات إنكليزية تدل على مدى وفرة تلك المصنفات

UNIT		SAMPLE	Didymocyrtis prismatica (HAECKEL) Didymocyrtis tubaria (HAECKEL) Calocycletta virginis (HAECKEL) Cycladophrium leptetrum SANFILIPPO and RIEDEL Spongaster tetras tetras MARTIN	Cyrtocapsella elongata (NAKASEKO) Carpocanopsis cingulata RIEDEL and SANFILIPPO Eucyrtidium diaphanes SANFILIPPO and RIEDEL Didymocyrtis bassanii (CARNEVALE) Didymocyrtis violina (HAECKEL)	Lithocyrtis staurospora (HAECKEL) Stichocorys diplocornus(HAECKEL) Didymocyrtis mamifera (HAECKEL) Calocycletta costata (RIEDEL) Cyrtocapsella japonica (NAKASEKO)	Cyrtocapsella tetrapera (HAECKEL) Cyrtocapsella cornuta (HAECKEL) Stichocorys wolffi (HAECKEL) Stichocorys delmontensis (CAMPBELL and CLARK) Tepka petrotaia SANFILIPPO and RIEDEL	Lithocyrtis parkerae RIEDEL and SANFILIPPO Lithocyrtis sp. WEAVER and DINKELMA Spongodiscid cf. Spongaster tetras irregularis NIGRINI Didymocyrtis laticornus (RIEDEL) Lithopera renzae SANFILIPPO and RIEDEL	Diartus petterssoni (RIEDEL and SANFILIPPO) Didymocyrtis antepenultima (RIEDEL and SANFILIPPO) Stichocorys peregrina (RIEDEL) Pseudocubus vema (HAYS)	ZONE	AGE
EASTOVER FM.		P.3 P.4								r c c	Spongaster pentas / Stichocorys peregrina	e. Plio. / l. Mio.
CHOPTANK FM.		R.1 R.2					r	R		C r C	Diartus petterssoni	m. Mio
CALVERT FM.	PLUM POINT MEMBER	SC.82.7 SM.7.35 PP.13 OR.2 SM7.56 6011.8.1 DO.131 DO.151 JP.39			r	F C F F C F R F	Ft F FF CC FF C F FF	F FF C FF C F CF r r	Doreadospyris alata	m. Mio
	FAIRHAVEN MEMBER	SM.7.115 OG.182 PC.14 F.1 PC.6 SM.7.121 F.2 6011.15.1	R r R R	R r	F	F F F R C C C	F F C C F F F F C F C F C C	F F C R	Calocycletta costata	e Mio
	DUNIRK BEDS	J.1 K.1 LC.2 QA.70 TAL.115	R F R F F	F F r F F F		R	F F R F R	R R R	Stichocorys wolffi	e. Mio
	«Estuarine facies	GHH.1 PG.35										



شكل (3 ـ 12) يوضح طريقة تسقيط نسب تواجد المصنفات

وفي الشكل (3 ـ 13) يظهر مقطع في طبقات صخرية تحوي على متحجرات ويظهر فيه بشكل تخطيطي أمثلة على الوحدات الطباقية الحياتية. إن سحنة الطفل (Shale) تحت المنطقة A تتغير تدريجياً إلى سحنة رملية (Sandstone)، في المنطقة A فإن امتداد المصنف 1 والذي مثل بالرمز Δ و2 الذي مثل بالرمز O يمثل الامتداد العمودي الكلي لهذين المصنفين وكذلك نطاق ذروة المصنفين (Epibole) ونطاق التداخل بينهما قد مثل بـ(Concurrent-Range-Zone).



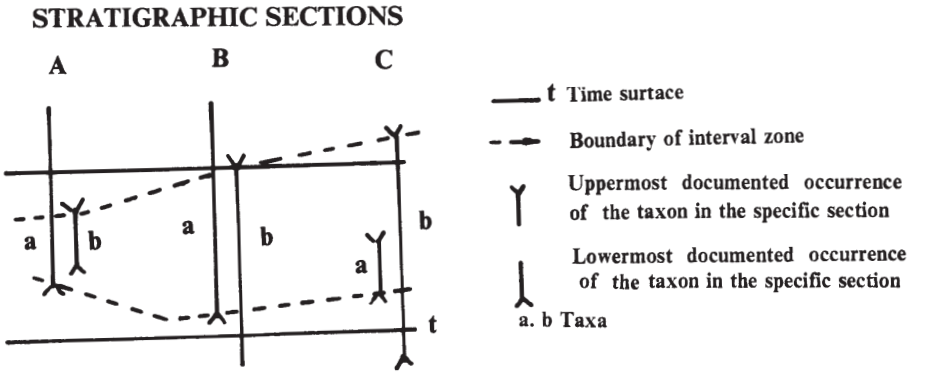
شكل (3 ـ 13) مقطع خلال طبقات تحوي
على متحجرات ويظهر فيه الفرق بين الامتداد الموضعي والامتداد الكلي.

في المنطقة B وC فإن أمثلة على امتدادات موضعية (Local Range-Zone) والفجوة الغير ممثلة بامتدادات المصنفين 1 و2 قد سميت نطاق بيني (Interzone) والوحدة التي تتميز بوجود المصنفات 5, 4, 3 قد شخصت نطاق تجمع (Assemblage-Zone).

مستويات الأزمنة (Time-levels) I وII قد استند في تشخيصها على طبقتين من الحجر الجيري المتميزة وتحوي أيضاً أنطقة طباقية حياتية تمتاز بوجود المصنفين 6, 7.

النطاق البيني (Interval Zone or Interzone): كتلة الصخور الحاوية على متحجرات الواقعة ما بين مستويين طباقيين حياتين محددين. (شكل 3 ـ 14). إن النطاق المذكور لا يشترط أن يكون نطاق مدى لمصنف أو نطاق مدى متداخل لمصنفات... بل إنه يحدد ويعرَّف على أساس موقعه المحصور بالمستويات

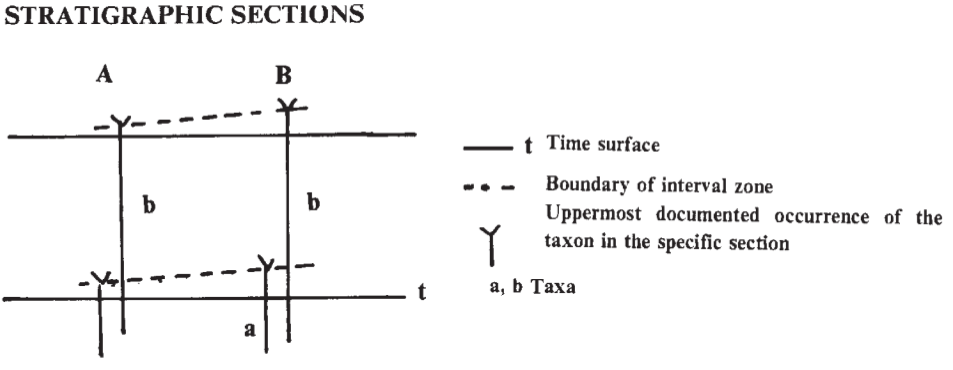
الحياتية الواقعة أعلاه وأسفله فقط.



شكل (3 ـ 14) نطاق بيني (Interval zone). في هذا المثال فإن الحد الأسفل للنطاق يتمثل بأدنى حد لتواجد المصنف «a» والحد الأعلى يتمثل بأعلى تواجد للمصنف «b». كما يمتد النطاق جانبياً إلى المدى الذي يتواجد فيه المصنفان «b, a».

في الدراسة الطباقية التحت سطحية حيث يكون اختراق الطبقات من الأعلى إلى الأسفل ويكون تشخيص المتحجرات من الفتات الصخري (Cuttings) المستخرج أثناء الحفر. في الغالب يحدث لدينا اختلاط في النماذج بين النماذج العليا والسفلى وكذلك من انهيارات جوانب البئر ويطلق على النماذج «نماذج ملوثة» ـ Contaminated فإن النطاق البيني يحدد باعتباره مقطعاً طباقياً محصوراً ما بين أعلى تواجد (أول تواجد لمصنفات محددة) وإلى أدنى حد (آخر تواجد لمصنفات محددة) مفيدة كمصنفات مشخصة.

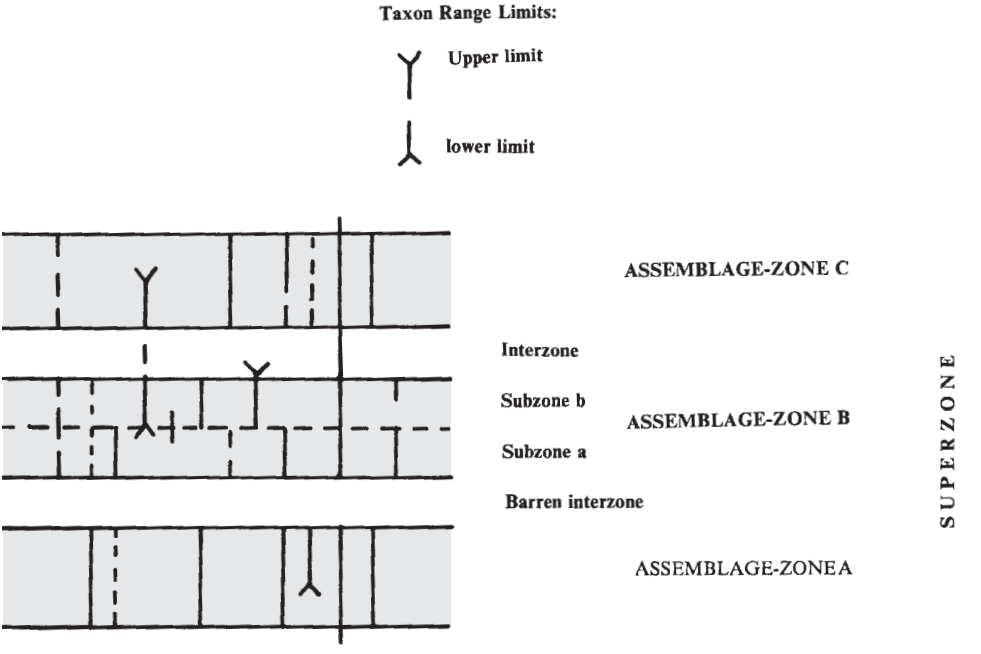
إن هذا النوع من النطاق البيني أطلق عليه نطاق آخر تواجد، ومن المفضل أن يطلق عليه نطاق أعلى تواجد لمصنفات (لاحظ الشكل 3 ـ 15).



شكل (3 ـ 15) نطاق بيني (Interval Zone)، يتمثل بأعلى تواجد فقط للمصنفين «b, a».
إن هذا النوع من النطاق البيني مفيد بصورة خاصة في الدراسات تحت السطحية (Subsurface).

النطاق البيني : Interzone والنطاق القاحل : (Barren interzone)

لما كان تواجد بقايا المتحجرات التي على أساسها تمت تسمية أنطقة طباقية حياتية لا يشترط فيها أن تكون متواجدة في جميع الطبقات المتعاقبة . . فإن الأنطقة الحياتية المتعددة قد تفصل عن بعضها بطبقات قد تكون إما خالية تماماً من المتحجرات أو الصفات الطباقية الحياتية التي على أساسها تم تحديد الأنطقة المجاورة وفي هذه الحالة تسمى هذه المناطق «الأنطقة البينية» (Interzones) . (لاحظ الشكل (3 ـ 16) .



الشكل (3 ـ 16) يوضح أنطقة تجمع ثلاثة (Assemblage-Zone) هي (C, B, A) ويمكن أن تجمع بنطاق يسمى نطاق أعلى (Super zone) . كما يمكن أن يقسم نطاق التجمع إلى تحت نطاق كما في نطاق (Assemblage-Zone B) الذي قسم إلى تحت نطاقين هما Subzone a وSubzone b . ويظهر في الشكل النطاق القاحل (Barren interzone) .

مثال : ـ The Exus parvus to Exus magnus interzone

فإذا كانت خالية تماماً من المتحجرات فإنها تسمى «الأنطقة البينية القاحلة» (Barren interzones) أو «الأنطقة القاحلة» (Barren Zones) . (لاحظ الشكل (3 ـ 16) .

نطاق المدى الجزئي : (Partial-range-zone)

«كتلة من الطبقات ضمن مدى تجمع متحجرات تقع هذه الكتلة فوق آخر

ظهور لمجموعة من المتحجرات السابقة وتحت أول ظهور لمجموعة متحجرات تعقبها».

كما ذكر تقرير اللجنة الفرعية العالمية المشار إليه بأن بلو (Blow, 1969) حين تسميته لأنطقة ـ المدى ـ الجزئي قد استخدم عادة (وليس دائماً) مؤشرات الحدود السفلى والعليا للنطاق، بينما لم يشر بلو إلى اسم المصنف الذي غطي جزئياً بذاك النطاق... وبعد دراسة أمثلة أعطيت من قبل بلو في عام 1969م (Blow, 1969) ظهر بأن أنطقة ـ المدى ـ الجزئي هي فواصل (Intervals) ضمن مدى مصنف أو بعض المصنفات شخصت إحدى حدود هذه الفاصلة (النطاق) بالحدود السفلى أو العليا لامتدادات مصنفات أخرى..

ولكون نطاق كهذا يغطى فقط جزءاً من امتداد بعض المصنفات وهذا الامتداد الجزئي هو أقل أهمية من حقيقة كون هذا النطاق يمثل الفاصلة بين مستويين دالين (أعلى وأسفل). لذا فقد اقترحت اللجنة الفرعية العالمية بأن تسمية «نطاق فاصل» أو نطاق ـ مستوى حياتي بيني (Interbiohorizon- Zone) له أفضلية الاستخدام على عبارة نطاق ـ مدى ـ جزئي..

إلا أن بعض الباحثين يميلون إلى الإبقاء على تسمية نطاق ـ مدى ـ جزئي. لأن بلو قد استخدم اسم المصنف أو المصنفات التي امتدادها مغطى جزئياً بالنطاق في تسمية جميع أنطقة ـ المدى ـ الجزئي التي استحدثها... ويعتبرون هذه التسمية مختلفة عن مفهوم النطاق ـ الفاصل (Interval- Zone).

طريقة استحداث وحدات طباقية حياتية:

إن الخطوات المتبعة في استحداث وحدة طباقية حياتية تماثل الخطوات المتبعة حين استحداث أية وحدة طباقية أخرى.. فإن الاستحداث الرسمي يتطلب نشرها في إحدى وسائل النشر العلمية. مع تعريف بالوحدة يشمل:

1 ـ الإشارة إلى نية الباحث في استحداث وحدة رسمية، ونوع الوحدة.

2 ـ اختيار الاسم.

3 ـ تعريف الوحدة مع تحديد المقطع النموذجي (Stratotype) أو المقاطع المرجعية حينما تكون ملائمة.

4 ـ الصفات المميزة والمحددة للوحدة.

5 ـ تحديد الحدود والعلاقة مع الأنطقة الطباقية الحياتية الأخرى.

6 ـ سمك الوحدة وامتداداتها الجانبية.

7 ـ السحنة والأهمية البيئية.

8 ـ العمر الجيولوجي والمضاهاة.

9 ـ علاقة الوحدة بالوحدات الطباقية الصخرية والطباقية الزمنية.

10 ـ تاريخ التسمية والملاحظات المنشورة سابقاً عنها قبل استعمال الاسم الرسمي.

من الضروري أن يكون هناك وصف دقيق وصور للمصنفات العضوية الأساسية في تحديد النطاق أو ذكر المراجع التي تحتوي على صور المصنفات.

في استحداث وحدة جديدة أو اختيار وحدة من بين وحدات مستحدثة سابقاً فإن العامل الأساسي الذي يؤخذ بنظر الاعتبار حين الاستحداث هو الفائدة العملية من هذا الاستحداث.

كما أن على الجيولوجي أن يعطي الأفضلية لوحدات يتم استحداثها على أساس وفرة النماذج وتواجدها الواسع وسهولة تشخيصها.

لقد استعمل مؤخراً في تحديد الوحدات الطباقية الحياتية أسلوب استعمال الأرقام أو الأحرف. والمشكلة التي تواجهنا في ذلك هي استعمال اثنين أو أكثر من الجيولوجيين نفس الأحرف أو الأرقام للدلالة على أشياء مختلفة في نفس المنطقة. كما أن لاستعمال الأرقام والأحرف فائدة وذلك هو تجاوز التكرار لأسماء المتحجرات الطويلة، كما أن تعاقب الأرقام أو الأحرف يجعلنا نحدد بسهولة موقع التعاقب الطباقي لأن تسلسل الأرقام أو الأحرف معروف للجميع... كما أن هذه الطريقة تجعل غير الجيولوجيين كالمهندسين يتفهمون هذا التعاقب بصورة أسهل.

مراجعة الوحدات الطباقية الحياتية:

إن إعادة تعريف وحدة طباقية حياتية بدون تغيير اسمها يحتاج إلى اتباع الخطوط التي يشترط ملاحظتها حتى تسمية وحدة جديدة.

إن من الأسباب التي قد تدعو إلى إعادة التعريف هي: ـ الأخطاء الواضحة في الاستحداث السابق والتي يبينها الجيولوجي، اكتشاف تعاقب أكثر اكتمالاً وأكثر تحجراً.

إن أسماء الوحدات الطباقية الحياتية يجب أن تتغير لكي تتفق مع أسماء مصنفات حسب القوانين العالمية للتسميات الحياتية (International Code of Zoologic Nomenclature).

إن استعمال متحجر استعمل مرة للدلالة على نطاق يجب ألاّ يستعملها

الجيولوجيون الآخرون في تسميات وحدات طباقية حياتية أخرى.

إن درجة الوحدة الطباقية الحياتية قد تتغير ومثالها تغيير الدرجة من تحت نطاق إلى نطاق، وعندها تقسم وحدة كهذه إلى وحدتين أو أكثر بنفس الدرجة (المستوى) كالأصلي، فإن الاسم الأصلي يجب ألاّ يستعمل على أي جزء من التقسيم..

وإذا كانت هناك وحدة سميت بالأصل كنطاق تجمع فمن الممكن أن يصبح فيما بعد نطاق أوبل (Oppel-Zone).

التداخل في امتدادات الوحدات الطباقية الحياتية:

قد يحصل تداخل عمودي وجانبي بين جميع الوحدات الطباقية الحياتية المختلفة.... وأكثر من ذلك حتى بين الوحدات من نفس النوع، فقد يحصل تداخل عمودي بين وحدات استحدثت استناداً إلى متحجرات أو درجات تصنيفية مختلفة...

لذا فإن أنطقة تجمع تستند إلى الفورامنيفرا تكون مستقلة تماماً عن أنطقة تجمع تستند إلى الأوستراكودا كما أن نطاق ـ المدى لنوع من أنواع الكرابتوليت قد يتداخل مع نطاق ـ مدى لنوع آخر من الكرابتوليت... ولذا فإن نطاق ـ مدى ـ مشترك (Concurrent-range-Zone) لمتحجرات معينة قد تتداخل مع نطاق ـ مدى ـ مشترك لمتحجرات أخرى.

مثال:

نطاق ـ مدى ـ مشترك لفورامنيفرا طافية قد تتداخل مع نطاق ـ مدى ـ مشترك لفورامنيفرا قاعية.

العلاقة بين الوحدات الطباقية الحياتية والانعكاسات المغناطيسية:

كانت هناك مناقشات واسعة خلال السنوات الماضية عن احتمالات العلاقة بين أوقات الانعكاسات المغناطيسية للأرض (Geomagnetic reversals) وأوقات التغيرات السريعة في المتحجرات الدقيقة الطافية... لقد اقترح قسم من الجيولوجيين بأنه خلال فترات الانعكاسات المغناطيسية للأرض فإن قوة مغناطيسية الأرض قد تقلصت، وبذا فقد أصبحت حماية الأرض بالدرع المغناطيسي (Magnetic-Shield) أضعف، لذا فإن الأشعة الكونية (Cosmic radiation) قد زادت من تأثيرها على الأحياء مما أدى إلى حدوث طفرات (Mutation) في الأحياء وقد قدم عدد من الباحثين أدلة على العلاقة القوية والمضاهاة بين انقراض عدة أشكال

لأحياء طافية مع الانعكاس في المغناطيسية التي توضح في ترسبات البلايوسين (Pliocene) والبلايستوسين (Pleistocene) في مناطق خط الاستواء في المحيط الهادي. . . وعلى الرغم من ذلك فإن تأثير الانعكاسات المغناطيسية على تطور الأحياء ما زال موضوعاً خاضعاً للاجتهادات العلمية المتباينة.

المضاهاة الطباقية الحياتية:

إن المضاهاة الطباقية الحياتية هي عملية تثبيت التماثل في الصفات والمواقع الطباقية بين وحدات ومستويات أو طبقات دالة استناداً إلى محتوياتها من المتحجرات. . . إن هذه العملية قد تكون مضاهاة زمنية أو مضاهاة بين بيئتين مختلفتين في الموقع الطباقي (العمر) (Diachronous). . في كلتا الحالتين فإن المضاهاة هي عملية تخضع للحكم الشخصي. . فلا يوجد تعاقب طباقي في منطقتين يحوي نقاط متطابقة تماماً استناداً إلى محتوياتها من المتحجرات، ويبقى السؤال ما هي درجة التماثل بين محتوياتها من المتحجرات وموقعهما الطباقي قبل أن نقول بثقة أن المقطعين متضاهيان.

إذا كان هناك مجموعتان من المتحجرات تقعان في منطقتين مختلفتين فلا يقال عنهما أن بالإمكان مضاهاتهما بالرغم من التماثل الكبير في مكوناتهما إلا إذا شغلا نفس الموقع الطباقي النسبي.

إن المضاهاة ـ الزمنية بواسطة المتحجرات تعطي أحد القواعد الأساسية في التحديد الطباقي الزمني ومعظم الأنطقة وتحديد مستويات دالة في الدراسة الطباقية الحياتية هدفها المضاهاة ـ الزمنية.

ملاحظات إضافية حول الوحدات الطباقية الحياتية

الاستعمال الرسمي وغير الرسمي:

إن التفريق بين العبارات الطباقية الحياتية الرسمية وغير الرسمية ما زال مهماً فالاستعمال الرسمي عموماً يقصد به تلك التسمية التي استعملت بشكل ينطبق مع التعليمات ونظام التقسيم العلمي والتسميات. . . بينما التسميات غير الرسمية يقصد بها تلك التي تستعمل بصورة حرة وبدون أن تكون جزءاً من الأسلوب المنظم في التسمية. ومثال للحالة الأخيرة هو الإشارة إلى طبقات حاوية على محاريات في النشرات العلمية بالقول أنها «طبقات بها محار» إن هذه الجملة لا تعني أن هذه الطبقات قد حددت كوحدة طباقية رسمية.

الأسبقية (الأولوية):

إن الأسبقية في نشر اسم وحدة طباقية حياتية يجب أن يبقى إذا كانت التسمية المقترحة مستعملة بالشكل الذي يجب أن تسمى به أسوة بالحالات التي تسمى بها الوحدات الطباقية الأخرى كالوحدات الطباقية الصخرية، ورغم ذلك فإن هناك عدداً لأنواع لا نهاية لها من الأنطقة المشتركة التي يمكن اقتراحها.

إن الوصف الأول والاسم الأول لا يشترط فيه أن يبقى مستعملاً بل إن التسمية الأكثر فائدة وأكثر علمية هي التي تبقى.

هذا يعني أن للباحثين الحرية في اقتراح أنطقة جديدة أو تحسين مدى وتسمية أنطقة استحدثت قبلهم..

إن من الاعتبارات الأساسية في أي نطاق حياتي جديد يقترح اسمه يجب أن يكون له وصف كامل مع أكبر درجة من الوضوح مع ملاحظة ملائمته لأوسع تطبيق، وفي كل اقتراح جديد أو إعادة تسمية فإن الإشارة إلى الأعمال السابقة ذات العلاقة بالوحدة يجب أن تذكر.

أسماء المتحجرات:

إن طريقة كتابة أسماء المتحجرات التابعة للوحدات الطباقية الحياتية يجب أن تستند على القوانين العالمية في التسمية الحيوانية (International Code of Zoological Nomenclature). وكذلك التعليمات العالمية للتسمية النباتية (International Code of Botanical Nomenclature) إن الحرف الأول من أسماء الأجناس يجب أن يكون حرفاً كبيراً يطلق عليه بالإنكليزية (Capital letter) والحرف الأول من أسماء الأنواع يجب أن يكون صغيراً (Small letter) والأسماء العلمية يجب أن تكون بحرف طباعي مائل (Italics) وحين كتابة التقارير العلمية أو في أية كتابة تخلو من الأحرف المائلة فإننا نضع خطاً تحت اسم الجنس والنوع للدلالة على أنها حين الطبع النهائي تكتب بأحرف طباعية مائلة.. إن تسمية الوحدات نسبة إلى النوع يجب أن يحمل اسم الجنس أيضاً، وبالإمكان أن نختصر اسم الجنس وذلك بذكر الحرف الأول منه بعد استعماله لأول مرة إذا لم يحدث ذلك التباساً مع أسماء أجناس أخرى تبدأ بنفس الحرف.

وإذا ورد اسم الجنسين Globigerina وGloborotalia على سبيل المثال فكلاهما يبدآن بالحرفين G فحين اختصارهما يختصر الاسم Globigerina بحرف G مثلاً والاسم Globorotalia بالأحرف .Grt أو أية طريقة اختصار بحيث يتم التفريق بينهما.

الفاصلة أو الشارحة:

إن استعمال عبارات للدلالة على أنواع الوحدات الطباقية الحياتية تكون مركبة، ويستعمل فيها كلمتين عامتين لكي تشكل عبارة ذو معنى خاص وفي هذه الحالة نستعمل الشارحة أو الفاصلة بينهما (ـ).

مثال:

نطاق ـ مدى (Range-Zone) نطاق ـ مدى ـ مشترك. (Concurrent-range-Zone). . . إلخ. الاستثناء من هذه القاعدة هو حين استعمال صفة تأتي في بداية الاسم فإننا لا نستعمل فيها الفاصلة.

مثال:

نطاق حياتي (Biozone)، نطاق زمني (Chronozone)، نطاق فاصل (Interzone).

الأحرف الكبيرة:

إن من المفضل أن تكون بداية أسماء الأنطقة الحياتية أحرف كبيرة.

مثال:

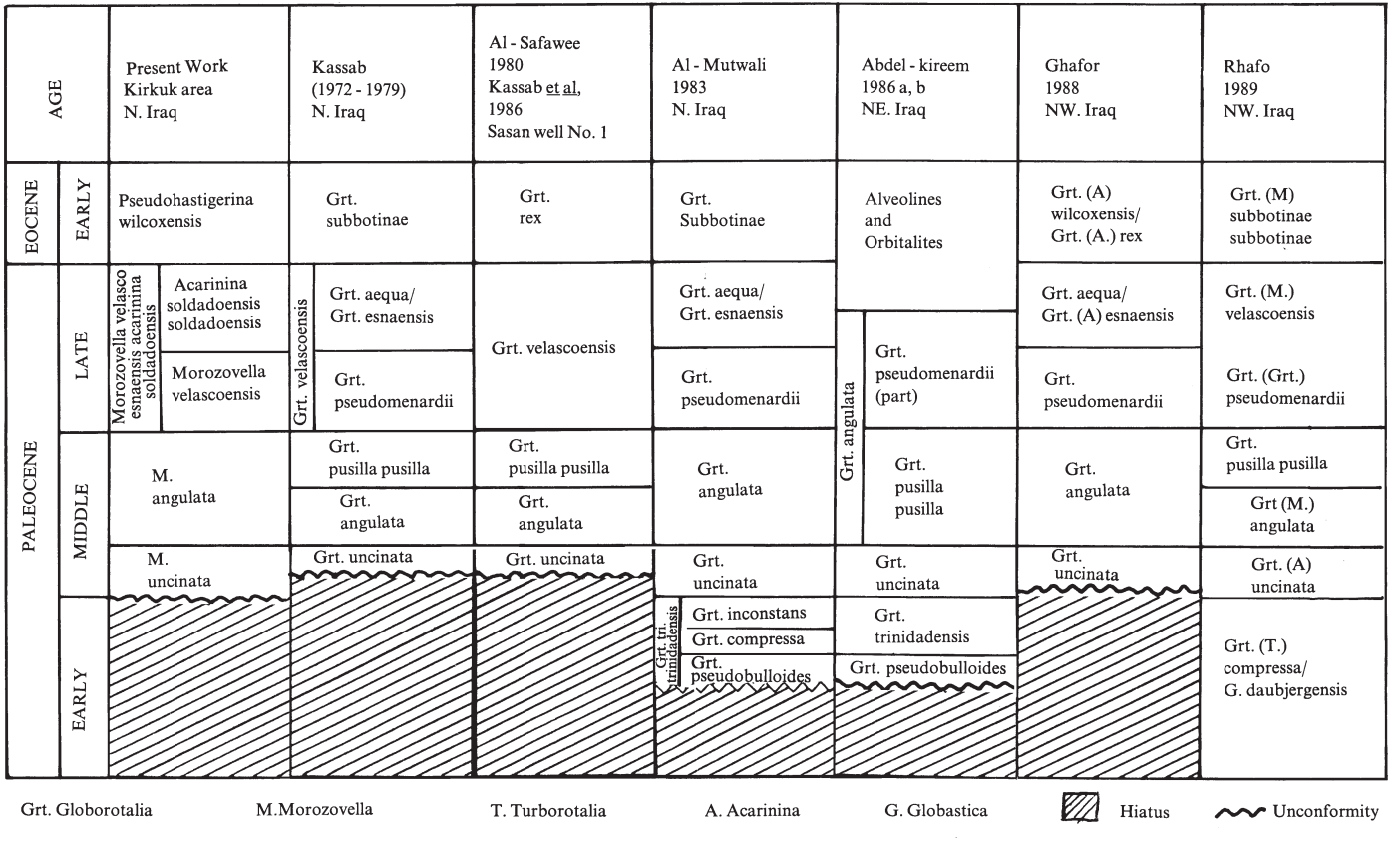
Bulimina-Bolivina Assemblage-Zone

Linoproductus cora Range-Zone

وتجدر الإشارة هنا أن الكلمة Bulimina اسم جنس والكلمة Bolivina اسم جنس أيضاً. بينما الكلمة cora اسم نوع.

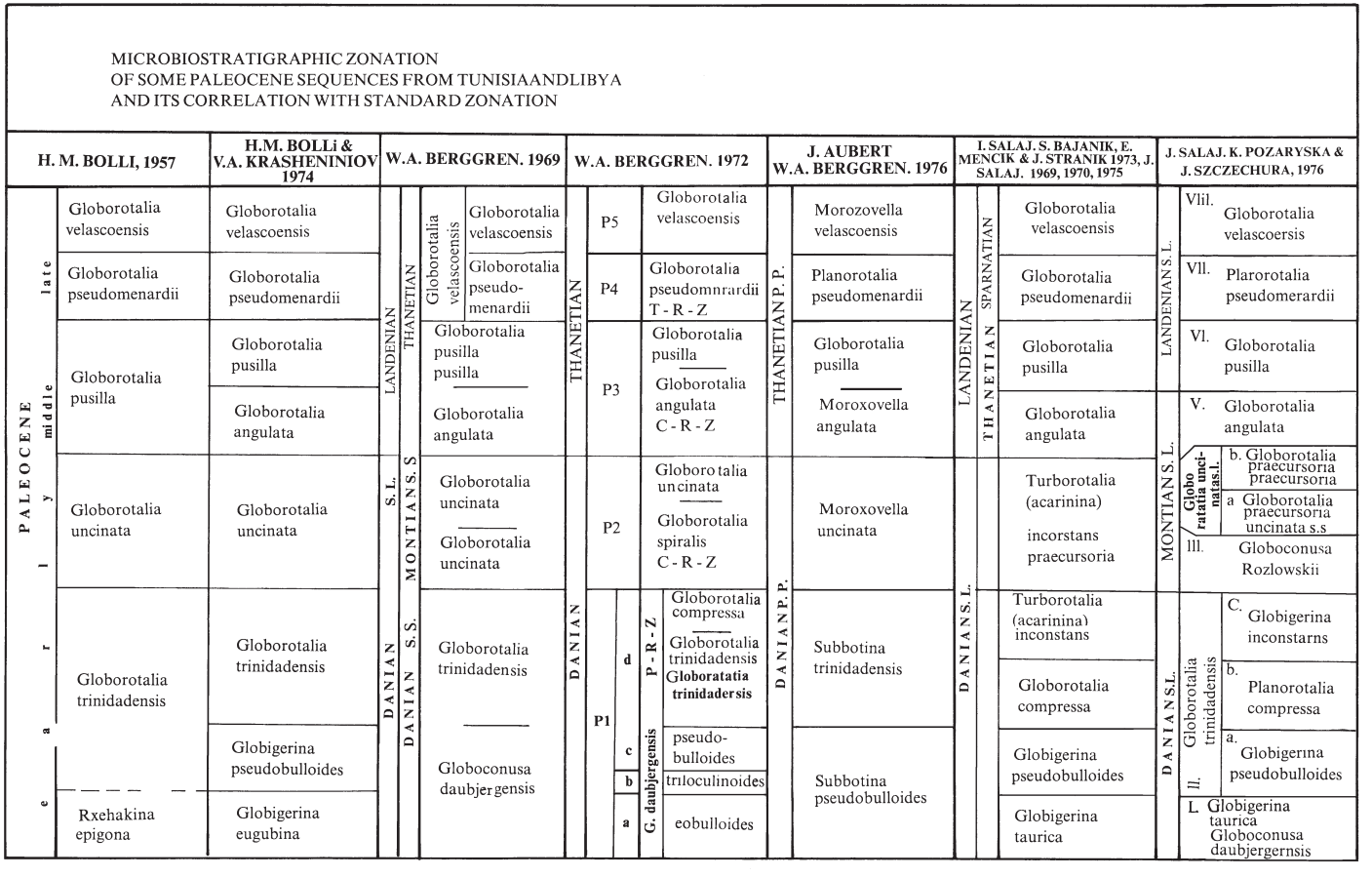
طرق مضاهاة الوحدات الطباقية الحياتية:

إن مضاهاة امتدادات ومصنفات دالة (Index Fossils) عملية سهلة تتم بمقارنة امتدادات تلك المصنفات المتميزة. . . أما ما نقصده بعملية المضاهاة هنا فهي مضاهاة نطاق التجمع (Assemblage-Zone) وذلك لأن هذه الوحدات تتحدد بمجاميع من الأحياء بدون التقيد الكامل بامتدادات مصنفاتها. ومن خلال خبرة الجيولوجي فإنه يختار عدد منها ويعتبرها هي الأساس في تحديد ذلك النطاق. . . لذا فإن عملية مضاهاة مقطع آخر مع المقطع الأولي تتم بإيجاد عدد من نفس المصنفات في المقطع الثاني ومحاولة استنباط درجة التماثل بين المقطعين. . . وضمن نطاق التجمع قد يكون هناك مصنف أو أكثر ذو أهمية كمصنف دال (Index) وذلك مما قد يسهل من عملية المضاهاة.



الشكل (3 ـ 17) مضاهاة الأنطقة الحياتية لتكوين عليجي مع مجموعة من الدراسات داخل العراق

MICROBIOSTRATIGRAPHIC ZONATION
OF SOME PALEOCENE SEQUENCES FROM TUNISIAANDLIBYA
AND ITS CORRELATION WITH STANDARD ZONATION



الشكل (3 ـ 18) مضاهاة أنطقة طباقية حياتية لبعض المقاطع في تونس وليبيا

إن أول مرحلة في تنفيذ عملية المضاهاة الحياتية هو بناء جدول لامتدادات المصنفات ويسمى جدول الامتداد (Range Chart) وطريقة إسقاط امتدادات المصنفات بمستوى النوع وتحت النوع يكون بعدة طرق منها استعمال الخطوط المتقطعة والصلبة، كما في شكل (3 ـ 12) أو باستعمال مختصرات الأحرف كما في الجدولين 3 ـ 1 أو 3 ـ1ب ومنها نستخرج أنطقة التجمع لاحظ الشكل 3 ـ 17).

إن إجراء المضاهاة الطباقية الحياتية لا يتم لمجرد بيان التماثل في محتويات الصخور من المتحجرات في المقاطع المختلفة، بل إن أحد الأهداف الرئيسية هو بيان مدى التماثل في العمر لذا فإن المضاهاة الحياتية هي إحدى وسائل المضاهاة الطباقية الزمنية أيضاً (شكل 3 ـ 17). حيث نلاحظ في الشكل المذكور دراسة لتكوين عليجي في منطقة كركوك أشير لها في الشكل تحت عنوان (Present work) وبعد أن استخرج الباحث الأنطقة الطباقية الحياتية في منطقة كركوك... قورنت تلك الدراسة مع دراسة سابقة أجريت لمناطق أخرى في العراق حددت بالأعمدة المجاورة لها وبناءً على الدراسات السابقة التي سبقت وحددت أعمار الأنطقة فيها تم تشخيص عمر الأنطقة في تكوين عليجي في منطقة كركوك.

أما في الشكل (3 ـ 17) فتظهر طريقة مضاهاة عدة مقاطع (دراسات) في تونس وليبيا وتم فيها إجراء مضاهاة فيما بينها.

الفصل الرابع

الوحدات الطباقية الزمنية

«الأنطقة الزمنية»
Chronostratigraphic Units
«Chronozones»

الوحدات الطباقية الزمنية : (Chronostratigraphic Units)

تعريفها :

ذلك الجزء من علم الطبقات الذي يتعامل مع عمر الطبقات وعلاقتها الزمنية. إن المقطع الأول «Chrono» من الكلمة الإنكليزية (Chronostratigraphy) مشتقة من الكلمة الإغريقية «Chronos» وتعني «زمن»، لذا فقد استخدم باللغة الإنكليزية أحياناً المصطلح «Time-Stratigraphy» للدلالة على الوحدات الطباقية الزمنية.

إن التقسيم الطباقي الزمني إذن هو تنظيم الطبقات الصخرية إلى وحدات نسبة إلى عمرها أو فترة نشوئها.

والوحدة الطباقية الزمنية هي كتلة من الطبقات الصخرية تجمع سوية باعتبارها تمثل الصخور المتكونة خلال فترة محددة من الزمن الجيولوجي، لذا فهي تمثل الصخور المتكونة خلال فترة من التاريخ الجيولوجي.

إن الغاية من التقسيم الطباقي الزمني هو تقسيم تعاقب صخور الأرض إلى وحدات (طباقية زمنية) مفيدة وملائمة وتقابل فترات من «الزمن الجيولوجي» (Geochronologic Units) لكي تخدم كأنظمة تعتبر مرجعاً للعلاقات الزمنية للطبقات ولأحداث التاريخ الجيولوجي.

تحديد العلاقات الزمنية موضعياً :

إن مضاهاة الطبقات زمنياً والتعيين البسيط للأعمار النسبية للطبقات في مقطع واحد أو منطقة واحدة مقارنة بمقطع آخر هو مساهمة مهمة في الدراسات الطباقية الزمنية لموقع أو منطقة جيولوجية بغض النظر عن النظام العام للطبقات المقسمة حسب الوحدات الطباقية الزمنية.

تثبيت مقياس مثالي، طباقي زمني على مستوى عالمي:

إن الغاية من التقسيم الطباقي هو تثبيت تعاقب منظم لوحدات مسماة ومحددة وذات مستوى عالمي على أن تقبل عالمياً ويمكن استخدامها كمقياس أساس يرجع له لتعيين أعمار كافة الصخور في كل مكان ولكي تبين علاقة جميع الصخور في كل مكان نسبة إلى التاريخ الجيولوجي.

إن مقياس كهذا قد وجد منذ مدة ولكن بشكل أولي وذلك لعدم الاتفاق عالمياً على تحديد وحدات هذا القياس.

طبيعة الوحدات الطباقية الزمنية:

الوحدة الطباقية الزمنية هي كتلة من الطبقات الصخرية التي تؤخذ وذلك لأنها تمثل الصخور المتكونة خلال فترة معينة من الزمن الجيولوجي. لذا فهي تمثل جميع الصخور المتكونة خلال فترة خاصة من تاريخ الأرض، ومحصورة بتلك الصخور المتكونة خلال تلك الفترة الزمنية فقط.

إن الوحدة الطباقية الزمنية يجب أن تعتمد في تشخيصها على مقاطع حقيقية أو تعاقب لطبقات صخرية أو وحدات أخرى يتم تشخيصها على ذلك الأساس.

إن القيمة النسبية للوحدة الطباقية الزمنية هي أنها تتحدد بواسطة طول الفترة الزمنية التي تمثلها وليس بسمكها الصخري.

لقد استعملت عبارة بالإنكليزية وهي «Time-Rock Units» وتعني وحدات صخرية ـ زمنية بدلاً من عبارة وحدات طباقية زمنية «Chronostratigraphy» وكما أشرنا سابقاً فإن عبارة chrono إغريقية تعني «زمن» ولكن مصطلح «Time-Rock» لا تعتبر ملائمة لأنها لا تحتوي على مفهوم طباقي. كما أن استعمالها في بعض اللغات عدا الإنكليزية قد جابهته صعوبة لافتقاره إلى المفهوم الزمني الطبقي، كما أننا لو استعملنا هذا الأسلوب في الإشارة إلى الوحدات الطباقية الأخرى فإنها ستؤدي إلى استعمال عبارات غير ملائمة مثل «صخر ـ صخر» «Iitho-rock»[1] أو «صخر ـ صخر»«Rock-rock» للدلالة على الوحدة الطباقية الصخرية (Lithostratigraphic Unit) وعبارة «صخر ـ حياتي» «Bio-rock» أو «صخر ـ حياة» «Life-rock» للدلالة على الوحدات الطباقية الحياتية (Biostratigraphic Units).

وقد اقترح أحد الجيولوجيين حلاً لاختصار أسماء الوحدات الطويلة فكلمة

(1) عبارة Litho بالإغريقية تعني صخر.

«Chronostratigraphic» تختصر إلى«Chronostratic» وكذلك اختصار «Lithostratigraphic» إلى «Lithostratic» وعبارة «Biostratigraphic» إلى «Biostratic» إلا أن العديد من الجيولوجيين ما زال يفضل استعمال الكلمات الأصلية رغم أنها أطول من الكلمات المختصرة لأنها أكثر دلالة على مفهوم الكلمة.

السطح الطباقي الزمني : (Chronostratigraphic horizon)

هو سطح طباقي ذو عمر متساوٍ (Isochronous) في كل نقطة منه وحدود الوحدات الطباقية الزمنية ـ من الناحية النظرية ـ هي مستويات متماثلة في العمر.

إن الكلمة «Horizon» تعني حد أو نهاية...

مثال على ذلك خط الأفق الذي يمثل حد التقاء الأرض والسماء، لذا فإن مفهوم السطح الطباقي أو الحد الطباقي يمثل سطحاً رقيقاً جداً.

علاقة الدراسة الطباقية الزمنية بعلم الطبقات:

إن الدراسة الطباقية الزمنية هي إحدى العناصر الأساسية في علم الطبقات... وذلك للأهمية التي ألقاها علماء الطبقات على العلاقة الزمنية والأعمار بين الطبقات حتى إن البعض منهم أبدى رغبته في أن يحصر مفهوم علم الطبقات بعمر الصخور والعلاقة الزمنية بين الطبقات... إلا أن من رأي أعضاء اللجنة الفرعية العالمية للتسمية الطباقية، بأن علم الطبقات يشتمل على دراسة جميع مظاهر الطبقات الصخرية وبذا فهي لا تتحدد بدراسة الوحدات الطباقية الزمنية ولكن بدراسة الصفات الصخرية، ومحتوياتها من المتحجرات والصفات الأخرى للطبقات.

العلاقة بين الوحدات الطباقية الزمنية والوحدات الزمنية الجيولوجية:

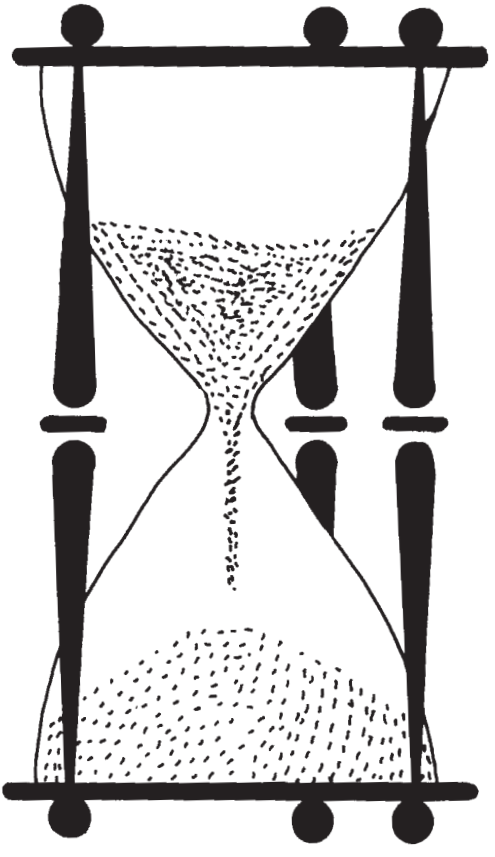
إن علم تحديد الأعمار الجيولوجية (Geochronology) هو علم تحديد عمر وتعاقب الأحداث زمنياً ضمن تاريخ الأرض. والوحدات الزمنية الجيولوجية هي وحدات الزمن الجيولوجي والتي بواسطتها يعبر فيه عن هذا التاريخ... ولأن الأرض برمتها مكونة عموماً من عدة طبقات ولأن السجل الوحيد للتاريخ الجيولوجي يقع في هذه الطبقات فإن تقسيماتنا للزمن الجيولوجي (الوحدات الزمنية الجيولوجية) تتحدد وتعتمد منطقياً وواقعياً على الوحدات الطباقية الزمنية.

إن تقسيم طبقات الأرض إلى وحدات زمنية جيولوجية نقصد به تقسيم تعاقب صخور الأرض استناداً إلى الزمن. ولكل وحدة طباقية زمنية (جزء من الطبقات الصخرية) يوجد ما يقابلها من وحدة زمنية جيولوجية (جزء من الزمن الجيولوجي) ولذا نلاحظ بأن

كل وحدة زمنية جيولوجية تحمل نفس اسم الوحدة الطباقية الزمنية التي تكافئها.

الزمن الجيولوجي ليس مادة محسوسة ولذا فإن الوحدات الزمنية الجيولوجية ليست بذاتها وحدات طباقية، ولكن الوحدات الطباقية الزمنية تعتبر من الوحدات الطباقية لأنها وحدات يمكن ملاحظتها في الحقل (أي أنها وحدات مادية أو محسوسة).

الزمن الجيولوجي لا يمكن إدراكه بالحواس وكذلك وحداته فهي غير ملموسة. إن الفرق بين الوحدة الزمنية الجيولوجية والوحدة الطباقية الزمنية يمكن توضيحه بأن نأخذ نموذج للساعة الرملية (Sandglass or Hourglass) فالوقت الذي يستغرقه الرمل في المرور داخل الزجاجية يمثل وحدة زمنية وهي ساعة واحدة، ولكن الرمل الذي يمر من خلال الساعة الرملية خلال هذه الساعة الزمنية ليس وحدة زمنية بل إنها وحدة مختلفة تماماً فهي كتلة ملموسة من الرمل وهي بذلك تمثل وحدة طباقية زمنية (صخرية زمنية)، وذلك لأنها تمثل الترسب المتكون خلال فترة محددة من الزمن الجيولوجي (شكل 4 ـ 1).



الشكل (4 ـ 1) الساعة الرملية

عبارات الوحدات الزمنية الجيولوجية والطباقية الزمنية :

إن عبارة نطاق (Zone) هي عبارة عامة لوحدة طباقية من أي نوع فكما في حالة الوحدات الطباقية الحياتية لدينا «أنطقة حياتية» «تسمى اختصاراً» (Biozones) وفي الوحدات الطباقية الصخرية يوجد «أنطقة صخرية» (Lithozones) لذا فإننا قد نقسم الطبقات إلى وحدات طباقية زمنية ونسميها اختصاراً «أنطقة زمنية» (Chronozones) وهي وحدات بشكل أنطقة تتميز بأنها تمثل جميع الصخور المتكونة في أي مكان من العالم خلال امتداد زمني محدد ببعض المظاهر الجيولوجية أو جزء محدد من طبقات صخرية معينة .

إن الصفة الدالة للمدى الزمني قد تكون على سبيل المثال الامتداد الزمني لوحدة طباقية حياتية أو لوحدة طباقية صخرية أو أي مظهر آخر لطبقات لها امتداد زمني . إن النقطة المهمة هنا هي أن النطاق الزمني يضم جميع الطبقات المتكونة في أي محل خلال امتداد الزمن المحدد هذا بغض النظر عن الامتداد الأفقي (الجغرافي) لذلك المظهر والذي يكون قد استخدم بالأصل لتحديد النطاق .

وقد تكون «الأنطقة الزمنية» (Chronozones) ذات مديات زمنية واسعة، لذا قد نتكلم عن نطاق الزمن للأمونايت الذي قد يضم جميع الطبقات الصخرية التي تكونت خلال الفترة الزمنية الطويلة التي تواجد فيها الأمونايت (بغض النظر عما إذا كانت الطبقات تحتوي على أمونايت أم لا) . أو قد نتحدث عن «نطاق زمني» (Chronozone) للنوع Exus albus وهو نوع ذو امتداد زمني قصير جداً، ولذا فهو يضم صخوراً مطبقة محددة جداً في امتدادها العمودي .

إن من الضروري الإشارة إلى أن عبارة «نطاق زمني» (Chronozone) قد تستعمل بمفهوم ضيق كوحدة رسمية في التقسيم الطباقي الزمني أقل من «المرحلة» (Stage) . (جدول 4 ـ 1) إلا أن البعض لا يفضل هذا الاستخدام .

جدول (4 ـ 1) التقسيم الهرمي
للوحدات الطباقية الزمنية وما يقابلها من وحدات زمنية جيولوجية

الوحدات الطباقية	الزمنية	الوحدات الزمنية	الجيولوجية
(Chronostratigraphic) Units		(Geochronologic) Units	
أيونوثيم	(Eonothem)	أيون (أبد)	(Eon)
الأراثيم	(Erathem)	دهر	(Era)
نظام	(System)	عصر	(Period)
سلسلة	(Series)	حين	Epoch)
مرحلة	(Stage)	عمر	(Age)
نطاق زمني	(Chronozone)	زمن	(Chron)

ملاحظات إضافية حول الجدول 4 ـ 1:

إننا قد نستخدم العبارات تحت (Sub-) وأعلى (Super-) مع العبارات نظام وسلسلة ومرحلة وكذلك ما يقابلها من وحدات زمن جيولوجي إذا دعت الحاجة لذلك، فقد تستعمل عبارة «فوق نظام» (Supersystem) أو «تحت سلسلة» (Subseries) أو «فوق عمر» (Superage) . . . وهكذا (جدول 4 ـ 2ب) .

جدول (4 ـ 2) عمود الزمن الجيولوجي وتقسيماته

Eonothem (Eon)	Erathem (Era)	System and Subsystem (Period and Subperiod)		Series (Epoch)	Numerical Age (Ma) (2)	(3)	(4)
PHANEROZOIC	Cenozoic	Quaternary		Holocene			
				Pleistocene	1.60		1.64
		Tertiary	Neogene	Pliocene			
				Miocene	23.7	23	23.3
			Paleogene	Oligocene			
				Eocene	66.4	65	65
	Mesozoic	Cretaceous		Upper			
				Lower	144	135	145.8
		Jurassic		Upper			
				Middle			
				Lower	208	205	208
		Triassic		Upper			
				Middle			
				Lower	245	250	245
	Paleozoic	Permian		Uper			
				Lower	286	300	290
		Carboniferous (5)			360	355	362.5
		Devonian		Upper			
				Middle			
				Lower	408	410	408.5
		Silurian			438	438	439
		Ordovician		Upper			
				Middle			
				Lower	505	510	510
		Cambrian			570	570	570
PRECAMBRIAN	PROTEROZ				2500		2500
	ARCHEAN						

(1) A number of more detailed chronostratigraphic or geochronological scales have been published in the last 10- 15 Years including those of Palmer (1983) and Harland et. al (1982, 1990), referenced below, and the **1989 Global Stratigraphic Chart** of the International Commission on Stratigraphy (Episodes, v. 12, no., 2).

(2) Palmer, A.R., 1983, The Decade of North American Geology 1983 Geologic Time Scale.

(3) Snelling, N.J., 1987, Measurement of geological time and the Geological Time Scale.

(4) Harland,W.B., et al., 1990, A Geologic Time Scale 1989.

(5) In North America, in place of a Carboniferous System, two systems have been recognized: Mississippian System (older) and Pennsylvanian System (younger). These are also sometimes known as subsystems of the Carboniferous System.

التسميات الرسمية والغير الرسمية:

إن التسمية الرسمية (Formal) هي تلك التي تقع ضمن التقسيمات الهرمية للوحدات الطباقية الزمنية أو الزمنية الجيولوجية وتتم بالشكل الذي يتفق مع تعليمات استحداث الوحدة الطباقية الزمنية أو الزمنية الجيولوجية.

الاستعمال غير الرسمي (Informal) هو أن ترد عبارة بصورة عامة بدون مدلول محدد لأحد التقسيمات الهرمية المشار إليها سابقاً.

مثال على التسمية الرسمية هو:

النظام الكاميري (Cambrian System)، سلسلة المايوسين (Miocene Series) أما الأمثلة على التسميات الغير الرسمية فهي عبارات مثل:

نطاق زمن (Chronozone)، عمر (Age)، فترة (Period)... إلخ.

فنقول: ـ نطاق زمن الداينوصور، عمر الصخور، فترة ترسيب الصخور.

ونود أن نشير إلى أن عبارات عمر (Age) وفترة (نظام) (Period) تستخدم أيضاً كتسمية رسمية للوحدات الزمنية الجيولوجية. ويمكن التفريق بين مدلولها الرسمي وغير الرسمي وذلك بالطريقة التي ترد فيها العبارات فحينما نقول «العمر الكامبري»(Cambrian Period) فمن الواضح أننا نقصد الفترة الزمنية الجيولوجية المكافئة للنظام (System).

كما أنه حين الاستخدام الرسمي فإن الحرف الأول من الكلمة يكون حرفاً كبيراً (Capital letter) باللغة الإنكليزية ولعدم وجود حروف كبيرة وصغيرة في اللغة العربية فإن طريقة التفريق تكون من سياق الجملة كما أنه قد يكون من المفضل وضع المصطلح الإنكليزي مع العربي حين الاستخدام الرسمي، لبيان أن الاستخدام رسمي ولتوضيح المقصود بالعبارة العربية وذلك لتعدد الكلمات المستخدمة في ترجمة المصطلح الإنكليزي الواحد.

المستويات الطباقية الزمنية الدالة (المستويات الزمنية):

بالإضافة إلى الوحدات التي تضم طبقات صخرية ذات سمك كبير فإن هناك طبقات أخرى من الوحدات الطباقية الزمنية ذات أهمية عملية كبرى في المضاهاة الزمنية تلك هي المستويات الطباقية الزمنية الدالة (Chronostratigraphic marker horizons) أو الطبقات الدالة (Marker beds) وقد سميت بتسميات عدة فهي تسمى

أحياناً مستويات (horizons)، مستويات زمنية (Chronohorizone)، دلائل، شواخص (Markers)، طبقات دالة (Marker beds) الطبقات المفتاح (Key beds)، المستوى (Datum).

إن مميزاتها الأساسية كونها رقيقة جداً وواضحة وذات عمر واحد في المنطقة الجغرافية التي تتواجد فيها. ولذا فهي تمثل مستوى مرجعياً نموذجياً للزمن من أمثلتها بعض الأنطقة الحياتية (Biohorizones)، مستويات الانعكاس (الانعطاف) المغناطيسي (Magnetic reversal)، طبقات فحم، بعض السجلات الكهربائية. إن الزمن الجيولوجي المكافىء لهذا المستوى (Horizon) في التشخيصات الطباقية الزمنية هو اللحظة (Moment) أو (Instant).

أ ـ طرق تشخيص الوحدات الطباقية الزمنية:

كما في الوحدات الطباقية الأخرى فإن كل وحدة طباقية زمنية لها تعريف واضح وثابت بحيث تعطي مفهوماً واحداً في كل مكان من العالم.

إن من الأجزاء الرئيسية في تعريف وحدة طباقية زمنية هو المفهوم الزمني ولما كان السجل الوحيد للزمن الجيولوجي والأحداث الجيولوجية تقع في الطبقات الصخرية نفسها، يبدو من الضروري بأن خير ما يعبر عن وحدة طباقية زمنية وأفضل مرجع يبين دلائلها هو الفترة الزمنية المحصورة ما بين نقطتين دالتين تحويان بينهما طبقات صخرية وتمثلان «حدود المقاطع النموذجية» (Boundary stratotypes) لذا فإن الفترة الزمنية التي تمثلها الوحدة الطباقية الزمنية تشمل صخوراً مترسبة في نفس الفترة في كل مكان... وبالإمكان أن تمد حدود تلك الوحدة الطباقية الزمنية إلى أي مكان من العالم.

ب ـ حدود المقاطع النموذجية: (Boundary-Stratotypes)

إن النقطتين الدالتين في النسب الطباقي تمثلان الحد الأعلى والأسفل من المقاطع الطباقية الزمنية، وتمثلان نقاط المرجع لمستويين زمنيين يحددان مقطعاً معيناً من الطبقات أي جميع الطبقات المترسبة أو المتكونة في أي مكان بالعالم خلال الزمن ما بين فترتين تمثلان هذين المستويين، وبذا فهي تمثل فترة معينة من الزمن الجيولوجي... وهي تمثل حدود مثالية ثابتة للوحدة ويمكن لكل شخص مراجعتها.

جـ ـ وحدة المقطع النموذجي : (Unit Stratotype)

إن المقطع النموذجي لوحدة طباقية زمنية هو مقطع معين مستمر في تعاقبه ومتكامل يمثل تلك الوحدة في المنطقة التي استحدثت فيها وتمت تسميتها، ويتم اختيار المقطع النموذجي لأنه يمثل الحدود النموذجية السفلى والحدود النموذجية العليا للوحدة، وبذا فهو ملائم لتحديد المدى الزمني للوحدة.

الامتداد الجغرافي لحدود الوحدات الطباقية الزمنية

أ ـ طبيعة الحدود الطباقية الزمنية:

بعد أن نشخص «الحدود الطباقية المثالية» (Boundary-stratotype) للوحدة الطباقية الزمنية من الممكن أن تجرى المحاولة لمد هذه الحدود جغرافياً إلى أبعد مدى ممكن من المقطع النموذجي. إن حدود الوحدة الطباقية الزمنية يجب أن تكون وحسب تعريفها سطوح ذات عمر واحد في كل مكان (Isochronous surfaces) بحيث إن الوحدات سوف تضم في كل مكان جميع الصخور الطبقية من نفس العمر.

ب ـ المضاهاة ـ الزمنية : (Chronocorrelation or Time-correlation)

إن عملية إجراء المضاهاة في المفهوم الطباقي هي إظهار التماثل في الصفة والموقع الطباقي.

إن هناك عدة أنواع من المضاهاة الطباقية اعتماداً على المظهر الذي يود التركيز عليه. لذا فالمضاهاة الصخرية تعني إظهار التماثل في الصفة الصخرية والموقع الطباقي.

ومضاهاة طبقتين ذات متحجرات هي لإظهار التماثل في محتوياتها من المتحجرات والموقع الطباقي.

إن التركيز في المضاهاة الطباقية الزمنية هو على المضاهاة الزمنية وهو توضيح للتماثل في العمر والموقع الطباقي.

وبالنظر لأن وسائل المضاهاة الزمنية غير كاملة فإن إجراء المضاهاة سيكون هدفه إظهار مدى التقرب من السطح المتماثل بالعمر في الحدود الطباقية الزمنية لأية منطقة بعيدة عن المواقع النموذجية. إن من الضروري استخدام كل الوسائل للمضاهاة الزمنية وجميع الأدلة للمواقع الطباقية الزمنية ومن هذه الأدلة استعمال

المتحجرات من عدة أنواع، تعقب الطبقات في الحقل، تعاقب الطبقات في العمود الطباقي، الصفة الصخرية، تقدير العمر بالمواد المشعة (Radiometric dating) مؤشرات السجلات الكهربائية، عدم التوافق، تقدم وتراجع البحر، الفعاليات البركانية. إن هذه السطوح المتماثلة بالعمر في الوحدات الطباقية الزمنية تعتبر من الناحية العملية مستقلة عن حدود أية وحدة طباقية أخرى ما عدا ما تقدمه من أدلة موضعية على المواقع الطباقية الزمنية.

إن حدود الوحدات الطباقية الزمنية قد تقطع حدود الوحدات الطباقية الأخرى.

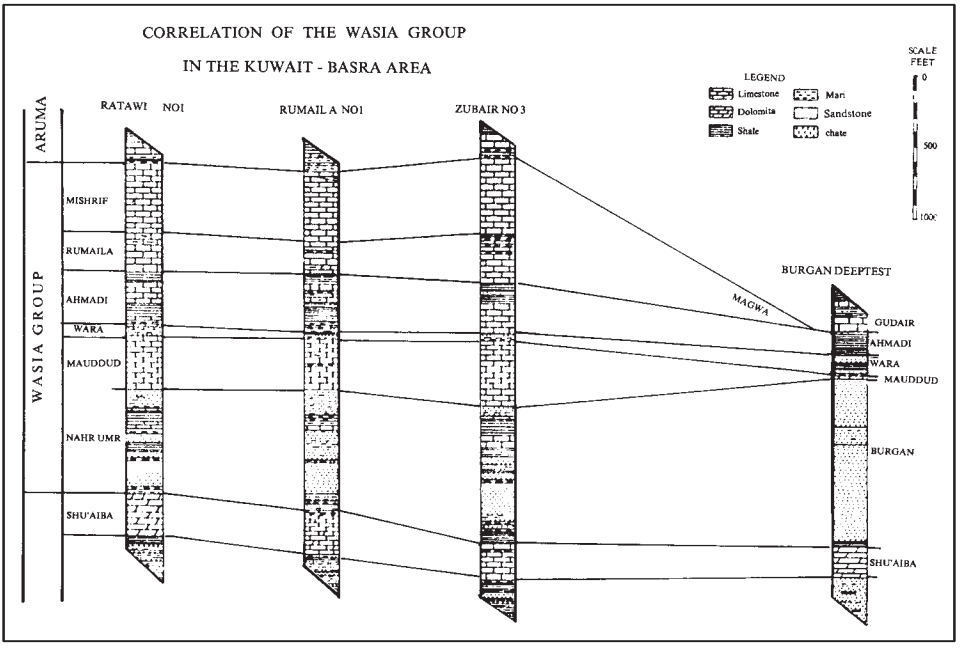
أ ـ أدلة المضاهاة الزمنية:

إن إحدى الوسائل البسيطة والواضحة جداً لتقدير العمر النسبي أو الموقع الطباقي الزمني للطبقات الصخرية توجد في العلاقات الطبيعية. فالقانون التقليدي «لتعاقب الطبقات» (Superposition of Strata) الذي ينص على أن أي تعاقب للصخور غير متأثر بالحركات الأرضية فإن الطبقات العليا هي أحدث من التي تقع إلى الأسفل منها.

لذا فالطبقات التي في الأسفل تكونت أولاً والتي في الأعلى تكونت آخراً، وحين تَعَقُّب سطح أية طبقة مستمرة إلى مسافات قريبة فإن ذلك السطح يعتبر ذو عمر واحد في جميع نقاطه. وتبدأ المشكلة حينما تتعرض الطبقات إلى حركات أرضية تؤدي إلى انقلابها أو اندفاع للطبقات فوق غيرها (overthrust) أو عندما تكون هناك فعالية بركانية تدفع بالحمم البركانية الحديثة لكي تخترق طبقات أقدم منها. أو إذا كانت هناك كتلة من الملح أو الجبس تندفع نحو طبقات أحدث منها. حيث يتأثر الوضع الطبيعي للطبقات وتصبح بعض الصخور الأقدم عمراً في وضع أعلى من الصخور الأحدث عمراً.

إن من الصعوبات الكبيرة التي تواجه وضع الطبقات الصخرية استناداً إلى الصفات الصخرية عدم استمرارية المكشف الصخري (اختفاء الصخور تحت الأرض) أو عدم الاستمرار وذلك للتغيرات الجانبية، انقلاب الصخور، عدم توافق، فالق (Faulting) الصخور. اندفاعات الحمم الصهيرية... إلخ.

حتى في هذه الحالات فإن بالإمكان إجراء المضاهاة بالاستناد إلى الصفات الفيزيائية للصخور أو القيام بتعقب الصخور وتحديد موقعها الدقيق في تعاقب طبقي أو باستعمال الوسيلتين. (لاحظ الشكل 4 ـ 2).

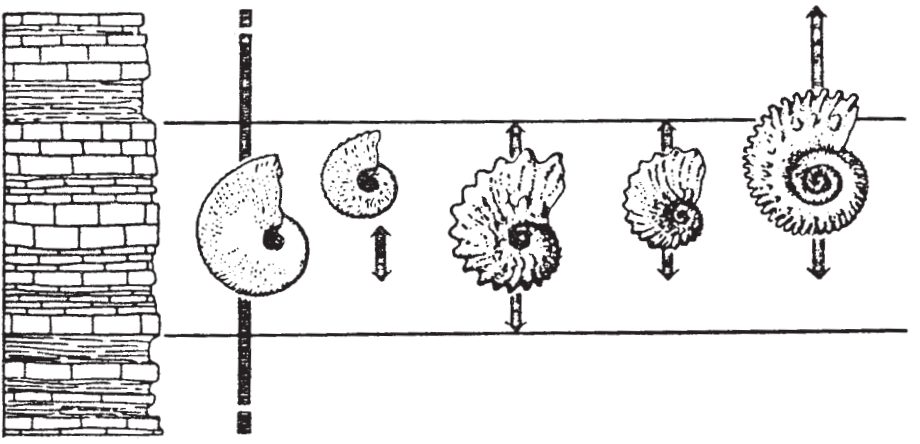


شكل (4 ـ 2) مضاهاة التكاوين التي تعود
إلى مجموعة وسيع في عدة آبار (المصدر Owen & Nasr, 1958)

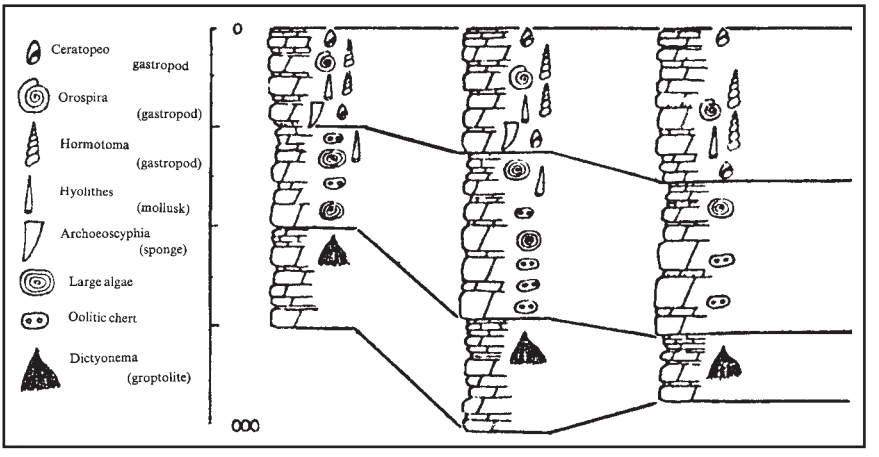
إن هذه المضاهاة قد لا تكون مضاهاة زمنية دقيقة ولكنها قد تكون مساعدة في تحديد العمر النسبي وبصورة عامة فإن المضاهاة استناداً إلى صفات فيزيائية هي في معظم الأحيان محصورة في مناطق ضيقة.

ب ـ المتحجرات:

أصبحت المتحجرات بسبب صفاتها المتميزة وتواجدها في الصخور الرسوبية واحدة من أحسن الطرق وأوسعها انتشاراً في تعقب الصخور وبذا فهي تفيد في تحديد العمر النسبي. وأهم من ذلك ونتيجة لتطورها العضوي بتقدم الزمن فقد أصبحت لوحدها أحد الأدلة الرئيسية في تحديد الموقع النسبي للصخور في العمود الجيولوجي والزمن الجيولوجي أي تحديد الوحدات الطباقية الزمنية على مستوى عالٍ. وبسبب عدم انعكاس خط التطور بتقدم الزمن الجيولوجي ونظراً للانتشار الواسع للمتحجرات في العديد من الصخور الرسوبية منذ العصر الكامبري فقد أصبحت وسيلة لتحديد العمر فوق مناطق واسعة ومتباعدة للطبقات. (لاحظ الأشكال 4 ـ 3، 4 ـ 4).



شكل (4 ـ 3) استعمال امتدادات المتحجرات للمضاهاة امتداد المتحجر
في اليسار ذو مدى طويل لذا فهي غير مفيدة في المضاهاة بينما امتدادات المتحجرات الأخرى قصيرة
وبذا فهي ذات فائدة في المضاهاة . السهم يمثل بداية ظهور واختفاء المتحجر
(الشكل محور من المصدر Tarbuck & Lutgens, 1982)



شكل (4 ـ 4) المضاهاة بواسطة مجاميع المتحجرات
في طبقات ذات صفات صخرية متماثلة (الشكل محور من المصدر : Mathews, 1964)

ورغم الدقة والتوسع الكبيرين في استعمال المتحجرات كأدوات لتحديد الأعمار الجيولوجية فإن للمتحجرات بعض السلبيات في استخدامها . وحتى في «أبد الحياة الظاهرية» (Phanerozoic Eon) وهذه السلبيات هي :

أ ـ إن المتحجرات لا تعطي عمر الصخور بالسنين بل الأعمار النسبية .

ب ـ لا تتواجد المتحجرات في جميع الصخور الرسوبية .

جـ ـ تغير البيئة قد لا يسمح لنفس المتحجر بالعيش في بيئة مختلفة لذا فإن هناك

عدداً قليلاً جداً ـ إن لم نقل لا توجد على الإطلاق ـ من متحجرات تتواجد في جميع أنحاء العالم وبنفس المستوى الطباقي الزمني.

د ـ الوقت الذي تستغرقه الأحياء للهجرة يؤدي إلى اختلاف حقيقي في أعمار الصخور استناداً إلى تواجد نفس المتحجرات الدالة في منطقتين.

هـ ـ عدم دقة بعض الباحثين في العمل يؤدي إلى عدم إيجادهم المتحجرات أو أنواع دالة مما يؤثر على نتائج بحوثهم.

و ـ إن الصخور التابعة إلى قبل الكامبري تمثل ٪ 85 من الزمن الجيولوجي ويفتقر الجزء الأعظم منها إلى متحجرات مفيدة في تقدير الأعمار أو المضاهاة.

حساب عمر الأرض وأزمنة العمود الجيولوجي:

حاول الفلاسفة الأقدمون تقدير عمر الأرض فقد قدر الكهنة الهندوس (Brahimns) في الهند خلق الأرض منذ الأزل... كما ساد العالم المسيحي لفترة اعتقاد بأن عمر الأرض هو حوالي 5600 سنة... إن التقدير الأخير لعمر الأرض الذي انتشر في غرب أوروبا خلال العصور الوسطى جاء من افتراض بأن كتب العهد القديم (Old Testament) تحوي على التاريخ الكامل للعالم... وقد عزز رجال الكنيسة الأنكليكان (Anglican) ذلك الاعتقاد في أواسط القرن السابع عشر... وأولهم جون لايتفوت (John Lightfoot) نائب رئيس جامعة كامبردج الذي استنتج عام 1642م أن لحظة الخليقة كانت «الساعة التاسعة من صباح يوم 7 سبتمبر» ولم يحدد سنة خليقة الأرض وفي فصول إضافية في عام 1644م حدد السنة التي خلقت بها الأرض واعتبرها 3928 قبل الميلاد وبعد ست سنوات قام رئيس الأساقفة أوشر (Archbishop Usher) من إيرلندة بتعديل التاريخ وجعل خليقة الأرض في الليلة التي سبقت يوم 23/ تشرين الأول/ عام 4004ق.م... وقد أضيفت السنة 4004ق.م. من قبل لويد (Loyd) الذي كان أسقف ونشتر.. وقد قبلت بشكل نهائي في حينها من قبل علماء اللاهوت وظهر ذلك التاريخ كملاحظة في الطبعة 1701 الكبرى للإنجيل الإنكليزي (أي أن عمر الأرض هو 5654 سنة).

وفي عام 1900م أوقفت مطبعة جامعة كمبردج طبع تلك الملاحظة التي ذكرت... وأعقبها بعد عشر سنوات في ذلك مطبعة جامعة أوكسفورد.

وفي عام 1749م اقترح كونت فرنسي هو دي بافون (Count de Buffon) في الجزء الأول من كتابه التاريخ الطبيعي (Natural History) أن الأيام الستة لخليقة

الأرض والتي ذكرت كانت ست فترات طويلة من الزمن. . . ولكنه أجبر بقوة الكنيسة على التراجع وأن يعلن بأن ما ورد في العهد القديم عن خلقة الأرض تحمل القصة الكاملة والصادقة لتاريخ العالم.

لذا ينحصر عمر الأرض بفترة تقرب من 4000 سنة جعل من المستحيل القبول باقتراح كونت بافون وآخرون بأن المظاهر الطوبوغرافية كالجبال والأنهار قد نشأت بشكل تدريجي وبطيء. . . بل على العكس من ذلك فحسب نظرية الكوارث وما يماثلها من الاعتقاد بأن عمر الأرض قصير، فإن الأنهار عبارة عن شقوق حدثت نتيجة لهزات أرضية بينما الجبال ارتفعت بسرعة كبيرة وبقوة هائلة من داخل الأرض. . . وإن وجود الحصى والرمل الذي يغطي مناطق متباعدة من سطح الأرض كان بسبب طوفان نوح. . . وقد سيطرت على الفكر الأوروبي منذ العصر الوسيط وحتى نهاية القرن الثامن عشر تقريباً قصة الفصل الأول من الخليقة في ستة أيام.

الزمن في علم الأرض

الزمن النسبي والمطلق:

عند ذكر الزمن يمكن أن نتكلم عن الزمن النسبي (Relative) والزمن المطلق (Absolute) فالزمن النسبي يشير إلى حادث في تاريخ الأرض جاء قبل أو بعد حادث آخر ولكن بلا اعتبار للسنين. أما الزمن المطلق فيقاس بعدد السنين فيمكن أن نشير إلى حدث وقع منذ عدة آلاف من السنين مضت أو بليون سنة أو أبعد من ذلك بتاريخ الأرض.

إن تطبيق مفهومي الأزمنة النسبية والمطلقة في تاريخ الأرض يتوضح بالمثال الآتي فحينما نتكلم عن انبثاق بركان وهل سبق أو أعقب شيئاً آخر مثل ارتفاع في مستوى البحر، وكيف أن هذين الحادثين ينسبان زمنياً إلى حادث آخر مثل بناء الجبال. فنحن نود بأن نتمكن من أن نؤرخ الحوادث الأرضية بصورة مضبوطة ولكن ذلك وإلى يومنا هذا يصعب تحديده بكل دقة. فالدقة المنجزة بتحديد التواريخ البشرية(على الأقل التاريخ البشري المكتوب) من المحتمل ألاّ يتحقق أبداً في علم الأرض. ومع ذلك فمن الممكن أن نحدد تواريخ تقريبية للعديد من الحوادث الأرضية وحتى ذلك يمكن أن يفتقر إلى الدقة الممكنة في التاريخ البشري الحديث فالمهتمون بعمر الأرض والفترات الزمنية للأحداث البايولوجية على سطحها يقولون بأن العصر الكامبري مثلاً بدأ قبل حوالي (570) مليون سنة ($\mp$ 5) ملايين سنة. . . لذا فإن العمر المطلق في المفهوم الجيولوجي لا تتحدد الأحداث

فيه بعدد محدود جداً من السنوات ولا حتى بآلاف السنين أحياناً على عكس التاريخ البشري كما قلنا، والذي يمتاز بالدقة (أي بعدد من السنوات) في تحديد الأحداث فيه.

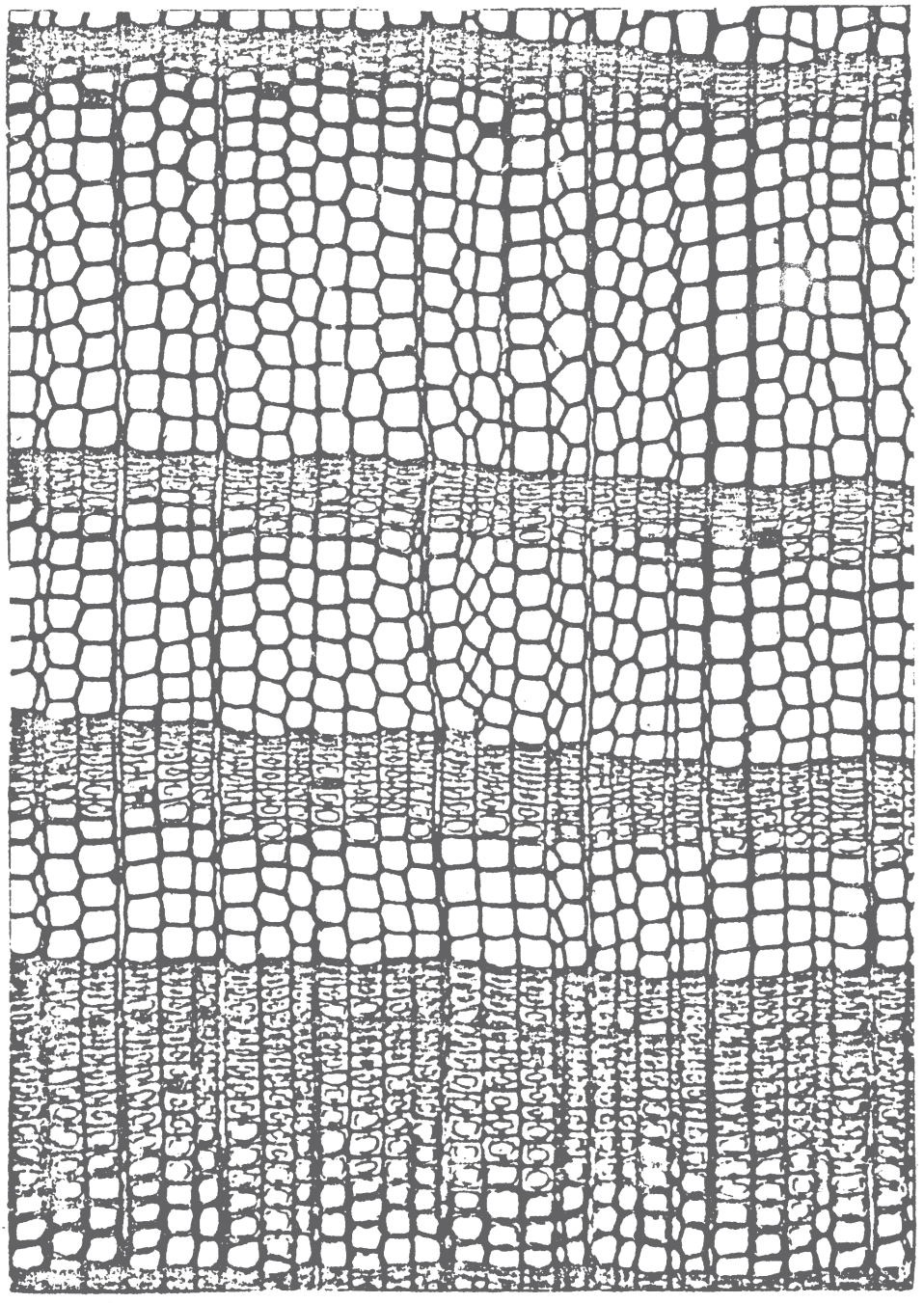
السنوات والفصول:

دوران الأرض حول نفسها وحول الشمس يزودنا بأهم وأنفع القياسات للزمن وهي اليوم والسنة. وأصبح بإمكان الإنسان تثبيت طول السنة على أنها 365 يوماً و5 ساعات و49 دقيقة و12 ثانية.

إن أطوال السنة واليوم مقبولة على أنها أساسية للقياس الزمني ولإثبات رحلة الأرض السنوية المنتظمة حول الشمس يوجد على شكل تأثيرات فصلية، ونظراً لأن محور الأرض مائل على المستوى الذي تتحرك عليه فهناك تغييرات خاصة للضوء والحرارة تتكرر مع الفصول. إن هذه التغييرات ذات تأثير قوي على موارد الغذاء، وبالتالي على نمو النباتات والحيوانات وموضعياً على الأقل على التعرية والنقل والترسيب وتركت آثارها بصورة دائمة في القشرة الأرضية.

حلقات النمو في النباتات والحيوانات:

إن أفضل السجلات الفصلية المعروفة في العضويات الحية هي حلقات الشجرة. إن اتساع وتباعد الحلقات يعتمد على درجة الحرارة والضوء وتغيرات الرطوبة والتي تكون عادة ذات طبيعة موسمية. كل حلقة تتكون من جزئين القسم الذي يسمى الخشب الصيفي الذي له خلايا صغيرة بجدران ثخينة، والخشب الربيعي الذي له خلايا أكبر بجدران رقيقة. إن دراسة حلقات الشجرة تسمى ديندروكرونولوجي dendrochronology التي أدت قسطاً مهماً بتحديد عمر المناطق الأثرية المنفردة خصوصاً في الأجزاء الجافة من الكرة الأرضية حيث أمكن تحديد أعمار بعض المناطق من دراسة القطع الخشبية الموجودة فيها. ووجد العديد من الحلقات في أشجار السيكويا حيث حسب أعمار إحداها فبلغت أكثر من 3 آلاف سنة ولقد وجد أخيراً إحدى أنواع شجرة الصنوبر التي بلغ عمرها 4800 سنة نتيجة لحساب عمرها من الحلقات التي فيها الشكل (4 ـ 5). كما أن في بعض العضويات المائية حلقات نمو تشبه كثيراً تلك في الأشجار، كما أن حراشف الأسماك تكشف عن عمرها بواسطة علامات مشابهة. وبدرجة أقل فهناك الخطوط في الأبر وعظام الأذان للأسماك. وفي نمو المرجان وفي قرون اللبائن وفي عظام الأطراف لبعض الزواحف.



الشكل (4 ـ 5) حلقات النمو

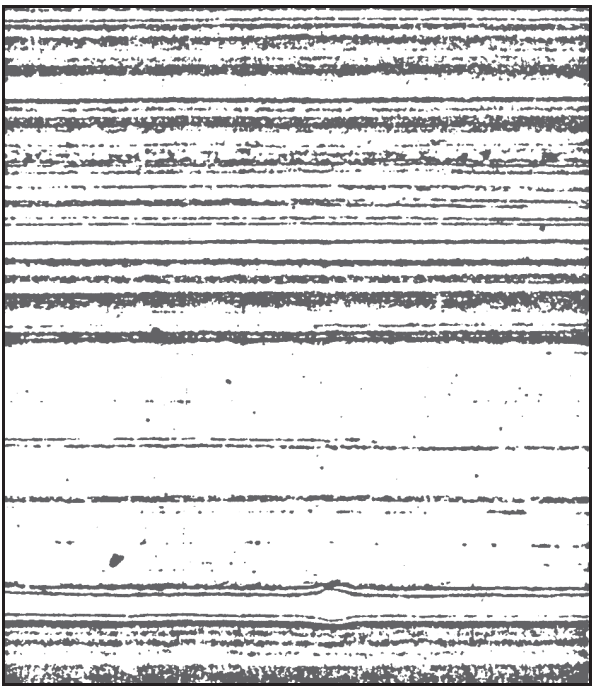
الحلقات الحولية ـ التسجيلات الرسوبية للتغير الموسمي:

إن تأثيرات التغيرات الموسمية لا تؤثر فقط على النباتات والحيوانات بل إنها تؤثر أيضاً على الطبقات الأرضية وذلك عندما تتعرض إلى موسم بارد ورطب وآخر حار جاف فإن التأثير يظهر واضحاً عندما تكون هناك فترة لا يوجد فيها ترسيب ثم تعقبها فترة أخرى تترسب فيها رواسب كثيرة مثل حال الفيضانات في الأنهر. وكل ترسيب يمثل دورة سنوية يدعى فارف Varve. إن أوضح أنواع هذه الترسبات السنوية وأسهلها بالتتبع هي التي ترافق الثلاجات لأن مواسم ذوبان الثلوج وتجمدها تكون مؤشرة بحدة وهناك الكثير من البحيرات والأحواض التي يمكن أن تحفظ فيها الرواسب خلال الموسم الحار عندما تذوب الثلوج. فتترسب كمية كبيرة من الرواسب في المياه المحاذية لها وتترسب طبقة ثخينة نسبياً من رواسب أخشن، وبمجيء الشتاء حين تتوقف المياه عن الجريان وتتغطى البحيرات والأحواض بالجماد لا يحصل هناك ترسيب ولكن خلال هذه الفترة الهادئة فإن الجزيئات الناعمة من الطين وبعض العضويات الميتة تسقط في قيعان البحيرات والأحواض مشكلة طبقة رقيقة من مواد ناعمة وغامقة اللون. وكنتيجة لهذه الظروف فإن كل فارف يتكون من جزئين متدرجين. وكشفت هذه الترسبات السنوية للثلاجة بتراوح سمكها عادة من جزء من السنتمتر إلى عدة سنتمترات. وهكذا فإن السجل لمئات من السنين قد تتجمع بسهولة في إحدى البحيرات أو الأحواض. إن هذه الترسبات تشبه حلقات الشجرة وقد تكون سميكة أو رقيقة معتمدة على طول الموسم ودرجة حرارته كما وأن التغاير بمسافة الفارفات السميكة والخفيفة تهيء للمشتغلين بعلم الأرض الفرصة لتتبع مجموعة واحدة من ترسبات الثلاجات مع مجموعة أخرى مثل مقارنة الأشجار مع بعضها البعض. إن أفضل أنواع رسوبيات المثالج هي تلك التي تتكون في البحيرات نتيجة لذوبان الثلاجات القارية. إن الإثبات للحلقات المنتظمة في الخشب المتحجر والقشرات عندما تؤخذ بالمقارنة مع الرواسب السنوية من كل الأعمار الأرضية توضح بأن التغيرات الموسمية قد أثرت على سطح الأرض لمدة زمنية طويلة، الشكل (4 ـ 6).

المحاولات العلمية لتقدير عمر الأرض

1 ـ محتويات المحيطات من الأملاح:

وقد جرت عدة محاولات لتقدير عمر الأرض كانت إحداها اقتراح قدمه هالي (Edmund Halley) في عام 1715م بأن عمر الأرض يمكن حسابه استناداً إلى محتويات البحار والبحيرات من الأملاح مثل دراسة أملاح البحر الميت الذي ليس لديه منفذ لخروج المياه منه.



الشكل (4 ـ 6) يبين الـVarves وتدل الخطوط الغامقة على وجود المواد العضوية

وقد قام الجيولوجي جولي (J. Jolly) في عام 1891م بأول تقدير لعمر الأرض استناداً إلى هذه الطريقة وذلك بحساب كمية الصوديوم المنقول إلى المحيطات بواسطة أنهار العالم سنوياً، ومن ثم قسم محتويات البحر من الصوديوم وهو 10,56 جزءاً من الألف على ما يضاف سنوياً فيكون الناتج عمر الأرض وقد افترض الفرضيات التالية في عمله:

1 ـ إن مياه البحر الأولية لم تكن مالحة.

2 ـ إن ملح الطعام (NaCl) المتكون من تعرية القشرة الأرضية قد نقل إلى البحر حيث بقي معظمه في حالة ذوبان.

3 ـ إن المعدل الحالي السنوي لإضافة ملح الطعام يمثل المعدل العام لجميع الأزمنة الجيولوجية. وقد حسبت نسبة الأملاح في البحار كما أن كمية الأملاح المضافة جرى حسابها بواسطة عدادات وضعت عند مصبات الأنهار الكبرى وبذلك قدرت الكمية السنوية من الأملاح المضافة إلى البحر.

وحينما تمت هذه التقديرات في عام 1899م كان تقدير عمر الأرض هو 100,000,000 سنة وقد ثبت بعد ذلك عدم صلاحية هذه الطريقة. . . فإن العملية التي اعتمدت عليها هذه الطريقة غير صحيحة لأنها تعتمد على متغيرات يصعب

قياسها، كما أن نسبة حدوث العمليات غير متجانس خلال الأعمار الجيولوجية فهناك اختلاف في معدلات سقوط الأمطار وكميات الملح المضافة أو نسبة التبخر. . . إلخ.

وقد ظهر في النهاية بأن هذه الفترة لا تعتبر كافية لإحداث التطور العضوي، كما أنها في كل الأحوال لا تمثل عمر الأرض الكلي.

2 ـ حساب سمك الرواسب:

إن هذه الطريقة تعتمد على قياس سمك الصخور الرسوبية في العمود الجيولوجي ثم يحسب الزمن اللازم لترسب كل نوع من أنواع الصخور الرسوبية حالياً ومن ذلك نحسب الزمن الذي استغرقه ترسب الأنواع المختلفة من الصخور في العمود الجيولوجي برمته ويكون ذلك عمر الأرض.

مثال:

لنفترض أن سمك الحجر الرملي في العمود الجيولوجي هو 10كم. . . وإن الزمن اللازم حالياً لترسب 10 سنتيمترات من الحجر الرملي هو 10 سنوات فيكون الزمن الذي ترسّب فيه مجمل الحجر الرملي (10كم) في العمود الجيولوجي هو 10 مليون سنة. . . ثم نضيف له الزمن اللازم لترسب الحجر الجيري في العمود الجيولوجي بنفس الطريقة. . . ثم الأزمنة اللازمة لترسب الأنواع الأخرى من الصخور. . . فيكون مجموعها هو عمر الأرض.

وتعود مبادىء فكرة استخدام حساب سمك الصخور المترسبة كأساس لحساب عمر الأرض إلى المؤرخ الإغريقي المعروف هيرودتس الذي لاحظ فيضان نهر النيل واستنتج بأن دلتا النيل قد نمت نتيجة لهذه الزيادة السنوية في كمية المواد الطينية. المحمولة بواسطة النهر والمترسبة في الدلتا. وقدر بأن دلتا النيل قد تكونت خلال عدة آلاف من السنين.

وهناك ترسبات موضعية ومنها يمكن حساب معدل الترسيب وعمره تقريباً. وهي ترسبات الطين التي تعقب الثلاجات(Postglacial varve clay) التي يظهر فيها ترسبات صيفية وأخرى شتوية كحلقات نمو الأشجار.

كما جرت محاولات لتقدير أعمار ترسبات من خلال تعاقب صخور معينة ومن أمثالها طبقات بحيرة النهر الأخضر (Green River Lake) ذات عمر الأيوسين في ولاية وايومنج (Wyoming) الأمريكية. حيث قدر برادلي (Bradley) أن 3,600 قدماً من هذه الترسبات استغرق تكونها 6,500,000 سنة.

كما كان يؤمل بقياس كتلة الصخور الرسوبية بأجمعها، وبقياس زيادة الرواسب المنقولة سنوياً إلى البحر، يمكن حساب كم مضى على فترات التعرية على سطح الأرض. . إلا أننا لا نملك للأسف تأكيداً بأن معدلات التعرية والترسيب متماثلة في كافة الأعمار الجيولوجية كما أن كمية الصخور المترسبة منذ البداية يصعب حسابها. إضافة إلى أن بعض الصخور تتعرض إلى عوامل تعرية وترسيب ثم تعرية ثانية بشكل متعاقب كما أن بعضها تعرض إلى عوامل تحول.

3 ـ النظائر المشعة:

في عام 1895م أعطى بكويرل (Becquerel) تسمية مواد مشعة لظاهرة لاحظها في بعض مركبات اليورانيوم. . فهي تؤثر على أفلام التصوير حتى لو غلفت بمواد سميكة وبعد ثلاث سنوات نجحت مدام كوري (Madame Curie) زوجها بيير كوري (Pierre Curie) بعزل عنصرين مشعين قويين من اليورانيوم من الـ(Pitchblendes) الذي يحمل معدن اليورانيوم. . سمي أحدهما بولونيوم (نسبة إلى بولندة ـ بلد مدام كوري) والآخر راديوم. ثم اكتشفت معادن مشعة أخرى بعد ذلك. . . وقام رذرفورد (Rutherford) في عام 1899 بدراسة الطبيعة الإشعاعية لها. واكتشف أشعة ألفا وأشعة بيتا. وبعد سنة اكتشفت مدام كوري أشعة كاما.

ولاحظ الفيزيائيون والكيميائيون الذين اشتغلوا على النظائر المشعة بأن العناصر قد تفقد قابليتها الإشعاعية ـ أي تتحلل ـ بشكل ثابت ولكن بمعدلات مختلفة. وتمكنوا من تقدير نصف العمر «Half Life» بشكل دقيق وهذا التحلل الإشعاعي لا يتأثر بالعوامل الكيمياوية ولا بالطرق التقنية المستخدمة في المختبرات كما أنه لا يتأثر بالعوامل الجيولوجية. . لذا فقد استند العلماء على هذه العناصر في تحديد أعمار الصخور التي تتواجد بها هذه العناصر المشعة وهناك عدة طرق لتحديد الأعمار بواسطة النظائر المشعة (Radiometric dating):

1 ـ طريقة يورانيوم ـ ثوريوم ـ رصاص.

2 ـ طريقة بوتاسيوم ـ أرجون.

3 ـ طريقة الهليوم ـ ثوريوم ـ اليورانيوم.

4 ـ طريقة الربيديوم ـ سترونتيوم.

وجميع هذه الطرق تعتمد على الحقيقة العلمية لطبيعة هذه العناصر حيث إنها حين تحللها فإن بعض ذراتها (Atoms) تفقد إلكترونات وأجزاءاً من نوياتها

(Nuclei) هذا الفقدان يحول العنصر الأصلي إلى عنصر أو عناصر جديدة. . ونسبة كمية العناصر المتحللة إلى كمية العنصر الأصلي والمحسوبة في أية فترة زمنية تعطي تقديراً لعمر النموذج الذي يحويها وذلك لأن نصف العمر (Half life) ثابت للعنصر الواحد. .

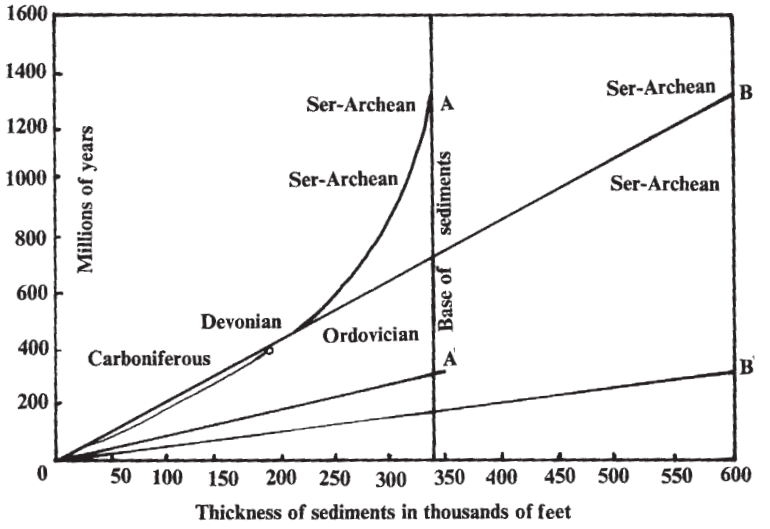
ولسنا في مجال الدخول في تفصيلات عمليات حسابات العمر، إلا أن هذه الطريقة في الحساب رغم دقتها فإنها معرضة لاحتمالات الحسابات الخاطئة نتيجة للدقة التي تحتاجها في العمل واحتمالات تسرب بعض الغازات التي تنتج من عملية التحلل مما قد يعطي نتائج خاطئة. وبذا فإن تقسيم العمود الجيولوجي لا بد الحياة الظاهرة (Phanerozoic Eon) استناداً إلى النظائر المشعة قد تقدم تدريجياً.

وأول من قام بمحاولة بناء العمود الجيولوجي على هذا الأساس هو هولمس (Arthur Holmes) في عام 1913م.

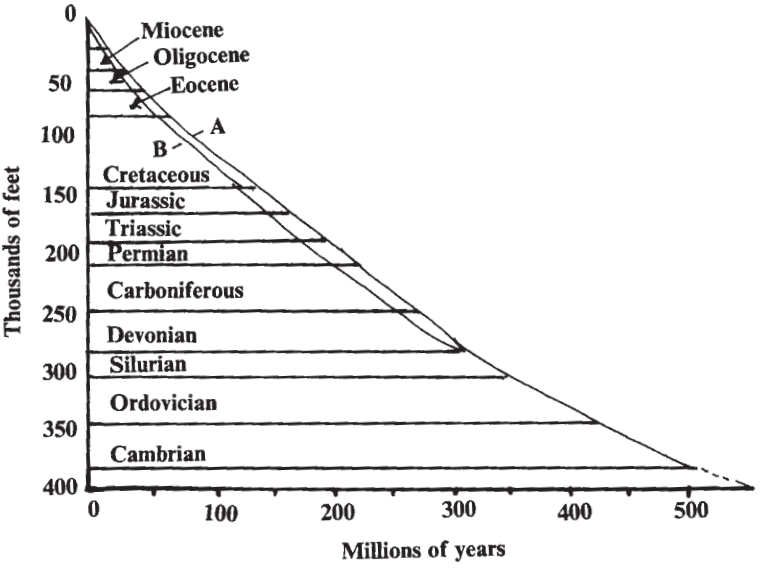
وقد حدد هولمس أربعة أعمار مختلفة لصخور زمن الحياة الظاهرة (Phanerozoic Eon) وذلك لاستخدامه أربع نظائر مشعة مختلفة أو لاستخدامه نظائر متماثلة ولكن من صخور مختلفة. وقد وضع هذه الأعمار التي حصل عليها مع سمك الطبقات الصخرية (لاحظ الشكل 4 ـ 7).

وما يستحق الانتباه إليه فعلاً في هذا الجدول هو أننا لو أخذنا سمك الصخور المترسبة في العمود الجيولوجي منذ الكامبري حتى الآن باعتباره 250,000 قدماً فإن الزمن الجيولوجي لبداية العصر الكامبري هو 600 مليون سنة وهو الزمن الذي حسب لترسيب هذا العمود وهذا الرقم يطابق ما متفق عليه الآن استناداً إلى الحسابات بواسطة النظائر المشعة. . أي أن طريقة حساب سمك الصخور كوسيلة. لحساب عمر الأرض أو العمود الجيولوجي لمنطقة ما جاء صحيحاً في هذه الحالة.

ثم أجرى هولمس حسابات أخرى بواسطة النظائر المشعة (لاحظ الشكل 4 ـ 8) أصدرها عام 1946م والسنوات التي أعقبت ما نشره هولمس في عام 1947م شهدت تطوراً كبيراً في دراسة العناصر المشعة لتحديد أعمار الصخور (Geochronometry) ولم يمضِ عقد من السنين إلا وطرق استخدام بوتاسيوم ـ أرجون (K-Ar). وربيديوم ـ سنتروتيوم (Rb-Sr) لتحديد الأعمار وقد حدد بشكل ثابت.



الشكل (4 ـ 7) جدول الزمن الجيولوجي باستعمال النظائر المشعة استناداً إلى ثلاثة أعمار تعود إلى الـ(Phanerozoic) واثنان إلى ما قبل الكامبري (Precambrian) وقد رسم الخط (A) على افتراض أن معدل الترسبات كان أبْطَأ في الـ(Precambrian) والخط (B) على افتراض أن معدل الترسبات في الـ(Precambrian) كان مساوياً لمعدل الترسبات في أبد الحياة الظاهرة (الكامبري وما بعده) (Phanerozoic) . . الخطوط (A) و(B) تمثل أعماراً اشتقت من معلومات جيولوجية بحتة وهي تشير إلى عمر ٣٠٠ مليون سنة .

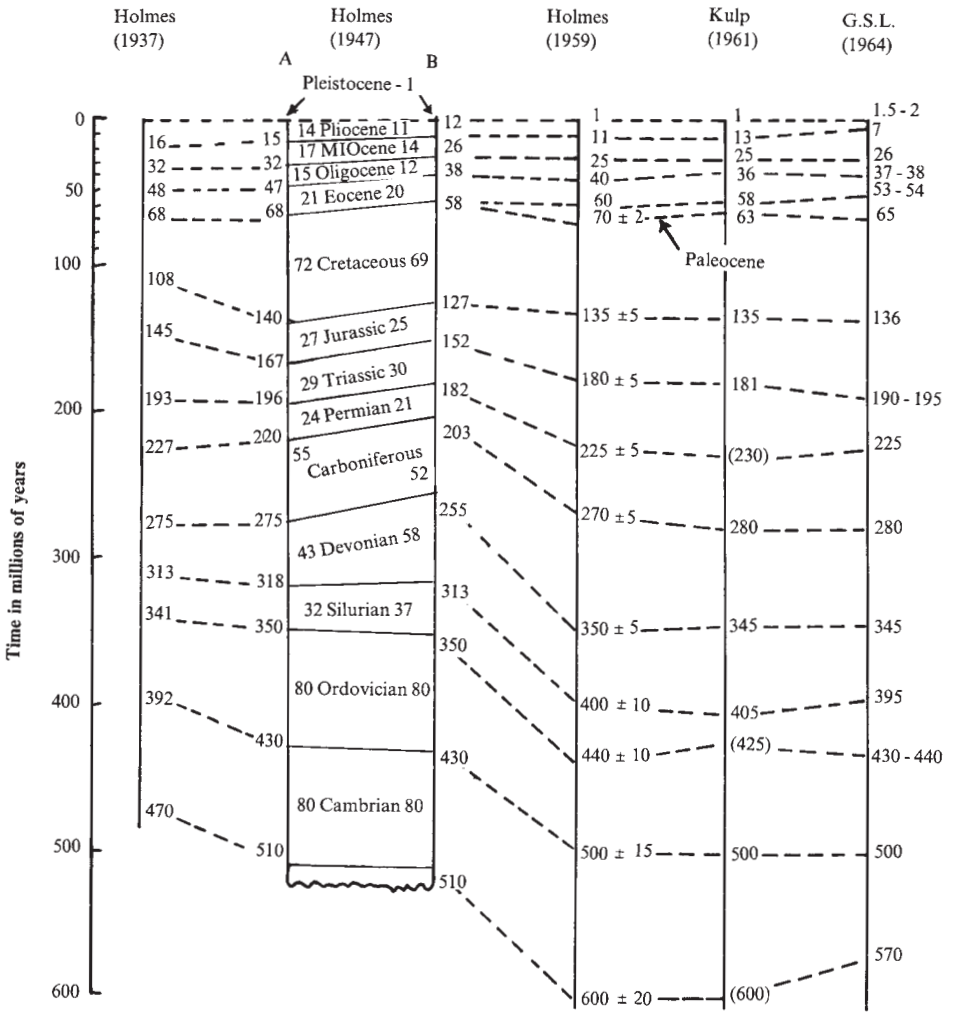


الشكل (4 ـ 8) مقياس الزمن الجيولوجي المقترح من هولمس (Holmes) في عام 1947م المنحنيات مبينة على الأعمار الأكثر احتمالاً لمعادن مشعة (radioactive) وعلى أعلى سمك للأنظمة(Systems) في العالم المنحنيات (A) و(B) تمثل التعيين المتعاقب الموضح في الشكل (4 ـ 7) .

(المصدر Kummel, 1970) .

ثم أصدر جدولاً آخر (لاحظ جدول 4 ـ 3) وفيه حسابات هولمس للأعوام 1937م، 1947م، 1959م وكالب (Kulp) لعام 1961م، والأحرف «G. S. L.» الواردة في الجدول لعام 1964م تعني دراسة «الجمعية الجيولوجية البريطانية» (Geological Society of London). أي ما يعتبر أحدث قياس للعصور الجيولوجية.

الجدول (4 ـ 3) أعمار العصور الجيولوجية



(المصدر Kummel, 1970)

ثم تقدمت الوسائل التقنية واشتقاق الأعمار الجيولوجية وكان السؤال بعد ذلك: ما هو عمر أقدم الصخور في الأرض؟ ما هي أقدم الصخور التي تحتوي على دلائل الحياة العضوية؟ أي ما هي أقدم المتحجرات؟.. وأخيراً ما هو عمر الأرض؟

وقد تم تقدير عمر الأرض بـ4,5 بليون سنة ـ وهذا التقدير اعتمد أيضاً على الدراسات الفضائية (الأرض وعلاقتها بالمجموعة الشمسية).

وعمر أقدم الصخور هو +3,6 بليون سنة. وعمر أقدم صورة من صور الحياة هي لأحياء دقيقة تشبه البكتيريا شخصت من طبقات الصوان السوداء في إفريقيا الجنوبية وهو +3,1 بليون سنة...

وكما يشير الكاتب باسكوم (W. Bascom) فإن حياة الإنسان بكاملها هي صفحة واحدة من تاريخ الأرض الذي يمثل 500,000 صفحة ومن هذه الصفحة فإن التاريخ المدون يمثل السطر الأخير منه..

لذا فإن ما يعرفه علماء التاريخ والمهتمون بتاريخ العلوم وغيرهم لا يمثل إلا جزءاً أو كلمات من السطر الأخير من كتاب تاريخ الأرض العظيم الذي ما زلنا لا نعلم عنه إلا النزر اليسير. وعلى الرغم من أهمية طريقة استخدام النظائر المشعة فإن هناك بعض السلبيات التي تحيط بهذه الطريقة وهي:

أ ـ الصعوبة التقنية في دراستها.

ب ـ احتمالات الخطأ أثناء العمل واردة جداً.

جـ ـ عدم احتواء جميع الصخور على مواد مشعة.

د ـ إنها تعطي عمر بلورات المعادن (المشعة) الموجودة في الصخور ولا يعرف دائماً العلاقة بين المعادن والصخور التي تحويها فقد لا تكونان بنفس العمر.

هـ ـ في حالات عدة فإن العمر الذي نحصل عليه هو عمر الصخرة المتحولة أو العمليات التي أعقبت تكون الصخرة وليس عمر تكون الصخرة نفسها.

4 ـ الانعكاس المغناطيسي (مغناطيسية الأرض): (Geomagnetic reversals)

خلال السنوات العديدة الماضية تم إنجاز مقياس للزمن باستخدام نظائر البوتاسيوم ـ أركون والانقلاب القطبي (Polarity reversals) لمجال الأرض المغناطيسي (تشخص آثارها بصورة كبيرة في الصخور النارية وأيضاً في الصخور الرسوبية). إن هذا المقياس قد توسع وتحسنت طريقته وأصبح يعطي تفصيلات دقيقة إلى سنوات تعود إلى 4 ـ 5 ملايين سنة (البلايستوسين والبلايوسين).

وسوف نتطرق بصورة أكثر تفصيلية عن هذا الموضوع في الفصل الخامس من الكتاب.

5 ـ التغيرات المناخية القديمة: (Paleoclimatic Changes)

إن الاعتقاد بأن التغيرات في المناخ على عموم سطح الأرض قد ترك تأثيره في الصخور التي تعتمد عليها التقسيمات الطباقية الزمنية.

إن هناك أدلة تشير إلى أنه حدثت تغيرات قوية ومؤثرة في درجة الحرارة والمناخ خلال تاريخ الأرض وأن بعضها ربما كان لأسباب خارجة عن نطاق الأرض، ولذا فقد تكون قد أثرت على الأرض برمتها. إن ظواهراً من هذا النوع قد تركت آثارها على السجل الجيولوجي بشكل الترسبات الجليدية، التبخرات، الطبقات الحمراء، ترسبات فحم المستنقعات، التغيرات المتحجرات.. إلخ. ولكن يعتقد بأن تلك الترسبات لم تعم على العالم كله بسبب التغيرات الاعتيادية الناتجة عن الاختلاف في مواقع الجغرافية حسب خطوط العرض والارتفاع عن سطح البحر، والدورات البحرية، وعوامل موضعية أخرى ذات تأثير على المناخ.

ويظهر أن هناك أدلة ثابتة في أن درجات الحرارة القديمة التي تؤرخ بواسطة النظائر المشعة قد تأثرت بذبذبات متكررة في نهاية البلايستوسين (العصر الجليدي).

6 ـ الجغرافية القديمة والتغير العام في مستوى البحر:

إن تعاقب تقدم البحر وتراجعه قد قدم قاعدة لتقسيم تعاقب الطبقات موضعياً بين المناطق. ومعظم الوحدات الطباقية الزمنية لأوروبا الغربية استحدثت على هذا الأساس. وكنتيجة للحركات القارية (Epeirogenic) يظهر بأن بعض الفترات قد امتازت في جميع أنحاء العالم بارتفاع عام أو انخفاض للقارات بالنسبة لمستوى سطح البحر.

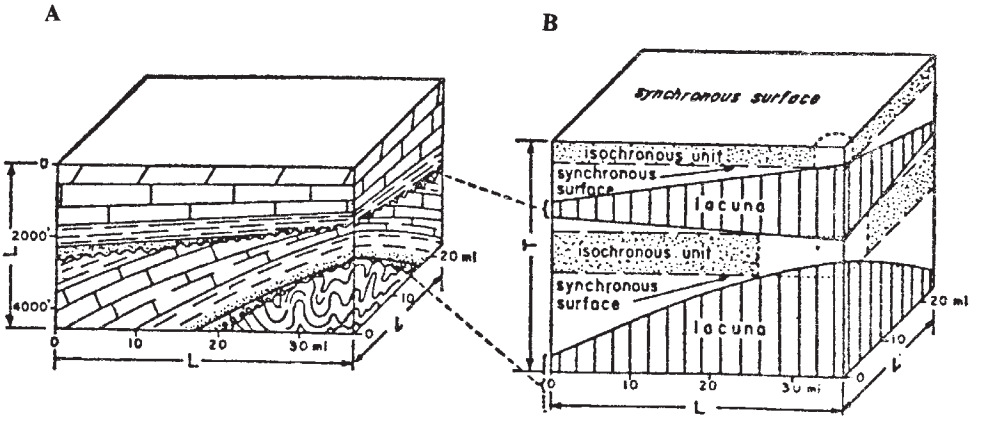
ورغم ذلك فإن حدوث حركات وارتفاعات موضعية في قشرة الأرض كانت بشكل كبير ومتغير جداً بحيث عقدت السجلات الأساسية في قشرة الأرض، إضافة لذلك فإن التمييز بين رسوبيات تقدم البحر ورسوبيات تراجع البحر قد لا تكون في بعض الأحيان واضحة. ومع ذلك فإن إعادة بناء أو تصور الجغرافية القديمة من عدة أدلة مثبتة في كل الصخور قد أعطى واحدة من أهم الوسائل لتشخيص الاتجاهات الرئيسية في تاريخ الأرض وذات قيمة في التقسيمات الطباقية الزمنية.

المضاهاة الطباقية الزمنية:

لقد كان اعتقاد الجيولوجيين في السابق وتحت تأثير فرضية الكوارث بأن

الزمن الجيولوجي يمكن تقسيمه إلى دهور جيولوجية (Eras) وعصور (Periods) نتيجة للارتفاعات التي حدثت على سطح الأرض في فترات جيولوجية ماضية فوق سطح الأرض برمتها. إلا أن الجيولوجيين أدركوا بعد ذلك أن هناك حالة توازن في القشرة الأرضية (Isostasy) ففي الوقت الذي ترتفع فيه منطقة من الأرض فإن هناك انخفاضاً في منطقة مجاورة، وكما نعلم فإن الارتفاع يؤدي إلى التعرية والانخفاض يؤدي إلى ترسيب فيها. لذا فلا توجد هناك حركات ارتفاع أرضية بمستوى عالمي لكي تستخدم كسطح يمثل حدود متماثلة في العمر في جميع المناطق.

ولقد عبر كرومباين وسلوس في كتابهما Stratigraphy and Sedimentation (1963) عن تمثيل الأطوال المختلفة في المقاطع الجيولوجية بأشكال مجسمة (لاحظ الشكل 4 ـ 9) حيث يمثل الحرفين «L» الأفقيين الطول والعرض بالأميال والحرف «L» في الموقع العمودي السمك بالأقدام. . وفي الدراسات الطبقية الزمنية فإن السمك يمثل أيضاً الزمن الجيولوجي، لذا فإن الشكل (B) قد تمثل فيه الحرف «T» عمودياً بدلاً من «L» وقد عبر عن الشكل المجسم «B» بمصطلح المساحة ـ الزمن لأن البعديْن «L» يمثلان مساحة والعمودي يمثل الزمن.



شكل (4 ـ 9) المضاهاة الطباقية الزمنية (المصدر Krumbein & Sloss, 1963)

إن الشكل المجسم «A» فيه جميع المناطق مملوءة بالصخور مع وجود عدم توافق في منطقتين. والشكل المجسم «B» هو توضيح للشكل «A» مع تبديل المحور العمودي من طول «L» إلى زمن «T» وبذلك تظهر فيه فجوات وهذه الطريقة كما ذكرنا تماثل الطريقة التي عبر فيها الجيولوجيون في كتاب Lexicon وكتاب جيولوجية شمال العراق عن بعض المناطق في العراق حيث كان البعد العمودي يمثل الزمن الجيولوجي وظهرت فيه فجوات.

والفجوات التي سميناها (Hiatus) قد أطلق عليها ويلر مصطلح «Lacuna» أو فجوة (Gaps) لذا فإننا نجد أن المصطلحين متماثلان.

وأشار إلى أن الـ«Lacunas» تمثل أطول فترة من الزمن في محور التحدب والمتمثل بالشكل «A».

إن مقدار الزمن الممثل بالوحدات الطباقية قد تقلص بواسطة عدم الترسب التي تظهر بتداخل فوق سطح عدم التوافق وبالتعرية (والتي يمثلها تقطع الصخور تحت سطح عدم التوافق) وقد اقترح ويلر (Wheeler) عام 1958م بأن ذلك الجزء من الفجوة Lacuna في الشكل الذي يمثل مساحة ـ زمن والذي ينتج من إزاحة صخور ترسبت سابقاً مصطلح «فراغ تعرية» (Erosional vacuity) بينما اقترح استعمال مصطلح «Hiatus» كنتيجة لعدم ترسب. . . وقد استعمل كرابو (Grabau) في عام 1906م نفس المصطلح «Hiatus» بنفس المفهوم الذي استخدمه ويلر.

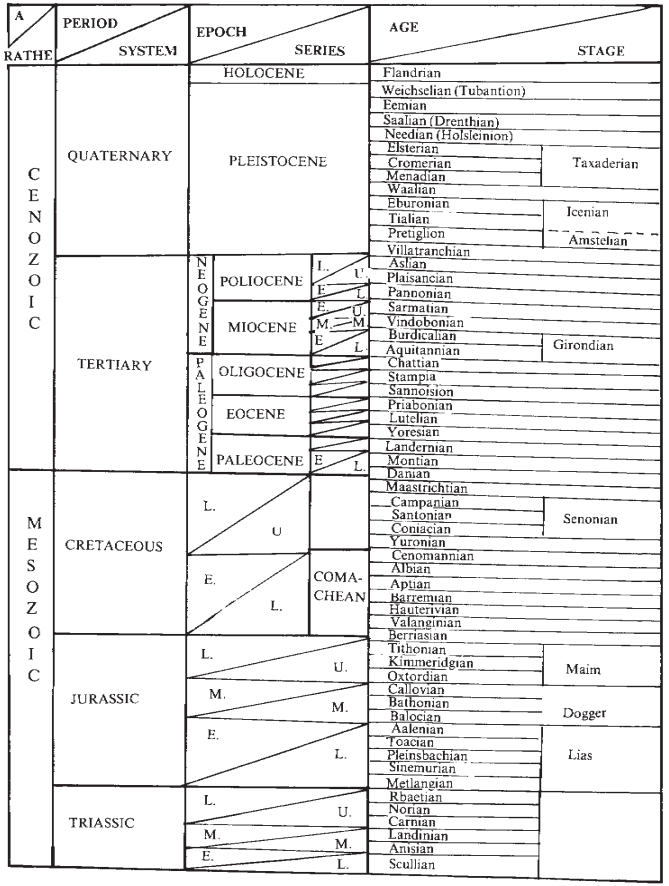
بالإضافة إلى ذلك فإن كتلة المساحة ـ الزمن في الشكل «B» يختلف في مجال آخر عن الشكل «A». . ففي «A» فإن البعد العمودي هو طول سمك طباقي أو عمق أسفل المستوى المرجعي (Datum plane) والذي يمكن قياسه بدقة.

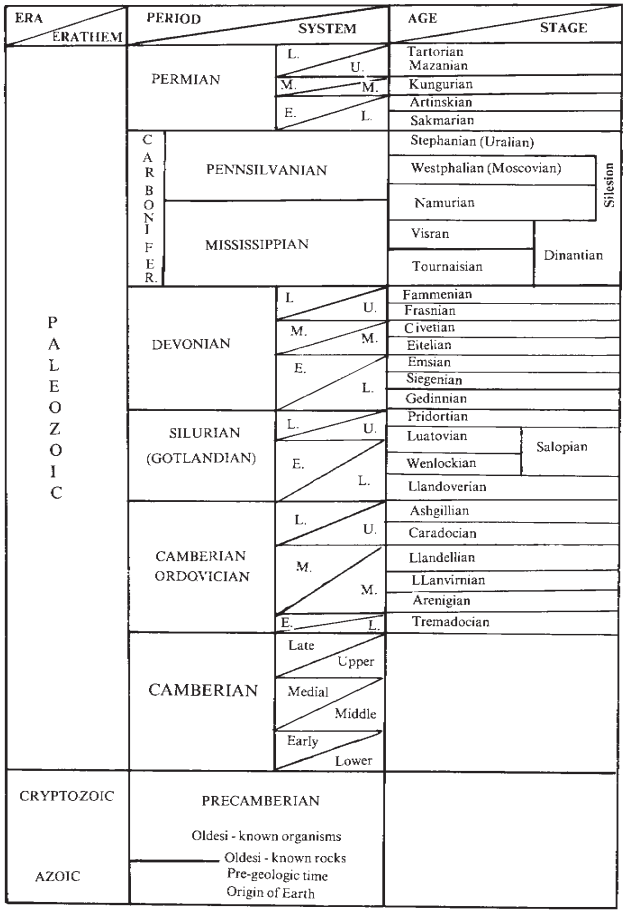
في ختام الفصل نضع عدة جداول للوحدات الزمنية الجيولوجية فالجدول (4 ـ 4) يوضح هذه الوحدات ابتداءً من تقسيمات كل دهر (Era) وحتى المرحلة(Stage) والجدول (4 ـ 5) هو تقسيم آخر للجزء الأسفل من الجدول (4 ـ 4) حيث ترد فيه تقسيمات تفصيلية لفترة «ما قبل الكامبري» (Precambrian).

الجدول (4 ـ 6) يوضح الأزمنة الجيولوجية والحياة التي ازدهرت في كل فترة أو امتازت بها. أما الجدول (4 ـ 7) فهو تقسيم للأزمنة الجيولوجية ابتداءً من الوحدات الأيون (Eon) وحتى الحين [Epoch] وتظهر فيه أهم الأحداث الجيولوجية والحياتية. كما ننبه القارىء إلى ملاحظة التباين في تقسيمات دهر الحياة الحديثة (Cenozoic) بين الجدولين (4 ـ 6) و(4 ـ 7).

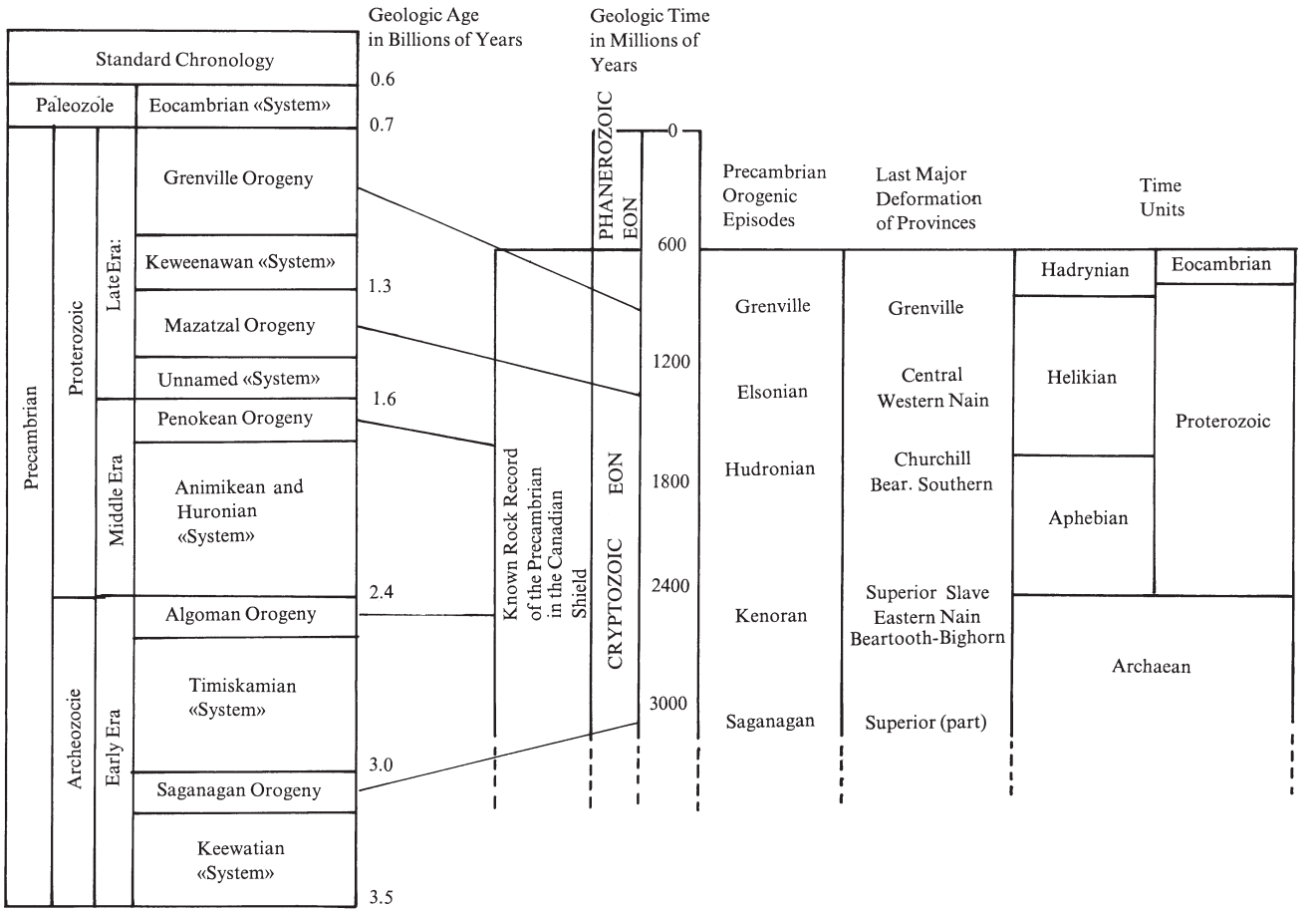
الجدول (4 ـ 8) يوضح الفرق بين التقسيمات المستخدمة في أمريكا الشمالية (الولايات المتحدة الأمريكية وكندا) وأوروبا بصورة عامة.

الجدول (4 ـ 4) الوحدات الزمنية الجيولوجية والوحدات الطباقية الزمنية





جدول (4 ـ 5) التاريخ الجيولوجي في فترة ما قبل الكامبري للدرع الكندي



جدول (4 ـ 6) الأزمنة الجيولوجية . والمتحجرات التي ازدهرت في كل فترة أو امتازت بها .

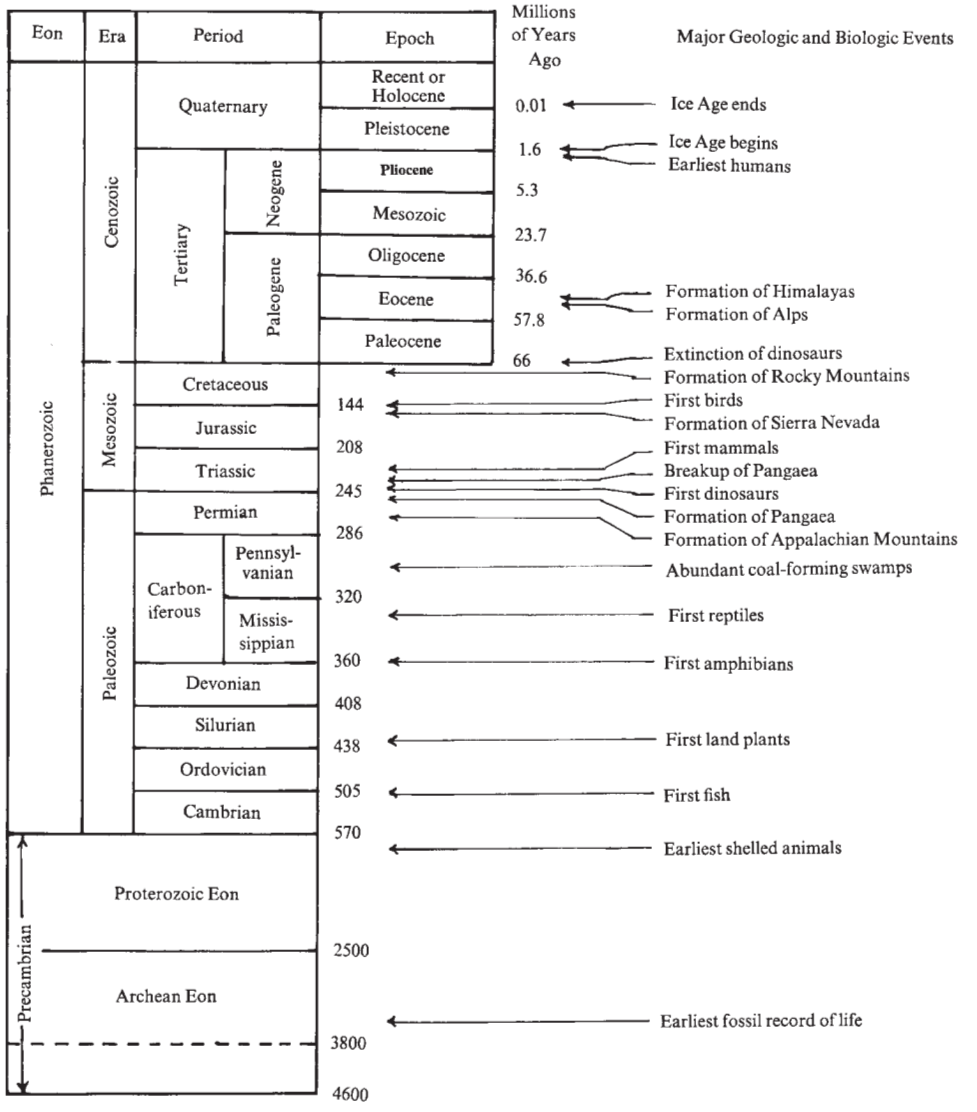
Eras	Periods	Alternate Periods	Epochs (North America)	Duration (in millions of years)	Abundant or Characteristic Fossil Groups	
				265 - 280 M. Y. Ago		
Paleozoic Era	Carboniferous Period	Pennsylvanian Period	Kawvian Epoch	45 - 55 M. Y.	Fusuline Forams Rugose Corals Conularids Cryptostome Bryozoa Chonetid Brachs Productid Brachs Davidsoniid Brachs Athyridid Brachs Spiriferid Brachs Goniatite Ammonoids Xiphosurans	Insects Arachnids Crinoids Blastoids Perischoechinoids Conodonts Sharks Amphibians Lycopods Sphenopsids Seed Ferns Cordaites
			Oklan Epoch			
			Ardian Epoch	310-325 M. Y. Ago		
		Mississippian Period	Tenessean Epoch	65-80 M.Y.		
			Waverlyan Epoch	20-35 M. Y.		
				345 - 355 M. Y. Ago		
	Devonian period		Chatauquan Epoch	50 - 65 M.Y.	Glass Sponges Stromatoporoids Rugose Corals Cryptostome Bryozoa Chonetid Brachs Rhynchonellid Brachs Athyridid Brachs Atrypid Brachs	Spiriferid Brachs Tentaculites Phacopid Trilobites Ostracods Crinoids Conodonts Fish Psilophytes
			Senecan Epoch			
			Erian Epoch			
			Ulsterian Epoch			
				395 - 410 M. Y. Ago		
	Silurian Period		Cayugan Epoch	20 - 35 M. Y.	Sponges Stromatoporoids Tabulate «Corals» Rhynchonellid Brachs Pentamerid Brachs	Illaenid Trilobites Calymenid Trilobites Eurypterids Graptoloid Graptolites
			Niagaran Epoch			
			Medinan Epoch			
				425 - 430 M. Y. Ago		
	Ordovician period		Cincinnatian Epoch	50 - 75 M. Y.	Receptaculitids Tabulate «Corals» Trepostome and Cystoporate Bryozoa Inarticulate Brachs Orthid Brachs Strophomenid Brachs Nautiloid Cephalopods	Ptychopariid Trilobites Asaphid Trilobites Trinucleid Trilobites Cheirurid Trilobites Edrioasteroids Cystoids Graptoloid Graptolites Conodonts
			Champlainian Epoch			
			Canadian Epoch			
				475 - 500 M. Y. Ago		
	Cambrian Period		Croixian Epoch	95 - 125 M. Y.	Archaeocyaths Inarticulate Brachiopods Hyolithans Redlichiid-Olenellid Trilobites	Corynexochid Trilobites Ptychopariid Trilobites Agnostid Trilobites
			Albertan Epoch			
			Waucoban Epoch			
				570 - 600 M. Y. Ago		
	Eocambrian Period			50 - 100 M. Y.	Jellyfish	Annelid Worms
				650 - 700 M. Y. Ago		
Precambrian or Cryptozoic				3,910 - 3,930 M. Y.	Bacteria Blue-Green Algae	Creen Algae Acrita Fungi
			Oldest Rocks — ± 3.8 B.Y. Old			

تابع الجدول (4 ـ 6)

GEOLOGIC TIME SCALE

Eras	Periods	Alternate Periods	Epochs (North America)	Duration (in millions of years)		Abundant or Characteristic Fossil Groups	
Cenozoic Era	Neogene Period	Quaternary Period	Holocene Epoch	24 M. Y.	3 M. Y.	Charophytes Coccolithophores Diatoms Dinoflagellates Red Algae Rotaliine Forams Radiolaria Hexacorals Cheilostome Bryozoa Terebratulid Brachs Scaphopods Gastropods Pelecypods	Ostracods Barnacles Malacostracan Crustaceans Insects Starfish Cassiduloid, Clypeasteroid, and Spatangoid Echinoids Fish Birds Mammals Angiosperms
			Pleistocene Epoch				
		Tertiary Period	Pliocene Epoch		63 M. Y.		
			Miocene Epoch				
	Paleogene Period		Oligocene Epoch	41 M. Y.			
			Eocene Epoch				
			Paleocene Epoch				
			65 M. Y. Ago				
Mesozoic Era	Cretaceous Period		Gulfian Epoch Comanchean Epoch Coahuifan Epoch	60 - 71 M. Y.		Charophytes Coccolithophores Diatoms Dinoflagellates Rotaliine Forams Radiolaria Tintinnids Sponges Hexacorals Cyclostome and cheilostome Bryozoa	Terebratulid Brachs Gastropods Pelecypods Ammonitic Ammonoids Belemnites Ostracods Holectypoid, Perischoechinoid, euechnoid, and Spatangoid Echinoids Archosaur Reptiles
			125 - 136 M. Y. Ago				
	Jurassic Period		Upper Jurassic Epoch Middle Jurassic Epoch Lower Jurassic Epoch	45 - 60 M. Y.		Dasycladaceous Algae Dinoflagellates Radiolaria Tintinnids Rhynchonellid Brachs Ammonitic Ammonoids Belemnites	Disasteroid Echninoids Archosaur Reptiles Ferns Cycadeoids Conifers Gingkos
			180 - 195 M. Y. Ago				
	Triassic Period		Upper Triassic Epoch Middle Triassic Epoch Lower Triassic Epoch	35 - 45 M. Y.		Dasycladaceous Aglae Spongiomorphids Ceratite Ammonoids Aulacocerids	Branchiopods Mammal-Like Reptiles Conifers Pectinid Pelecypods
			220 - 230 M, Y. Ago				
Paleozoic Era (continued)	Permian Period		Upper Permian Epoch Lower Permian Epoch	35 - 55 M. Y.		Fusuline Forams Cryptosome Bryozoa Chonetid Brachs Productid Brachs Davidsoniid Brachs	Goniatite Ammonoids Insects Amphibians Mammal-Like Reptiles Glossopterids
			265 - 280 M. Y. Ago				

جدول (4 ـ 7) الأزمنة الجيولوجية وأهم الأحداث الجيولوجية والحياتية .



جدول (4 ـ 8) تقسيمات الأزمنة الجيولوجية في أوروبا الشمالية وأمريكا الشمالية

Europe	North America
ROCKS OF CENOZOIC ERA	ROCKS OF CENOZOIC ERA
NEOGENE SYSTEM[1]	NEOGENE SYSTEM[1]
Pleistocene Series (including Recent)	Pleistocene Series (including Recent)
Pliocene Series	Pliocene Series
Miocene Series	Miocene Series
PALEOGENE SYSTEM	PALEOGENE SYSTEM
Oligocene Series	Oligocene Series
Eocene Series	Eocene Series
Paleocene Series	Paleocene Series
ROCKS OF MESOZOIC ERA	ROCKS OF MESOZOIC ERA
CRETACEOUS SYSTEM	CRETACEOUS SYSTEM
UPPER Cretaceous Series	Gulfian Series (Upper Cretaceous)
Maastrichtian Stage[2]	Navarroan Stage
Campanian Stage[2]	Tayloran Stage
Santonian Stage[2]	Austinian Stage
Coniacian Stage[2]	
Turonian Stage	Woodbinian (Tuscaloosan) Stage
Cenomanian Stage	Comanchean Series (Lower Cretaceous)
	Washitan Stage
Lower Cretaceous Series	
Albian Stage	Fredericksburgian Stage
	Trinitian Stage
Aptian Stage	Coahuilan Series (Lower Cretaceous)
Barremian Stage[3]	Nuevoleonian Stage
Hauterivian Stage[3]	
Valanginian Stage[3]	Durangoan Stage
Berriasian Stage[3]	
JURASSIC SYSTEM	JURASSIC SYSTEM
Upper Jurassic Series	Upper Jurassic Series
Portlandian Stage[4]	Portlandian Stage
Kimmeridgian Stage	Kimmeridgian Stage
Oxfordian Stage	Oxfordian Stage
Middle JurassicSeries	Middle Jurassic Series
Callovian Stage (or Upper Jurassic)	Callovian Stage (or Upper Jurassic)
Bathonian Stage	Bathonian Stage
Bajocian Stage	Bajocian Stage

Lower Jurassic Series (Liassic)	Lower Jurassic Series (Liassic)
Toarcian Stage	Toarcian Stage
Pliensbachian Stage	Pliensbachian Stage
Sinemurian Stage	Sinemurian Stage
Hettangian Stage	Hettangian Stage
TRIASSIC SYSTEM	TRIASSIC SYSTEM
Upper Triassic Series	Upper Triassic Series
Rhaetian Stage[5]	(Not recognized)
Norian Stage	Norian Stage
	Carnian Stage
Carnian Stage	
Middle Triassic Series	Middle Triassic Series
Ladinian Stage	Ladinian Stage
Anisian Stage (Virglorian)	Anisian Stage
Lower Triansic Series	Lower Triassic Series
Scythian Series (Werfenian)	Scythian Stage
ROCKS OF PALEOZOIC ERA	ROCKS OF PALEOZOIC ERA
PERMIAN SYSTEM	PERMIAN SYSTEM
Upper Permian Series	Upper Permian Series
Tartarian Stage[6]	Ochoan Stage
Kazanian Stage[7]	Guadalupian Stage
Kungurian Stage	Lower Permian Series
Lower Permian Series	
Artinskian Stage[8]	Leonardian Stage
Sakmarian Stage	Wolfcampian Stage
CARBONIFEROUS SYSTEM	PENNSYLVANIAN SYSTEM
Upper Carboniferous Series	Kawvian Series (Upper
Stephanian Stage	Pennsylvanian)
	Virgilian Stage
	Missourian Stage
Westphalian Stage	Oklan Series (Middle Pennsylvanian)
	Desmoinesian Stage
	Bendian Stage
	Ardian Series (Lower Pennsylvanian)
	Morrowan Stage
	MISSISSIPPIAN SYSTEM
	Tennesseean Series (Upper
	Mississippian)
Namurian Stage	Chesteran Stage
Lower Carboniferous Series	
Viséan Stage	Meramecian Stage

	Waverlyan Series (Lower Missisippian
	Osagian Stage
Tournaisian Stage	Kinderhookian Stage
Strunian Stage	
DEVONIAN SYSTEM	DEVONIAN SYSTEM
	Chautauquan Series (Upper Devonian)
Upper Devonian Series	
Famennian Stage	Conewangoan Stage
	Cassadagan Stage
Frasnian Stage	Senecan Series (Upper Devonian)
	Chemungian Stage
	Fingerlakesian Stage
Middle Devonian Series	Erian Series (Middle Devonian)
Givetian Stage	Taghanican Stage
	Tioughniogan Stage
Couvinian Stage	Cazenovian Stage
	Ulsterian Series (Lower Devonian)
Lower Devonian Series	
Coblenzian Stage	Onesquethawan Stage
	Deerparkian Stage
Gedinnian Stage	Helderbergian Stage
SILURIAN SYSTEM	SILURIAN SYSTEM
Ludlow Series	Cayugan Series
	Includes age equivalents of middle and upper Ludlow (in New York)
	Niagaran Series
Wenlock Series	Includes age equivalents of upper Llandovery, Wenlock, and lower Ludlow (in New York)
	Medinan Series
Landovery Series	Includes age equivalents of lower and middle Llandovery (in New York)
ORDOVICIAN SYSTEM	ORDOVICIAN SYSTEM
	Cincinnatian Series (Upper Ordovician)
	Richmondian Stage
	Maysvillian Stage
Ashgill Series	Edenian Stage

	Champlainian Series (Middle
Caradoc Series	Ordovician)
	Mohawkian Stage
	Trentonian Substage
	Blackriveran Substage
Llandeilo Series	Chazyan Stage
Llanvirn Series	
Arenig Series	Canadian Series (Lower Ordovician)
Tremadoc Series	
CAMBRIAN SYSTEM	CAMBRIAN SYSTEM
Upper Cambrian Series	Croixian Series (Upper Cambrian
	Trempealeauan Stage
	Franconian Stage
	Dresbachian Stage
Middle Cambrian Series	Albertan Series (Middle Cambrian)
Lower Cambrian Series	Waucoban Series (Lower Cambrian)
EOCAMBRIAN SYSTEM	EOCAMBRIAN SYSTEM
ROCKS OF PRECAMBRIAN AGE	ROCKS OF PRECAMBRIAN AGE

RAYMOND C. MOORE

1 - Considered by some to exclude post-Pliocene deposits.

2 - Classed as division of Senonian Subseries.

3 - Classed as division of Neocoiman Subseries.

4 - Includes Purbeckian deposits.

5 - Interpreted as lowermost Jurassic in some areas.

6 - Includes some Lower Triassic and equivalent to upper Thuringian (Zechstein) deposits.

7 - Equivalent to lower Thuringian (Zechstein) deposits.

8 - Equivalent to upper Autunian and part of Rotliegend deposits.

9 - Classed as uppermost Cambrian by some geologists.

الفصل الخامس

الوحدات الطباقية المغناطيسية

(Magnetostratigraphic Units)

المجال المغناطيسي للأرض:

قبل التطرق إلى تفصيلات المضاهاة باستخدام المغناطيسية القديمة، لا بد من الإشارة إلى طبيعة المجال المغناطيسي للأرض ومغناطيسية الصخور وغيرها من المفردات العلمية ذات الصلة بالموضوع.

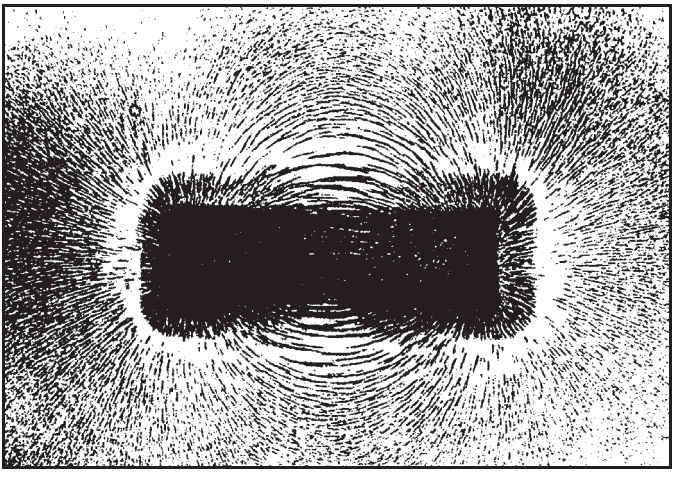
إن العمليات التي تشكل المجال المغناطيسي تحدث في لب الأرض وأن حركة السوائل التي تسيرها التيارات مما يشكل ديناميكية تولد المجال المغناطيسي الأرضي ويظهر عموماً بصورة مناظرة لمحور حركة الأرض.

تتعلق المغناطيسية القديمة أساساً بدراسة المغناطيسية المتبقية للصخور (Natural Remanent Magnetization) وتختصر (NRM) وهذه المغناطيسية تتناسب كمّاً واتجاهاً مع شدة المجال المغناطيسي الأرضي القديم. ومن أجل أن نفهم المغناطيسية المتبقية (NRM) لا بد أن نستعرض نبذة مختصرة عن المجال المغناطيسي الأرضي Earth' magnetic field.

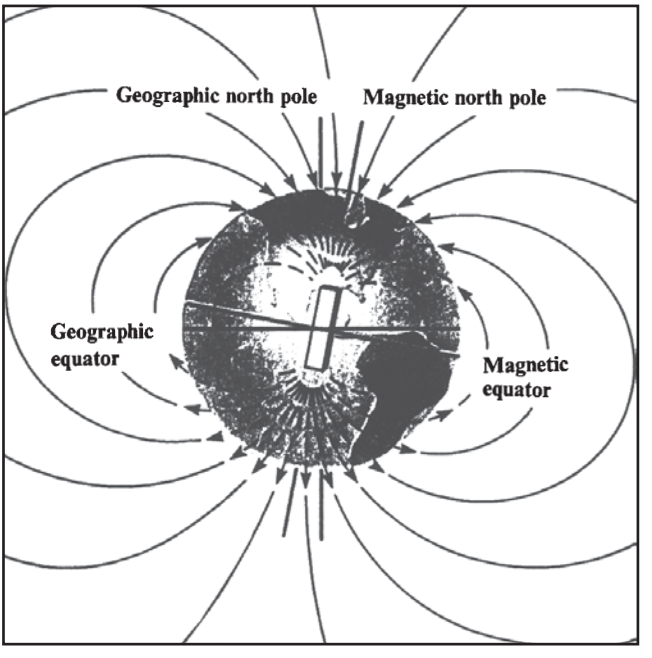
يعتبر الجيوفيزيائيون أن الكرة الأرضية عبارة عن مغناطيس ثنائي القطبين وأن للأرض مجالاً مغناطيسياً أرضياً Earth Magnetic Field مصدره هو لب الأرض وأن خطوط هذا المجال مرتبة بحيث تخرج من القطب الشمالي وتتجه إلى القطب الجنوبي مارة خلال مركز الأرض (شكل 5 ـ 1 و5 ـ 2 و5 ـ 3). إن خطوط المجال المغناطيسي تشكل غلافاً مغناطيسياً حول الأرض وهو ما يسمى الكرة المغناطيسية (Magnetosphere) والذي له أهمية في حماية الأرض من الأشعة الكونية المؤذية.

وللمجال المغناطيسي ميل عن الأفق بزاوية تسمى زاوية الانحراف Angle of inclination) وعلى ذلك فإن قطبي المجال المغناطيسي لا ينطبقا مع مواقع القطب

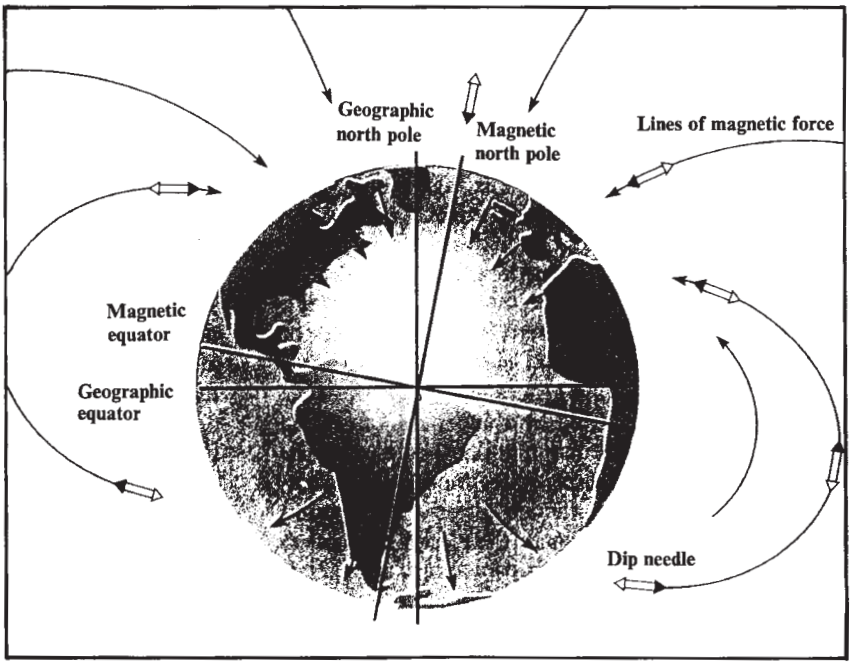
الشمالي والقطب الجنوبي الجغرافيين وتكون بينهما زاوية قدرها 11,5 (شكل 5 ـ 3).



شكل (5 ـ 1) يوضح انتظام برادة الحديد حول قضيب مغناطيسي



شكل (5 ـ 2) المجال المغناطيسي الأرضي



شكل (5 ـ 3) الأقطاب الجغرافية والمغناطيسية

إن هذا المجال يؤثر على قطع الحديد الممغنطة والمتواجدة إمّا في البراكين التي بردت أو في الرسوبيات وتنتظم هذه القطع باتجاه المجال المغناطيسي للأرض. إن اتجاه انتظامها وانحرافها عن الأفق يشير إلى موقع القطب الشمالي وكما هو معروف فإن الإبرة المغناطيسية تشير عمودياً في الأقطاب المغناطيسية وتكون الإبرة أفقية في خط الاستواء. وبنفس الطريقة فإن قطع أكاسيد الحديد الممغنطة أخذت نفس الأسلوب في الاتجاه في الماضي الجيولوجي وبقيت على تلك الحالة في القشرة الأرضية وبهذه الوسيلة تمكن الجيوفيزيائيون من تحديد الأقطاب المغناطيسية القديمة.

ومن مجمل هذه الصفات للمجال المغناطيسي الأرضي فقد ظهر ما يسمى بتطبيقات المغناطيسية القديمة والتي تعنى بتوفير أدلة تتعلق بفرضيات أخذت مجالاً واسعاً في البحث مثل زحزحة القارات (Continental drift) وانتشار قاع المحيط (Sea- floor spreading) وتكتونية الصفيح (Plate Tectonic). كما تزايد الاعتماد على المغناطيسية في السنوات الحديثة كأداة تركيبية وأداة مقارنة من أجل دراسة وحل مشاكل جيولوجية محدودة.

ولأسباب لم تعرف إلى الآن بصورة واضحة فإن التيارات التي تمر خلال

لب الأرض تعكس اتجاهاتها وفي أوقات غير منتظمة. إن هذا التغير الذي يبلغ 180° في المجال المغناطيسي والذي ينطبع على الصخور المتكونة على سطح الكرة الأرضية يعطينا القاعدة الفيزياوية لدراسة «الطباقية المغناطيسية القطبية» (Polarity Magnetic Statigraphy) وحيث إن الانعكاسات المغناطيسية مسجلة بأوقات متماثلة على الصخور المتكونة على جميع المواقع في سطح الكرة الأرضية، لذا فإن الوحدات الطباقية المغناطيسية (Magnetostratigraphic units) تكون أيضاً متوافقة زمنياً في جميع المواقع ليس كالوحدات الطباقية الصخرية والطباقية الحياتية التي قد تتقاطع حدودها مع الحدود الزمنية وبحسب المواقع.

قدرت الفترة الزمنية التي يحتاجها القطب للتغير من حالة إلى حالة أخرى (الانقلاب) بما يقرب من 5,000 سنة.

واعتاد الجيولوجيون على اعتبار القطبية المغناطيسية طبيعية (Normal) عندما يكون المجال المغناطيسي لسطح الأرض موجهاً نحو الشمال ويكون انحداره أو ميله موجهاً نحو الأسفل في النصف الشمالي من الكرة الأرضية، وموجهاً إلى الأعلى في النصف الجنوبي من الكرة الأرضية.

أثبتت الدراسات المغناطيسية القديمة عن وجود تبدل في الأقطاب المغناطيسية للأرض حيث تحول الشمال المغناطيسي إلى جنوب مغناطيسي عدة مرات خلال التاريخ الجيولوجي للأرض. اكتشفت هذه الظاهرة من خلال العثور على نماذج صخرية ممغنطة باتجاه معاكس للمجال المغناطيسي الحالي وهي حيث تصل نسبتها إلى حوالي 50٪ من النماذج، وهناك احتمالان لها:

الأول: إن هناك قابلية في مكونات النموذج ليعكس مغنطيسيته ذاتياً مع الزمن Self- Reversal أي أن معدنية الصخرة لها القابلية لعكس مغنطستها مع الزمن.

الثاني: إن المجال الأرضي قد انعكس Earth's Field Reversed في ذلك الوقت واكتسبت الصخور قديماً هذا المجال المعكوس ولهذا نلاحظ محصلة معكوسة في الصخرة.

ويؤكد العلماء صحة الاحتمال الثاني وهناك دلائل على ذلك، يكون فيها الباحث متأكداً بطرق أخرى من المضاهاة الزمنية من الفترة الزمنية التقريبية، فإن معرفة الوضعية القطبية تكون مفيدة. مثال: فإن الباحث إذا عرف المرحلة Stage التي يدرس عليها وكان أحد الأنطقة ذا فترة قطبية طبيعية والأخرى ذا فترة قطبية

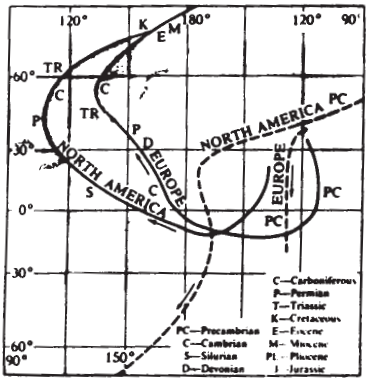
معكوسة فإن موقع القطب يمكن أن يشخص النطاق إذا لم يكن هناك متحجرات دالة. . . .

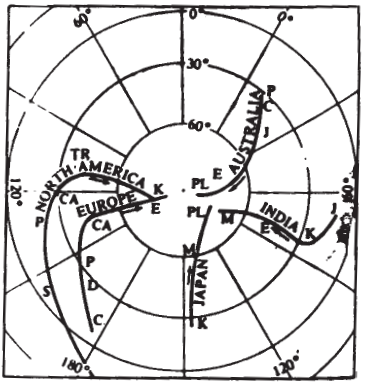
إن منحنيات القطب المتجول تميل إلى الالتقاء نحو الأقطاب الحالية وتشير إلى حركة القارات إلى مواقعها الحالية. ولسوء الحظ فإن كل ما تدلنا عليه المغناطيسية القديمة هو بعد القارات عن القطب. وبكلمة أخرى خطوط العرض. . . ولكننا لا يمكننا معرفة ما هو خط موقعها في العالم وبكلمة أخرى خطوط الطول. . فأحد الأقطاب، القطب الشمالي الحالي (ولكن ليس دائماً لأن القطب قد انعكس) كان في منطقة المحيط الهادي معظم الوقت وقد سمي في معظم الأحيان «القطب الهادي» Pacific Pole والآخر والذي كان قرب قارات كوندوانا سمي (قطب كوندوانا). وجد الجيولوجيون بأن الأدلة تشير إلى أن أقطاب الأرض احتلت مواقع مختلفة نسبة إلى القارات في أوقات متعددة من الماضي الجيولوجي. ولتوضيح أسباب الاختلاف في مواقع الأقطاب فهناك احتمالان: إما أن الأقطاب قد تحركت أو القارات. فلو أن القارات كانت ثابتة وتحركت الأقطاب فإن الأقطاب المحددة في فترة معينة من الزمن الجيولوجي كما تشير لها القطع الممغنطة ستكون واحدة بالنسبة لجميع القارات. . . ومن ناحية أخرى فلو أن القارات هي التي تحركت وبقيت الأقطاب ثابتة فإن موقع القطب في فترة زمنية معينة سيختلف بين القارات. . وقد وجد بأن الحالة الثانية هي التي حدثت.

إن الخط الذي يوصل مواقع الأقطاب نسبة إلى قارة معينة لأوقات متباينة في الماضي الجيولوجي ما زال يسمى (منحنى التجوال القطبي) Polar wandering curve نسبة إلى الافتراض بأن الاحتمال الثاني (أي تحرك القطب) هو الصحيح (شكل 5 ـ 4 و5 ـ 5).

إن بالإمكان إجراء المضاهاة لصخرة لا يعرف عمرها وذلك بمقارنة موقع القطب حسبما تحدده بقاياه المغناطيسية. . . مثال: لو أن موقع القطب بالنسبة لنموذج غير معروف العمر يقع في الجزء من المخطط الذي يمثل الأوردوفيشي؛ فذلك يعني أن النموذج عمره الأوردوفيشي وهكذا.

كما لوحظ بأن أقطاب الأرض المغناطيسية (الشمالية والجنوبية) قد انعكست (انقلبت) مواقعها عدة مراتب في الماضي الجيولوجي. وإن هذه الظاهرة قد سجلت أيضاً بواسطة صخور تحوي على معادن ممغنطة.





A - Cambrian S - Silurian
D - Devonian C -Carboniferous
T - Triassic K - Cretaceous
E - Eocene M - Miocene

شكل (5 ـ 4) منحنيات القطب الجوال وتظهر فيها القارات والفترات الزمنية

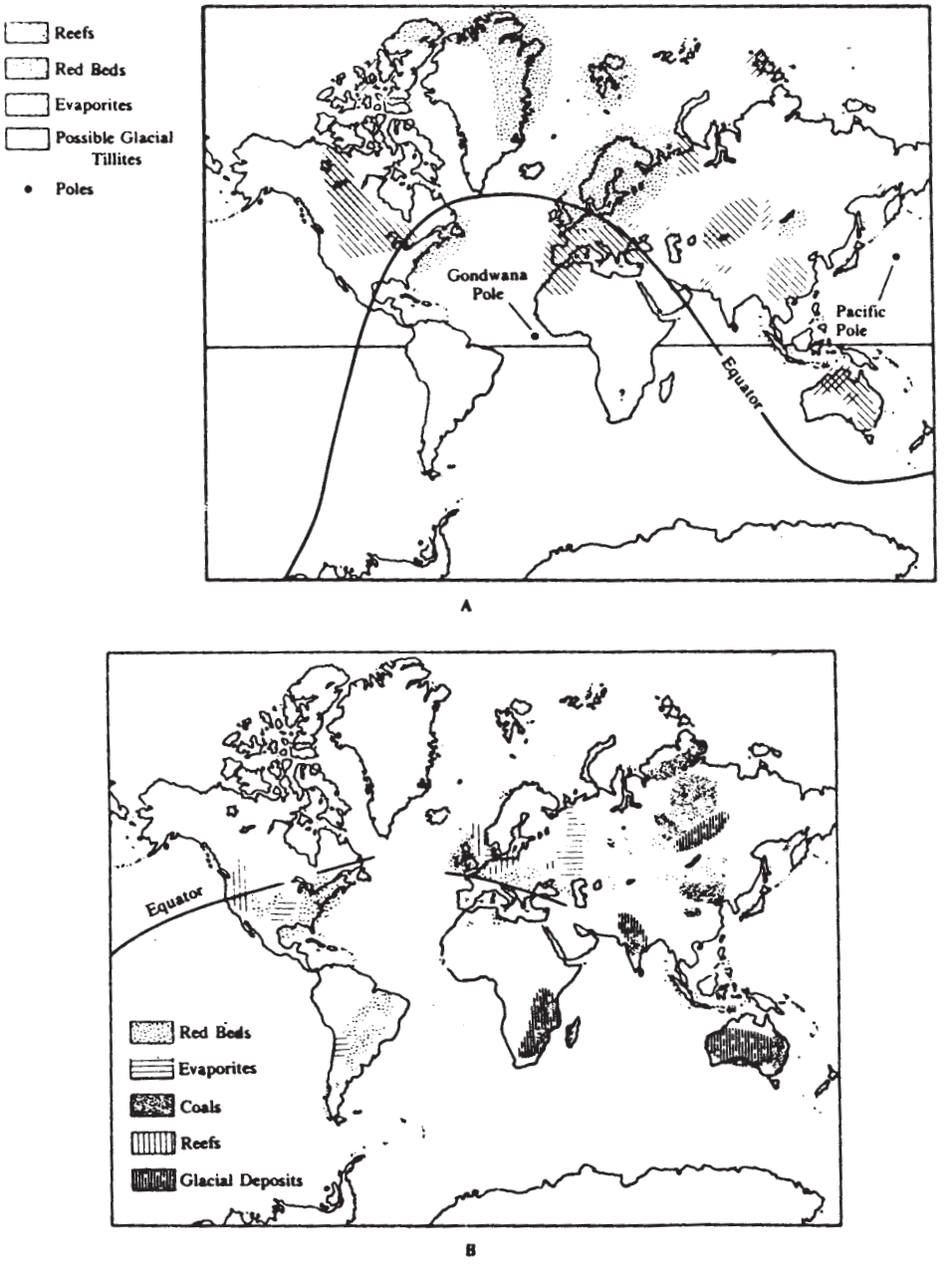
إن من المؤسف بأن الفترة الطبيعية وفترة الانعكاس تماثل الفترات الأخرى ما عدا في طولها. لذا فإن اكتشاف صخرة ما تحتوي على معادن ممغنطة تشير إلى وضعية طبيعية أو معكوسة لا تساعد كثيراً في معرفة العمر ومن ثم المضاهاة ولكن في الحالة التي يكون فيها الباحث متأكداً بطرق أخرى من المضاهاة الزمنية من الفترة الزمنية التقريبية فإن معرفة الوضعية القطبية تكون مفيدة. مثال: فإن الباحث إذا عرف المرحلة Stage التي يدرس عليها وكان أحد الأنطقة ذا فترة قطبية طبيعية والأخرى ذا فترة قطبية معكوسة فإن موقع القطب يمكن أن يشخص النطاق إذا لم يكن هناك متحجرات دالة.

الانحرافات «التجوال»: (Excusion)

في الحالات التي لا يحدث فيها انعكاس للأقطاب المغناطيسية فإنها تمر بمرحلة انحرافات في الاتجاهات قيمتها 15 درجة وفترات تتراوح بين 10^2 إلى 10^4 سنة. هذا التغير المغناطيسي (Geomagnetic Secular Variation) صغير جداً مما لا يدع مجالاً للالتباس في اعتباره الانقلاب القطبي الذي يبلغ 180 درجة. ولما كانت فترات انحراف هذا «التجوال» (Excursion) حوالي 1000 سنة فإنه يعتبر أحد الوسائل الجيدة لاعتباره منطقة دقيقة دالة (marker).

الفترات القطبية:

يشار إلى الفترة الزمنية المنقضية بين انعكاسين متتالين باسم «الفترة ـ الفاصلة ـ القطبية» (Polarity interval)، ويتراوح طول هذه الفترة من 0,01 Ma* وإلى عشرات الملايين من السنين (لاحظ الشكل 5 ـ 7



شكل (5 ـ 5) المناخ القديم ومواقع خط الاستواء
والأقطاب خلال أواخر الباليوزوي أما مواقع القارات فهي في حالتها
الآن A ـ فترة الديفوني B ـ في فترة البرمي

أوصت اللجان الطباقية المختصة لوصف تقسيمات الزمن الجيولوجي اعتماداً على القطبية المغناطيسية باستخدام التسميات الآتية:

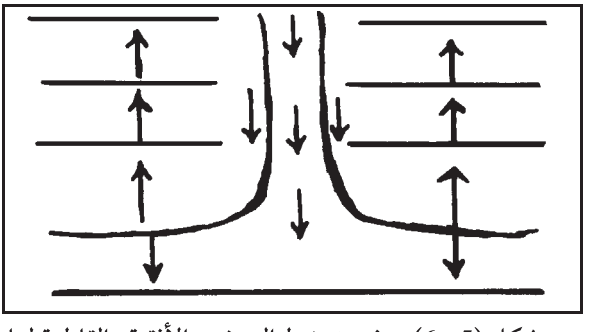
تحت الزمن القطبي (Polarity subchron)، الزمن القطبي (Polarity chron) وفوق الزمن القطبي (Polarity super chron).

أما المصطلحات الطباقية الزمنية (الصخرية الزمنية) التي تطلق على الصخور المتكونة خلال تلك الفترات الزمنية سواء أكانت مغناطيسية أم لا، فهي بإضافة عبارة نطاق (Zone) في نهاية تقسيم الفترات الزمنية السابقة.

أدلة انعكاس المجال الأرضي Evidence For Earth Reversals

1 ـ المغناطيسية في الصخور المتحولة بالتماس: Studies of Backet Contact's

عند أخذ منطقة ما نشطة بركانياً فإن اللافا الأفقية سوف تكتسب مغناطيسيتها بالحث خلال التبريد. لنفترض وبعد عدة ملايين من السنين حدث اختراق لهذه اللافا Lava بلافا جديدة New Lava. من ملاحظة مثل هذه الظاهرة ممكن الاستنتاج أن الأفقية تمغنطت أولاً والقاطعة لها تمغنطت ثانياً فإذا كان المجال هو باتجاه الأسفل يمغنط الطبقات بالشكل الموضح بالرسم (شكل 5 ـ 6) وإذا انعكس المجال تمغنطت اللافا الجديدة بنفس اتجاه المجال الجديد ونطاق التماس بين اللافا القديمة واللافا الجديدة سوف يسخن وعندما يبرد سوف يتمغنط بالمجال الجديد ويكتسب اتجاهه، بينما الصخور في اللافا القديمة البعيدة عن نطاق التماس تكون ممغنطة بالمجال القديم واتجاهها نفس اتجاهه.



شكل (5 ـ 6) يوضح تمغنط الصخور الأفقية والقاطعة لها

2 ـ وجود قطبية آنية واحدة حول الأرض:

كل اللافا التي ظهرت خلال زمن معين تكتسب مغنطتها بالمجال الموجود في تلك الفترة من الزمن.

3 ـ وجود تسجيل كامل مستمر لتبدلات المجال مقاس في تتابع صخري مستمر:

لنفترض أن لدينا عموداً صخرياً في إفريقيا وآخر في أمريكا وآخر في أستراليا وهذا العمود الرسوبي مستمر ودون انقطاع في الزمن سوف نجد مجال مغناطيسي مسجل فيها بنفس الكمية والاتجاه، وهذا موجود في النماذج التي تؤخذ من قيعان المحيطات حيث المياه العميقة والرواسب المستمرة من ملايين السنين. فإذا أخذنا نموذجاً من هذه الرسوبيات فسوف تعطينا تسجيل للمجال للفترة التي ترسبت فيها وهذا يكافىء تتابعات صخرية في المجال في محيطات مختلفة ترسبت فيها الرواسب لنفس الفترة. ولا يمكن ضبط هذه العملية دون قياس الأعمار حيث استخدمت الطريقة الإشعاعية في قياس الأعمار.

وبهذا نستدل على أن المجال المغناطيسي للأرض قد انعكس أي أنه يعاني من فترات انقلاب، وهذا الانقلاب قد يكون كلياً أو ما يعرف بتعاكس القطبية Polarity Reversed. ولقد سجلت ظواهر الانعكاسات بواسطة صخور تحتوي على معادن ممغنطة وخلال 76 مليون سنة من الزمن الجيولوجي تم تشخيص 171 انعكاساً أي حتى الكريتاسي. وقد قسمت الانعكاسات المغناطيسية إلى نوعين: انعكاسات رئيسية Polarity Epochs وتقسم إلى طبيعية Normal ومعكوسة Reversed والنوع الثاني هو أحداث قطبية Polarity Event's وهي فترات أقصر لقطبية طبيعية أو معكوسة (شكل 5 ـ 7).

أسماء وأرقام الأزمان القطبية:

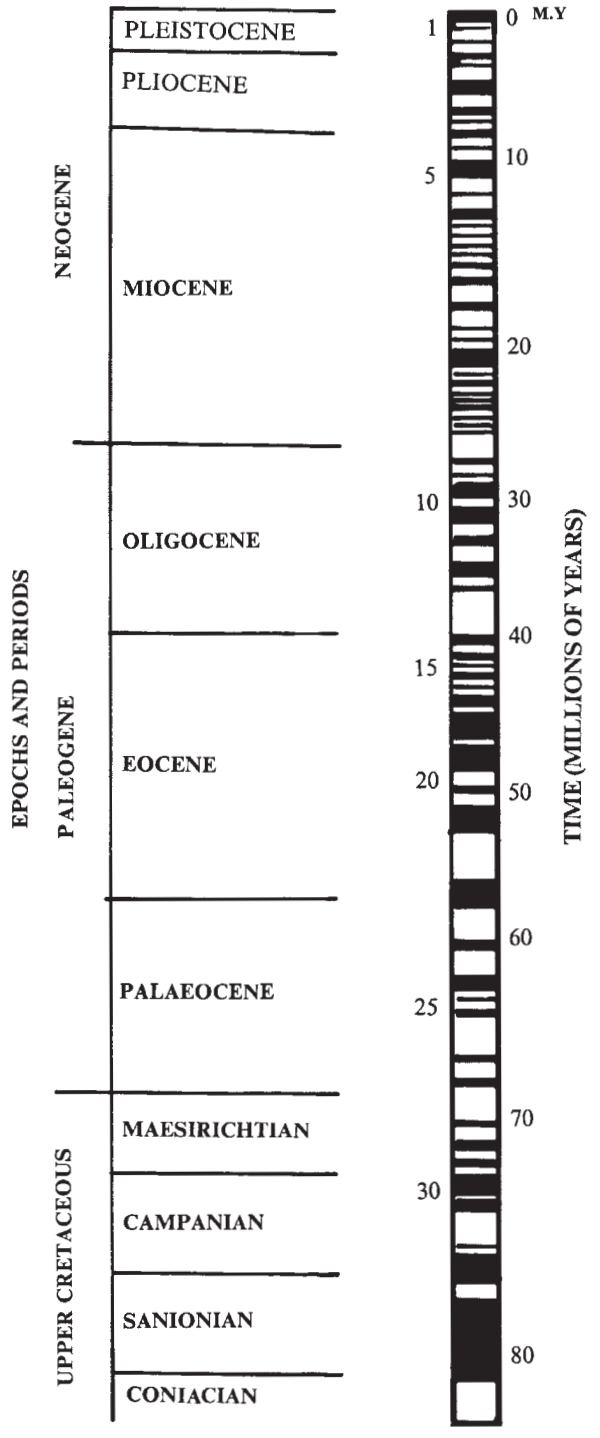
استخدم نظامان لتحديد الأزمان القطبية واسعة الانتشار: الأول هو مجموعة أسماء بنسق بحيث تشخص تعاقب الفترات الطبيعية (Normal) والمعكوسة (Reversed) في الصخور. هذا النظام يطبق بمستويين في مجال الزمن. فالانقلابات (الانعكاسات) الرئيسية تسمى (Polarity «epochs») وهناك أربعة منها معروفة تعود إلى فترة 4 ملايين سنة الأخيرة. هذه الأسماء ابتداءً من الوقت الجديد وإلى الأقدم كما يلي:

1 ـ الحين الطبيعي برونس (Brunhes normal epoch)

من صفر ـ 730,000 سنة قبل الوقت الحاضر.

2 ـ الحين المعكوس ماتوياما (Matuyama reversed epoch)

من 700,000 ـ 2,480,000 سنة قبل الحاضر.



شكل (5 ـ 7) المجال المغناطيسي الأرضي منذ بداية الكريتاسي . الخطوط السوداء تمثل الفترات التي كانت الأقطاب بوضعها الطبيعي . المناطق البيضاء تمثل فترات انعكاس المغناطيسية

3 ـ الحين الطبيعي كاوس (Gauss normal epoch)

من 2,400,000 ـ 3,400,000 سنة قبل الحاضر.

4 ـ الحين المعكوس كلبرت (Gilbert reversed epoch)

من 3,400,000 ـ 40,000,000 سنة قبل الحاضر.

وبمستوى أدنى من هذه الأحايين القطبية «polarity epochs» هناك أحداث قطبية («Polarity events») التي هي فترات أقصر لقطبية طبيعية أو معكوسة ومدة كل منها تصل إلى 150,000 سنة أو أقل وهي تتداخل مع الأحايين التي سبق ذكرها. ومن أمثلتها أحداث جاراميلو (Jaramillo)، كلسا (Gilsa)، أولدوفي (Olduvai)، كينا (Kaena)، ماموث (Mammoth) كوچيتي (Cochiti,) ونونيفاك (Nunivak) وقد سطرت بشكل متسلسل حسب زيادة في القدم. وقد تم تتبع طريقة الانعكاس المغناطيسي في المناطق البحرية من حواجز وسط ـ المحيط. (Mid-oceanic ridge) من وسط الحاجز وإلى الخارج منه وبافتراض توسع تدريجي وثابت في انتشار القاع وقد تمَّ تتبعها إلى فترة زمنية ماضية وصلت إلى ما قبل 70 مليون سنة (أي حتى الكريتاسي). وقد شخص 171 انعكاساً خلال فترة الـ76 مليون سنة الماضية. وعلى الرغم من ذلك فإن تثبيت التاريخ بعد البلايوسين بواسطة الجيوماكنتك (Geomagnetic) تعد غير كفوءة.

إن طريقة الانعكاس المغناطيسي في الدراسات الطباقية الزمنية تعد مهمة بشكل خاص لأنها تعطي احتمالاً بأن تصبح الأساس لتقسيم أكثر تفصيلاً للتقسيم الطباقي الزمني لطبقات الترشري المتأخر والكواترنري (Quaternary) أكثر من دقة الدراسة التي يقدمها التطور العضوي.

وأكثر من هذا فإن هناك افتراضاً كما أشرنا بوجود علاقة بين أوقات الانعكاس المغناطيسي وأوقات التغيرات العضوية السريعة، وقد ساد الاعتقاد بأن قوة المجال المغناطيسي خلال فترة الانعكاس قد تقلصت بحيث إن الأرض قد ضعفت فيها الحماية المغناطيسية (الدرع المغناطيسي) والذي يحميها من الأشعة الكونية (Cosmic radiation) وبذلك فقد كان هناك معدلات عالية وبشكل استثنائي للطفرات البايولوجية (Biologic mutation) وفكرة أخرى تقول بأن هذه العلاقة بين الانعكاس المغناطيسي والتغير البايولوجي السريع سببه تغيرات المناخ التي تتطابق مع الانعكاسات المغناطيسية.

إن الأسماء آنفة الذكر استخدمت للجزء المؤرخ بواسطة المواد المشعة

(Radiometrically). وتعتبر أسماء الزمن القياسي المستخدم للمضاهاة العالمية في طباقية البلايوسين (Pliocene) والبلايستوسين(pleistocene) وتمت التوصية باستخدامها كوحدات غير رسمية من بعض لجان التسميات الطباقية IUGS/IAGA Subcommission.

وهناك نظام آخر وهو عبارة عن مخطط عددي يبدأ بشكل غير رسمي عندما يعطي الجيوفيزيائيون البحريون أرقاماً لأبرز (32) قمة شاذة موجبة تظهر على المقاطع الجانبية المغناطيسية فوق أحواض المحيط.

هذه الأرقام تبدأ بالرقم (1) على حدبات منتصف المحيط Mid Oceanic Ridge حث تبدأ صيغة محيطية جديدة بالتولد وتربط هذه الأرقام بعد ذلك مع الموشورات الممغنطة طبيعياً وتستخدم لعمل موديل للشواذ الموجبة.

وفي الواقع فإن الأرقام التي تم تعيينها للقيم الشاذة أصبحت الآن أسماء غير رسمية للأنطقة القطبية المغناطيسية.

المرحلة الثانية كانت لتقسيم اتساعات أنطقة القطبية (وحدات صخرية Rock Units) بواسطة سرعة معايرة القياس الإشعاعي للانتشار للحصول على أزمان قطبية مغناطيسية (وحدات زمنية Time Units) والتي ارتبطت معها أيضاً أرقام شواذ.

إن المجموعة الابتدائية من الشواذ الاثنين والثلاثين المرقمة تعطي علامات للجزء المعروف للأزمان فقط، وإن ثلث الزمن الذي تمت تغطيته بنظام الترقيم الموضوع خارج أي زمن مرقم ومع تنامي الاستخدام لسلسلة الشواذ البحرية كمعيار قياس لترابط الطباقية العالمية، فقد وجد العديد من الباحثين أن من المفيد تأشير أزمان إضافية بواسطة إضافة حروف وعشور وعلامات أساسية إلى المجموعة الأساسية من الأرقام.

في هذا الخصوص تم استخدام أرقام مركبة لكي تعطينا أرقاماً بل الأزمان بأسلوب ينسجم مع الاستخدام السابق وقابل على التغير في حالة وجود اكتشافات مستقبلية للأزمان السفلية وهذه الطريقة في توسيع أنظمة الترقيم السابق تكون مشابهة للطرق المعتمدة في المكتبة عندما ترد كتب جديدة مضافة.

سابقاً كانت الأزمان المعكوسة الغير المعلمة بعلامات تعطى رقم الزمن الطبيعي الأصغر الذي يليها مع الحرف r كلاحق.

إن التقسيمات الثانوية للأزمان المرقمة في الوقت الحاضر مثل: 5A قد وضعت بإضافة أرقام عشرية مثل 5A.1, 5A1.r, 5A.2 وقد وضعت الأزمان الغير

المعلمة بعلامات بإضافة أرقام إلى الزمن الأصغر المرقم التالي مثل 5B, 5A تأتي بعد 5, 5AA, 5AB يتبع 5A.

وأخيراً فإن الأزمان الفرعية (t 0.1 ⩽ a) قد تم تأشيرها برقم الزمن الذي يليه متبوعة (1 -,2- . . . . . إلخ) (شكل 5 ـ 8).

والأرقام تزداد من أجل زيادة العمر المعروف حالياً في الأزمان الثانوية ومن أجل الاكتشاف للأزمان الثانوية غير المكتشفة لحد الآن وهي بانتظار الاكتشاف (شكل 5 ـ 8).

الحساسية المغناطيسية: Magnetic Susceptibility

لا بد لنا أن نفهم في البداية معنى الحساسية المغناطيسية حتى نستطيع أن نفهم معنى المغناطيسية المتبقية الطبيعية في الصخورNRM.

عند تعريض جسم قابل للتمغنط إلى مجال ممغنط خارجي H، فإنه يكتسب المغناطيسية ثم يفقدها بعد إزالة المجال المسلط H. ومثل هذه المغناطيسية يقال عنها بأنها محتثة (induced)، بالمجال الممغنط المسلط H. ولكن بعض المواد (مثل الحديد، الكوبالت، والنيكل) والعديد من الصخور (الحمم البازلتية مثلاً) تبدي سلوكاً مغناطيسياً قوياً حتى في غياب المجال المسلط وتعزى هذه الظاهرة إلى المغناطيسية المتبقية [والتي تعني المغناطيسية المطبوعة على الصخور أثناء تكونها بفعل المجال المغناطيسي الأرضي في ذلك الوقت وليس لها علاقة بالمجال الحالي].

ويمكننا التعبير عن ذلك رياضياً:

حيث: $J_r = K.H$

J_r: المغناطيسية المكتسبة (المتبقية).

K: الحساسية المغناطيسية للمادة.

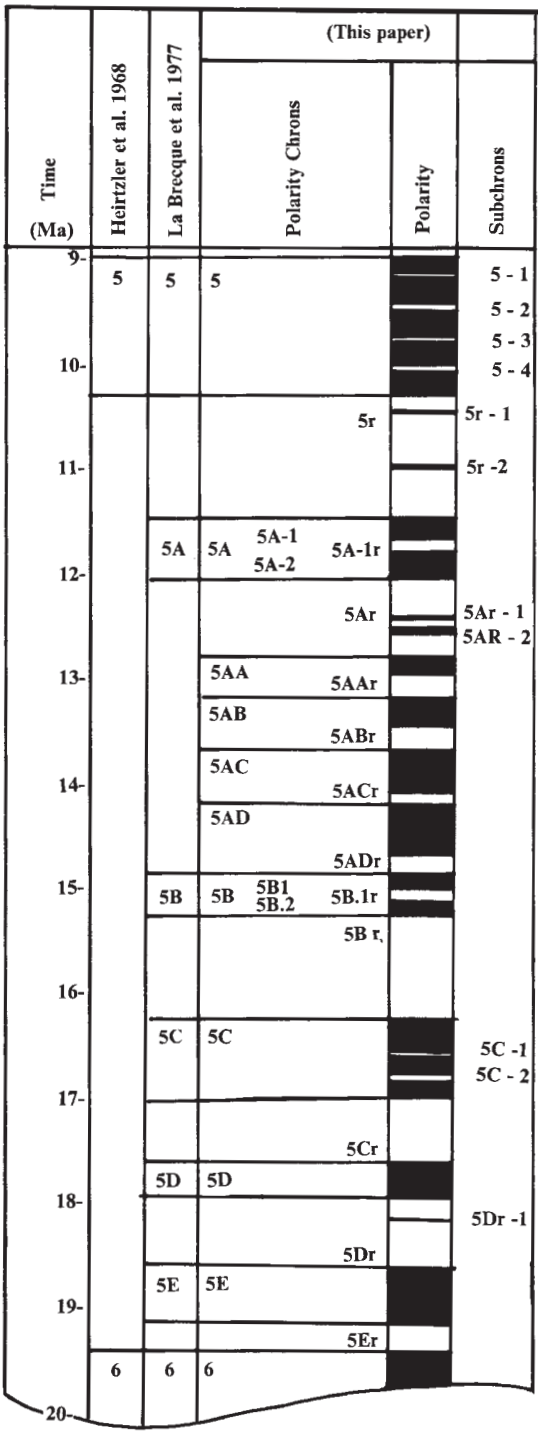
H: قيمة (شدة) المجال المسلط على المادة.

ـ تعتمد حساسية الصخرة على:

1 ـ كمية المعادن الفيرومغنيسية (K + ve) في الصخرة.

2 ـ الحجم الحبيبي Grain size حيث K تزداد مع زيادة الحجم الحبيبي للمعدن في الصخور ذات التركيب الكيمياوي المتشابه.

مثال على ذلك $K_{gabbro} > K_{Basalt}$



شكل (5 ـ 8) مخطط عددي لترقيم الأزمنة
والأزمنة الثانوية المستعارة من ترقيم الشواذ المغناطيسية

كما أن من أهم المعادن المكونة للصخور والمؤثرة في قيمة K هي:

1 ـ الماجنيتات	Magnetite	Fe_3O_4	$K > 10^{-2}$
2 ـ الهيماتايت	Hematite	Fe_2O_3	$K = 10^{-2} - 10^{-4}$
3 ـ البيروتايت	Pyrrhotite	FeS_2	$K = 10^{-2}$
4 ـ كوارتز	Quartz	SiO_2	$K = -1.2\ 10^{-6}$
5 ـ الفلدسبار	Feldspar	K - feldspar	$K = 10^{-5}$
6 ـ الجبس	Gypsum	$CaSO_4$	$K = 10^{-5}$
7 ـ ملح الطعام	Halite	NaCl	$K = 10^{-5}$

اكتساب الصخور لأنواع مختلفة من المغناطيسية المتبقية الطبيعية: Acquisition of Various types of natural remanent magnetizations by rock

لقد حصل تقدم كبير خلال العقود الماضية لفهم العمليات المختلفة التي بواسطتها اكتسبت الصخور مغناطيسية طبيعية متبقية(NRM). الحقائق الأكثر أهمية حول هذا الموضوع ومن الناحية الجيوفيزيائية هي التالي:

ـ المغناطيسية المتبقية المتساوية الحرارة:

Isothermal Remanent Magnetization (IRM)

تمثل هذه المغناطيسية بقايا مكتسبة بواسطة صخرة في درجة حرارة ثابتة بعد تسليط مجال خارجي عليها لفترة قصيرة ثم إزالته. وتكمن هذه المغناطيسية فقط في التجمعات الصخرية التي تعرضت لمجالات شديدة وموضعية مثل تلك التي قد تتكون بواسطة تأثير الصدمات الخاطفة Lightning strokes، التأثيرات المغناطيسية الناتجة عن الصمدة الصاعقة محدودة جداً لحسن الحظ وغير منتظمة الشدة وبالتالي سهلة التمييز.

ـ المغناطيسية المتبقية اللزجة: Viscous Remanent Magnetization (VRM)

وهذه تمثل تراكماً مغناطيسياً ثانوياً مكتسباً بواسطة الصخور بعد تعرضها الطويل لمجال خارجي مشابه للمجال الأرضي ولقد أظهرت التجارب المخبرية أن الـVRM المكتسبة في صخور نارية ورسوبية خلال تعرضها لمجال أرضي لفترة 4 ـ 6 أسابيع يمكن أن تكون بالغة فعلاً Bicuand and Prevot, (1971); Sharma (1976), Lowrie & Kent (1978).

ـ المغناطيسية المتبقية الحرارية : Thermo Remanent Magnetization (TRM)

هذه المغناطيسية تكتسب بواسطة الصخور خلال تبريدها من نقطة كيوري (درجة حرارة كيوري: هي درجة الحرارة التي يفقد عندها المعدن مغناطيسيته إلى درجة حرارة الجو الطبيعية بوجود مجال مغناطيسي). وتعد هذه الميكانيكية الأكثر أهمية لفهم NRM القوية نسبياً في الصخور النارية.

وعموماً؛ فإن أية زيادة في التبريد تعمل على زيادة استقرارية المغناطيسية وأن تبدل المجال الخارجي لا يؤثر نهائياً على المغناطيسية المكتسبة.

ـ المغناطيسية المتبقية الرسوبية :

Depositional or Detrital RemanenMagnetization (DRM)

يمكن أن تتجه (Orientation) حبيبات المعادن المغناطيسية الحاملة لبقايا مغناطيسية مكتسبة سابقاً (مثل أل ـTRM) وذلك بواسطة مجال أرضي عندما تستقر هذه الحبيبات وتدفن في ترسبات مائية مما تمنح الترسبات المتصلبة اكتساب مغناطيسية متبقية رسوبية. تتميز الترسبات الناعمة الحبيبات بامتلاك هذا النوع من المغناطيسية المستقرة نسبياً، وأحسن مثال على ذلك الطين الرقائقي في ترسبات البحيرات Varved (Granar, 1958) Clays. وتظهر الدراسات المعدنية أن المادة المغناطيسية الأساسية في هذا النوع من الصخور هي الماجنيتايت Magnetite (حجم حبيباته بضعة مايكرونات فقط).

وعلى الرغم من أن هذه المغناطيسية تتسبب عموماً بواسطة حبيبات الماكنيتايت الناعمة إلا أن بعض الدراسات Collinson,1965; Prasad and Sharma 1978 أظهرت في بعض الحالات أن مغناطيسية الترسبات تعزى إلى حبيبات الهيماتايت السوداء وعلى أية حالة، وفي حالات عديدة لا يمكن اعتبار المغناطيسية رسوبية بل كيميائية الأصل تكونت خلال التحويرات الكيميائية لعملية التصلب. لهذا حصرت دراسة هذا النوع من المغناطيسية كلياً على الترسبات الحديثة التي لم تعان أية تحويرات كيميائية.

ـ المغناطيسية المتبقية التبلورية أو الكيميائية :

Crystallization or Chemical Remanent Magnetization (CRM)

تكتسب هذه المغناطيسية عند زمن التنويه nucleation (أي زمن تكون النواة عن الترسيب الكيميائي المباشر) وكذلك عند النمو أو إعادة التبلور للحبيبات المغناطيسية الناعمة، وذلك بواسطة تفاعلات كيميائية معينة (في درجات حرارة أقل بكثير من درجة كيوري) في مجال خارجي. من الواضح أن عدة صخور رسوبية

ومتحولة في الطبيعة تمتلك هذه المغناطيسية. وفي هذا السياق يمكن اعتبار بعض من بقايا المغناطيسية لترسبات التربة الحمراء مغناطيسية تبلورية أو كيميائية اكتسبت بعد الترسيب Postdepositional وذلك بواسطة عملية التجفيف dehydration وكذلك إعادة تبلور الجيوثايت إلى الهيماتايت. وحتى في الصخور النارية، فمن الممكن أن تخضع معادن أكاسيد الحديد إلى حالة تحول من شكل إلى آخر خلال عملية طرد المحلول البائد الواطىء Low exsolution أو خلال عملية الأكسدة في درجة حرارة واطئة، حيث يعقب ذلك اكتساب مغناطيسية تبلورية أو كيميائية بالإضافة إلى ذلك، فقد تولد بقايا كيميائية خلال عملية الاختزال، وكمثال على ذلك بواسطة تحول الهيماتايت إلى ماجنيتايت.

ـ المغناطيسية المتبقية الإجهادية: Piezoremanent Magnetization (PRM)

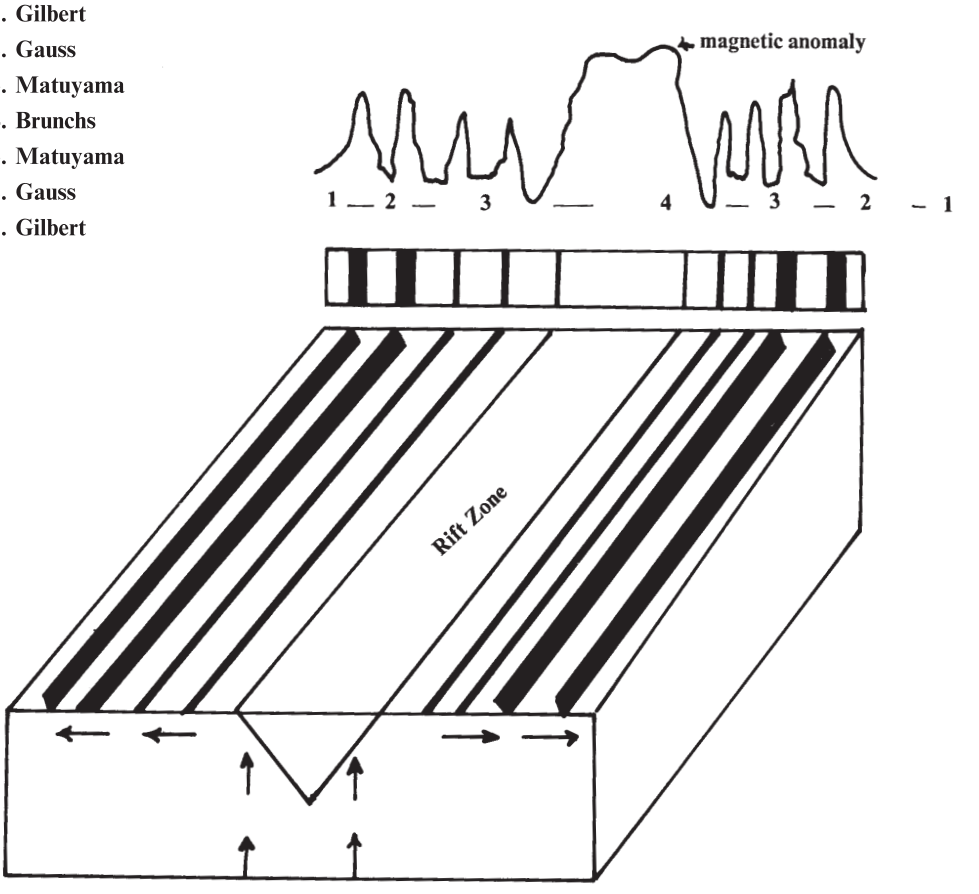
تمثل هذه المغناطيسية بقايا مغناطيسية إضافية مكتسبة بواسطة تسليط وتحرير إجهاد ميكانيكي في مجال خارجي درجة حرارته ثابتة Nagata 1961. ويمكن أيضاً أن تتناقص البقايا المغناطيسية الموجودة سابقاً بواسطة الانضغاط الأحادي المحور Uniaxial Compression في اتجاه التمغنط كما هو الحال في الحساسية المغناطيسية Magnetic Susceptibility. لقد اكتسبت دراسة مغناطيسية الإجهاد وكذلك الظاهرة المتعلقة بالتخصر المغناطيسي Magnetostriction أهمية خاصة حديثاً، منذ أن عرف أن تأثيرات الإجهاد المغناطيسي المرافقة للصخور المنضغطة قبل حدوث هذه يمكن أن تعطي شواذ مغناطيسية زلزالية Seismomagnetic anomalies محدودة جداً (بضع وحدات كاما) لكنها قابلة للقياس.

تطبيقات المغناطيسية القديمة: Applications of Paleomagnetic

1 ـ المغناطيسية القديمة لقاع البحر: Paleomagnetism of Sea - floor

ـ انقلابات المجال وانتشار قاع البحر: Field Reversals and Sea - floor Spreading

انبثقت فكرة تطبيق انقلابات المجال المغناطيسي الأرضي لفهم ظواهر بعيدة المدى في مجال علوم الأرض من خلال المسوحات المغناطيسية للمحيطات. حيث أفرزت هذه المسوحات شواذ مغناطيسية خطية موازية للحدبات في جميع المحيطات وفسرت هذه الشواذ باعتبارها حزماً خطية متبادلة alternating linear bands من بازلت ممغنط طبيعياً ومعكوساً في الطبقة الثانية من القشرة المحيطة والتي تميزت الآن كدليل مباشر لانتشار قاع البحر من حدبات أواسط المحيط Mid- Ocean ridges.



الشكل (5 ـ 9) : منظر تخطيطي لانتشار قاع المحيط بدليل تعاقبات الشذوذ المغناطيسي الموجب والسالب والمسببة بواسطة مقاطع التمغنط الطبيعي والمعكوس للقشرة المحيطية . تمثل الأجزاء المظللة أنطقة القطبية الطبيعية مأخوذة من Allan, 1969

وتطورت الفرضية المعروفة الآن بـ(انتشار قاع المحيط) من خلال مقترحات هيس (Hess 1960, 1962) ودايتز (Dietz 1961) والتي تنص على «أن قشرة جديدة تتكون بالتعاقب بواسطة عمليات صهارية Magmatic processes في نطاق ذروة Crestal zone حدبات المحيط . وإن قاع البحر يتوسع جانبياً وفي كلا الاتجاهين لكي يحتوي القشرة المتكونة حديثاً والتي تسبب بالنتيجة الزحف القاري «Continental drift» (شكل 5 ـ 9) .

ولتوحيد فكرة انتشار قاع البحر مع الانقلابات الدورية للمجال المغناطيسي الأرضي انبثقت صيغة جديدة عام 1963م من قبل مجموعتين مستقلتين من الباحثين، إحداهما في كندا L.W Morley and A. Larochellel والأخرى في إنكلترا F.J. Vine and Matthews. حيث اقترح هؤلاء أن نمط الحزم المتعاقبة لشواذ مغناطيسية موجبة وسالبة يمكن أن تتسبب عن انتشار قاع البحر بعيداً عن الحدية خلال حدوث انقلابات دورية في المجال المغناطيسي الأرضي. يمكن أن يرافق تدفق الحرارة والتأثير الشاسع للفوالق صعود مادة بركانية نقية حارة ومنصهرة إلى الأعلى باتجاه ذروة الحدية، ومن ثم تتبرد خلال درجة حرارة كيوري مكتسبة كنتيجة لذلك مغناطيسية وباتجاه محكوم بواسطة المجال المغناطيسي في ذلك الوقت. تنتشر هذه المادة بعد ذلك جانبياً حاملة معها السجل المغناطيسي لقطبية المغناطيسية الأرضية.

2 ـ المغناطيسية القديمة كدليل على زحزحة القارات:

Paleomagnetic Evidence for continental drift

تعتمد الفرضية الأساسية التي تقوم عليها تحريات المغناطيسية القديمة على أن المجال المغناطيسي (معدله على مدى زمني معين) كان دائماً تقريباً نفس القطب المحوري الجيومركزي. بعبارة أخرى فإن الأقطاب الجيومغناطيسية كانت دائماً وعلى المعدل متطابقة تقريباً مع الأقطاب الجغرافية.

إذا ما تواجد التطابق فإن بالنسبة لصخور ذات عمر معين من منطقة معينة فإن معدل قيمة (I) (الميل أو الميل المغناطيسي القديم) سوف يعطي خط عرض λ في تلك المنطقة في ذلك الزمن من العلاقة التالية (شكل 5 ـ 10):

$$\tan I = 2\tan \lambda \quad و \quad \lambda = \tan^{-1} \frac{(\tan I)}{2}$$

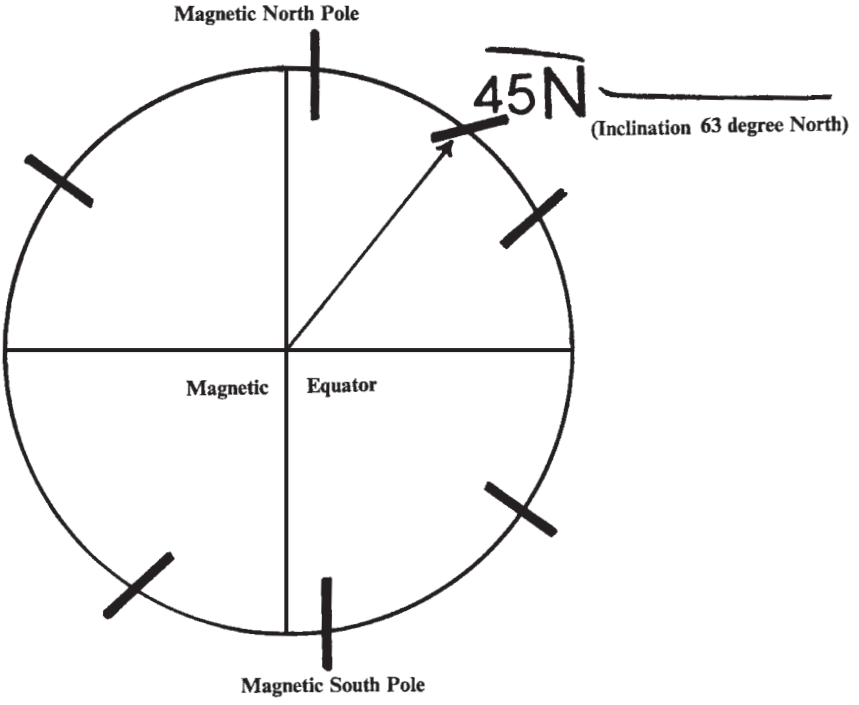
والمبينة خطياً في الشكل التالي:

من معرفة كل من مسافة واتجاه القطب الجغرافي (يعطى بمعدل قيمة D الانحراف المغناطيسي القديم) في منطقة معينة فإن ذلك يثبت موقع القطب على الكرة الأرضية في وقت استلام الصخور المقاسة مغناطيسيتها.

عملياً فإن تحديد القطب لا يمكن أن يكون دقيقاً أن يقبل بدقة وذلك بسبب:

أ ـ إن المكونات الصغيرة للمجال الأرضي قد أهملت.

ب ـ إن المكونات المفحوصة قد تكون عانت تغيرات مغناطيسية لم تشخص ولم تدخل.



شكل (5 ـ 10) الميل المغناطيسي القديم

جـ ـ إن تغير الاتجاه الطفيف والأخطاء المخبرية أيضاً تتدخل.

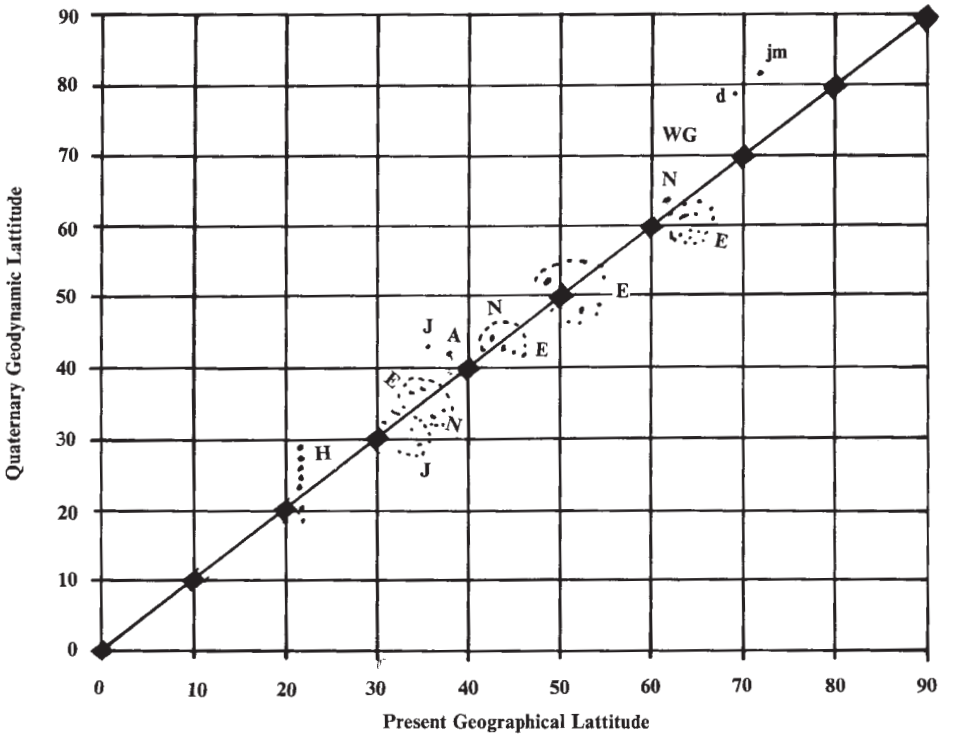
إن تحديدات الأقطاب المنفردة قد تكون صحيحة لحد (15) درجة وربما أقل إذا ما أخذت عدة نماذج (12 أو أكثر). كذلك يجب أن يلاحظ بأن تغايرات أكبر قد تشاهد في مواقع الأقطاب نسبة إلى قارة معينة والتسجيل على مدى زمن جيولوجي معين. إن هذه الاختلافات ليست بالضرورة أن تكون أخطاء. إن العديد منها قد يمثل تغايرات حقيقية في موقع القارة خلال فترة زمنية طويلة أو في مواقع مناطق معينة والتي تزحزحت بفوالق Strike- Slip أو أنها دخلت خلال اضطرابات في حركات بناء الجبال.

لقد أصبح من الممكن ربط قياس العمر الإشعاعي مع القياسات المغناطيسية والذي أدى بالنتيجة إلى اختزال بعض من الصعوبات السالفة الذكر عن طريق تحقيق عمل مفصل بدرجة كبيرة.

خلال 20 مليون سنة الماضية أو ما يقارب ذلك فإن فرضية (ثنائي القطب) قد أدعمت. وقد وجد إحصائياً أن معدل موقع القطب المغناطيسي في العصر الرباعي Quaternary تم تحديده بعدد كبير من النماذج من مناطق مختلفة في العالم بينت

بأنها لا تحيد بدرجة مهمة عن القطب الجغرافي ليومنا هذا كما في الشكل رقم (5 ـ 11).

ولكن لدى الرجوع بالزمن الجيولوجي فإن المواقع تتباعد إلى أن تصل إلى Permian مثلاً فإن الاختلاف بالنسبة للصخور الأوروبية تصل إلى 40° أو 50° خط عرض. بالنسبة للباليوزيك الأسفل فإن التباعد أكبر ويصل إلى 90° أو أكثر في البريكامبريان المتأخر (Late Precambrian). تم الحصول على نفس النتائج من صخور قارات أخرى ما عدا أن منحنيات القطب الجوال (Polar- wandering curves) وجدت مختلفة باختلاف القارات.



شكل (5 ـ 11) العلاقة بين خطوط الطول العصر الرباعي وخطوط الطول الجغرافية الحالية

N: North America

E: Europe

A: Australia

J: Japan

H" Hawaii

WG.: West Germany

jm: Jon Mayer

d: Disco

لأجل تثبيت موقع المساحة القارية على الكرة الأرضية نحتاج ثلاث معلومات من ضمنها معطيات المغناطيسية القديمة والتي تعطي تخمينات تقريبية لاثنين فقط. والمعلومات الثلاث المطلوبة هي:

1 ـ الاتجاه نسبة إلى الأقطاب المؤقتة (تحدد من انحراف المغناطيسية المتبقية).

2 ـ خط عرض كل منطقة مفحوصة (تحدد من ميل المغناطيسية المتبقية).

3 ـ خط طول كل موقع مفحوص (لا يتم الحصول عليه في قياسات المغناطيسية القديمة).

إن موقع خطوط الطول يمكن حسابه ضمن حدود معينة لأن عند كل فترة من الماضي فإن قارات يومنا هذا يجب ألاّ تتقاطع ويجب أن تحتل مواقع متطابقة مع الدليل الجغرافي من النوع الظاهر مثل توفر معطيات المغناطيسية القديمة.

ليس هناك مقياس طبيعي لخطوط الطول لكي تكتشف، ولكن مواقع خط الاستواء والأقطاب ودوائر خطوط العرض يمكن أن تستكشف ويطبق نفس الشي على الأزمنة القديمة بمساعدة المغناطيسية القديمة.

إن منحني القطب الجوال لأوروبا Europe-polar-wandering curves تعني أن الجزر البريطانية تقع ضمن °20 خارج خط الاستواء في أزمنة البرمي والكاربوني، ولإعطاء صورة أوضح وأكثر مباشرة لنتائج المغناطيسية القديمة تكون معطاة في رسم خط الاستواء لقطب معين ومن ثم إنشاء خطوط تساوي المغناطيسية (خطوط ذات ميل مغناطيسي متساوي) بين الاثنين.

إن خطوط تساوي المغناطيسية عبارة عن دوائر صغيرة موازية لخط الاستواء لزمن معين، والتي يكون لها °I=0 وكما هو في شكل (5 ـ 10) حيث يلاحظ ازدياد الميل باتجاه الأقطاب حيث يكون °90.

على أساس قياسات المغناطيسية القديمة يمكن أن يستنتج بأنه في الأزمان الجيولوجية القديمة كانت القارات تحتل مواقع نسبة إلى الأقطاب ونسبة إلى بعضها البعض والتي اختلفت عن جغرافية يومنا هذا.

حتى عام 1956م كان أغلب الجيوفيزيائيين يحبذون دوران الأقطاب (بدون زحزحة القارات) كشرح كافٍ لتغيرات خطوط العرض المستنتجة من معطيات المغناطيسية القديمة المتوفرة.

إن فرضية دوران الأقطاب نفهم منه بأنه يعني بأن الغلاف الخارجي للأرض بضمنها القشرة وربما جزء من الجبة (Mantle) نزولاً إلى المنطقة ذات السرعة

الواطئة Low velocity zone قد تزحزمت نسبة إلى محور الدوران والتي تبقى ثابتة على الغالب نسبة إلى النجوم.

إذا كان هذا لا يمثل شرحاً وافياً، عندئذٍ فإن المواقع الجغرافية للأقطاب في أي زمان سوف يكون نفسه لجميع القارات على فرض أن القارات بقيت ثابتة نسبة الواحدة إلى الأخرى فإنه سوف يكون هناك منحنى دوران قطبي واحد. ولكن إذا كان لكل قارة منحناها الخاص بها وهذه تختلف فيما بينها بدرجة كبيرة، فعندئذٍ نستنتج بأن القارات قد غيرت مواقعها النسبية خلال الأزمنة الجيولوجية الغابرة.

الفصل السادس

المجاميع الحياتية والتوزيع الجغرافي للأحياء

مقدمة:

تحتل الكائنات الحية سواء أكانت نباتية أو حيوانية مساحات جغرافية شاسعة من اليابسة.. كما أنها تتواجد في المسطحات المائية كالأنهار والبحيرات والمحيطات.. وتأخذ هذه الكائنات أساليب حياتية مختلفة بعضها عن البعض الآخر، فمنها يعيش طافياً سابحاً ويعيش الآخر في أعماق المياه مستقراً على القاع أو أصداف الأحياء الأخرى. كما أن بعض الأحياء تحلق وتطير في الجو.. كالطيور وغبار الطلع والسبورات.

لذا فالمنطقة التي تسكنها كافة الأحياء سواء أكانت على اليابسة أو في المسطحات المائية أو في الهواء تسمى بالغلاف الحياتي. هذه الأحياء سرعان ما تموت وتصبح مواد قابلة للنقل والترسيب.. وكذلك قد تتعرض إلى الظروف المؤاتية التي تحجرها إذا امتلكت الأجزاء الصلبة.. وبهذا ستتحول هذه الكائنات الحية إلى متحجرات مكونة بدورها الجزء المهم من الصخور الرسوبية.

علم المتحجرات ومدلولاته الطباقية والبيئية:

كما نعرف بأن علم المتحجرات هو الذي يهتم بدراسة الحياة القديمة عن طريق المتحجرات الدالة.. وقد أصبح هذا العلم متشعباً ومتفرعاً كثيراً حيث أصبح من الصعب جداً أن يختص شخص ما في موضوع أو شعبة واحدة.. حيث إن هنالك من يختص بموضوع الفورامنيفرا الطافية والآخر في الفورامنيفرا المستقرة.. إلخ كذلك هناك من يختص بعمر معين والآخر بعمر مختلف آخر وهكذا.. وهنا قد تكمن أهمية دراسة المتحجرات في علم الطبقات من حيث:

1 ـ إنها تساهم في مضاهاة الطبقات.

2 ـ تفيد في إعطاء معلومات عن بيئة الترسيب.

3 ـ حفظها يعطي معلومات عن الظروف البيئية والتغيرات التي حصلت بعد الترسيب.

4 ـ كذلك فهي تفيد في دراسة تطور الأحياء خلال الحقب الجيولوجية المختلفة.

ولكن مع هذا؛ فإن الباحث في موضوع الطبقية يجب أن يعرف كذلك بعض المعلومات الأساسية عن العلوم الجيولوجية الأخرى لكي يكون استنتاجه بالأخير مبني على أسس معتمدة في علم الجيولوجيا.

هذا الموضوع يجرنا إلى أسلوب العمل وممارسته في مجال علم الطبقات (أي كيف نستطيع من دراسة الصخور الآن وما تحتويه من متحجرات)، أي كيف نستطيع أن نربط بين الحاضر والماضي.

الحاضر مفتاح المستقبل:

لغرض التوصل إلى صورة واضحة للماضي من خلال دراسة الصخور الرسوبية وطبقاتها وما تحتويه من تراكيب عضوية ولا عضوية، لا بد أو من المفيد من دراسة الأحياء وكما نراها اليوم. وهذا ما نلاحظه في علم البيئة، حيث إن مسار ومعالم الحياة الجديدة تعكس إلى حد ما الحياة القديمة.. وبالاستنتاج الأخير نرى بأن المتحجرات مهمة من حيث التوزيع الأفقي والعمودي وربطها في الزمان والمكان يكون ضرورياً أيضاً لغرض معرفة المتغيرات الحاصلة خلال فترة زمنية أو جغرافية.

أنواع أغلفة الأرض

قبل الدخول بتصنيف وتوزيع الأحياء في الطبيعة.. نتطرق إلى أنواع أغلفة الأرض والتي هي:

1 ـ الغلاف الصخري: Lithosphere

2 ـ الغلاف المائي: Hydrosphere

3 ـ الغلاف الغازي (الهوائي): Atmosphere

4 ـ الغلاف الحياتي: Biosphere

حيث يمثل الغلاف الرابع (الحياتي) مجموعة الأحياء التي تم ذكرها آنفاً والتي تعيش على اليابسة أو في المناطق المائية أو التي تعيش بعضها في الهواء كالطيور وغبار الطلع والسبورات. فطبيعة التوزيع الأفقي والعمودي لها تأثير مباشر على انتظام وتغاير صفات الغلاف الحياتي من حيث:

1 ـ طبيعة الانتشار الجغرافي الأفقي للأحياء لها علاقة أو تشكل أساساً للتقاسيم الجغرافية الحياتية بالنسبة للغلاف الحياتي وتسمى (Biogeographic Subdivisions).

2 ـ أما الانتشار العمودي فيشكل أساساً لتوزيع الغلاف الحياتي بالنسبة للعمق ويسمى (Bathymetric Subdivisions).

3 ـ الزمن أيضاً مهم جداً في معرفة الوقت الذي جرى فيه هذا التوزيع.

4 ـ يجب معرفة المتغيرات التي تحصل أفقياً وعمودياً لغرض معرفة التطور العضوي على صفات الغلاف الحياتي.. وها هو أهم عامل لغرض إيصالنا إلى الاستنتاج الجيولوجي الصحيح.

علم البيئة وأهميته:

البيئة هي عبارة عن تداخل الظروف الفيزياوية والحياتية ويمكن ملاحظتها وقياس بعض عواملها وكذلك استنتاجها من تجمعات المتحجرات في الترسبات وفقط من الترسبات، وأن العلاقة بين الأحياء والبيئة التي يسكنونها يعرف بعلم البيئة.. لذا فإن دراسة واستنباط البيئات القديمة يأتي من دراسة الصخور وما تحويه من متحجرات.. وهذا ما يسمى بعلم البيئة القديم (Palaeoecology). أما دراسة العلاقة القائمة الحالية بين أية منطقة أو بيئة وما يسكنها من أحياء يطلق عليه علم البيئة الحديث (Synecology)، والفرق بينهما هو أن في الحالة الثانية تمكننا من قياس كافة العوامل والمؤثرات والقوى المؤثرة على الأحياء.

إن هجرة بعض المجاميع الحياتية للعيش والتكيف في بيئة جديدة ولأي سبب كان، نراها يجب أن تتكيف على الظروف البيئية الجديدة من حيث نموها، حجمها، تطورها.. إلخ. وإلا فهي تهلك وتموت.. لذا نرى قابلية العديد من المجموعات الحياتية للتكيف للظروف المحيطة كان دائماً قوة دافعة لتطور الأحياء وانتشارها جغرافياً وعمودياً.. ولكن سرعة التكيف هذه تحتاج أيضاً إلى عامل الزمن.

المجاميع الحياتية الحية: Biocoenosis

تعرف من قبل علماء البيئة على أنها مجموعة من الأحياء تعيش مجتمعة سوية في بيئة متفاعلة معها.. وقسم آخر يعرفها على أنها مجموعة من الأحياء عاشت سوية قبل مماتها ودفعت ودثرت في مربعها الأصلي حيثما كانت متفاعلة مع البيئة التي كانت تعيش فيها.

أما المنطقة أو الجزء الذي تسكنه مجموعة حياتية متجانسة ومتكيفة للمعيشة في هذه البيئة فتسمى (Biotope). . فمثلاً قاع البحر مكون من عدة مرابع تسكنها مجموعات حياتية مختلفة، ويمكن دراسة الاستقراءات البيئية لهذه المجاميع الحياتية من خلال استخلاص المعلومات الأساسية عن الصخور الحاوية على هذه المجاميع المشجرة.

المجاميع الحياتية الميتة:

عادة الأحياء بعد موتها إما تبقى في مربعها الأصلي حيث تدفن وتتحجر أو تنقلها التيارات والقوى الناقلة الأخرى لترسبها في مرابع جديدة.

لذا فقد تتواجد مثلاً في نفس المربع أحياء عاشت منفصلة في مرابعها لكنها تجمعت فقط بعد موتها نتيجة للظروف البيئية حيث نلاحظ الكثير من الكائنات ذات الأجزاء الصلبة تتعرض للتلف والهلاك بعد موتها، فيتم جرفها إلى أماكن أو مقابر جديدة بحيث يتحول قسم منها إلى متحجرات تدرس فيما بعد.

إن دراسة هذه المتحجرات ومجاميعها وأصنافها يعتبر أساساً لاستنباط البيئة الترسيبية للحيوانات وكذلك العوامل المؤثرة عليها سواء أكانت كيمياوية أو فيزياوية. أما تشخيص المرابع القديمة وربط علائقها الزمنية يجعلنا من وضع الأسس لتفسير التاريخ الرسوبي لأي مربع أو منطقة جغرافية.

التوزيع العمودي للأحياء:

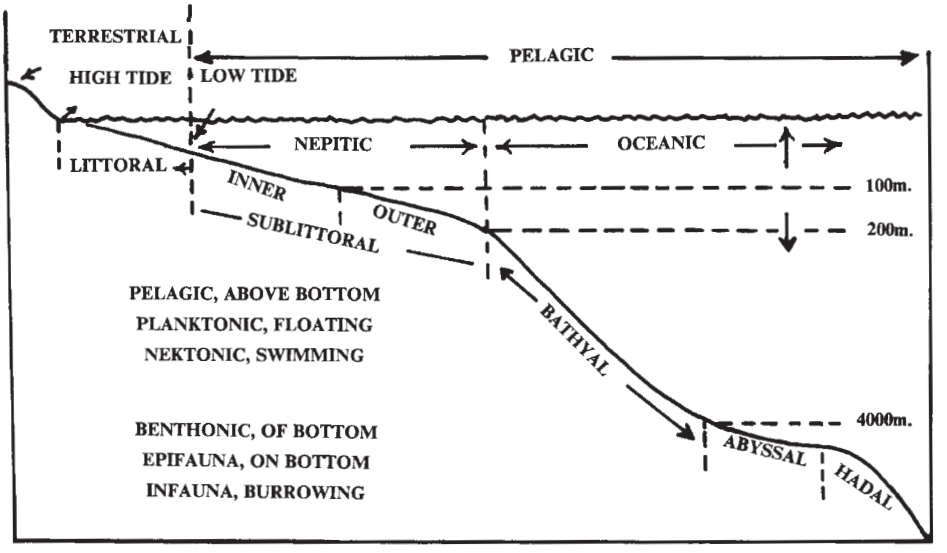
إن التوزيع العمودي للأحياء فوق سطح البحر يعرف بمدى العلو (Altitude range)، أما التوزيع أسفل سطح البحر فيشار إليه بمدى العمق (Bathymetric range) وبيئات الترسيب قد تكون على علو عدة آلاف من الأمتار من سطح البحر أو على عمق عدة آلاف من الأمتار تحت هذا السطح. . ولكن لكل بيئة صفاتها المميزة من حيث توزيع الطاقة والغذاء والأوكسجين والملوحة والمواد الأخرى. . والتي تؤثر على توزيع المواد العضوية في الصخور. . وبشكل عام المرابع والبيئات التي تكونت في أعماق تتراوح بين العشرات أو عدة مئات من الأمتار تحت سطح البحر هي من أهم البيئات في الدراسات الطبقية والتي هي البيئات البحرية.

البيئات البحرية والعوامل المؤثرة عليها:

في مثل هذه البيئات (Lacautrine environment) تكون كمية الماء أقل بكثير من الماء الموجود في البحار والمحيطات، وفي حالة البحيرات لن يحدث تغير في

مستوى ماء البحيرة، كما أن التغير في مستوى سطح البحيرة لم يكن مستمراً ويكون فصلياً.

ويمكن تصنيف البيئات البحرية إلى بيئات انتقالية والتي هي بيئة المد، المستنقع والخور وإلى بيئات بحرية ضحلة مثل الرف القاري والشعاب المرجانية (انظرالشكل 6 ـ 1).



الشكل (6 ـ 1) البيئات البحرية أفقياً وعمودياً

ومن العوامل المؤثرة في مثل هذه البيئات هي:

1 ـ الهندسة البيئية والتي تشمل على شكل، حجم وعمق البيئة.

2 ـ الطاقة.. حيث تكون الطاقة الحرارية والكيمياوية هي الغالبة في هذه البيئة، بينما الطاقة الميكانيكية تكون قليلة.

3 ـ المواد.. غالبية المواد من الفتات الصخري من الرمال الخشنة والناعمة وفي بعض المناطق تحتوي البحيرات إضافة ما تقدم إلى أملاح مذابة.

4 ـ المظاهر الحياتية.. في هذه البيئات لم تكن هذه المظاهر مهمة، كما أنها تختلف من بحيرة إلى أخرى معتمدة على بعد البحيرة من خط الاستواء وقربها منه.

وعند التمييز بين التوزيع العمودي للأحياء البحرية لا بد من التمييز بين الأحياء التي تعيش قرب قاع البحر (Benthonic) عن تلك التي تطفو على سطح المياه التي تعلوه (Pelagic).

التوزيع الجغرافي للأحياء:

عندما تصبح البيئات عديدة ستؤثر حتماً على المجاميع الحياتية المتواجدة والمستقرة فيها والمتكيفة عليها.. لكن هناك القليل من الأفراد قد يهاجر من موطنه الأصلي لينضم إلى المجاميع القديمة، أو قد تهاجر إلى مواطن جديدة وتتكيف على الظروف البيئية الجديدة. وفي هذه الحالة قد ينشأ تبدل وتطور باتجاه خلق أنواع جديدة.. كذلك فمن الممكن أن تكون طرق الهجرة غير ممهدة أمام الأنواع، وثمة موانع وعوائق وعقبات تقف في طريقها أي بمعنى آخر أن مرابع الأنواع تحدد جغرافياً.

ولغرض فهم عملية التوزيع الجغرافي للأحياء يجب معرفة الحقائق التالية:

1 ـ طرق التوزيع والانتشار:

إن هجرة بعض الأحياء إلى مناطق بعيدة قد يكون صعب جداً.. فنلاحظ مثلاً معظم اللافقريات البحرية ذات العمر القصير والتي لا تملك من وسائل الحركة إلا أبطأها مثل القواقع والمرجان قد تعيش مستقرة في القعر أو تتحرك حركة بطيئة.. لكن يجب ألاّ ننسى أن بعضها يمر بفترة حياتية قصيرة يصبح خلالها طافٍ كاذب أو يمر بفترة حورية طافية.. عندئذٍ يمكن للتيارات البحرية أن تحمله مسافات بعيدة.

لذا تعتبر التيارات من أهم العوامل المساعدة على انتشار الأحياء البحرية وعبر كافة العصور الجيولوجية.

2 ـ الموانع للانتشار:

تعمل البرازخ البحرية كحواجز مانعة لمرور التيارات البحرية، وبالتالي إلى انتشار الأحياء.. يضاف على ذلك المسافات الجغرافية الشاسعة التي هي الأخرى مانعاً مهماً.

هذه الهجرة خلال هذه المسافات الكبيرة يعني أنها سوف تخترق بيئات مختلفة عديدة.

وهذا لا يتم ما لم يتم الانتقال والتكيف على كل بيئة وظروفها قبل أن تنتقل الأحياء وتخترق بيئة أخرى، كما أن هناك عوامل بيئية أخرى تحد من هجرة وانتشار الأحياء مثل الفرق في درجات الحرارة والعمق والكثافة السكانية.. إلخ.

3 ـ تأثير الموانع:

إن العزلة التي تفرضها الموانع على مجموعة من الأنواع.. قد تجعل تطورها

بطيئاً. . لأن التزاوج يصبح داخلياً بين المجاميع الحياتية. . أما الانفتاح فإنه يشجع على نقل الصفات الوراثية للأنواع الجيدة والمتطورة. وبالتالي فالأنواع المتشابهة سوف تتباعد وعليه يمكن القول بأنه إذا أزيلت الموانع بين مربعين أو بيئتين فإن التجانس بين المجموعات الحياتية قد يتم. . أما إذا تواجدت هذه الموانع فإن التباعد أو الاختلاف في الحشود الحياتية سيكون عملية حتمية. . لذا فمن الملاحظ أن العزلة المفروضة على الحيوانات الأرضية والتي تسكن مختلف القارات تبدو واضحة.

ومن هنا تأتي أهمية علم الطبقية في التمييز بين المتغيرات الناجمة عن العزلة الجغرافية أو الناجمة عن فرق الزمن.

توزيع الأحياء زمنياً:

لو درسنا المتحجرات في تتابع طباقي تختلف أعمار صخوره وكان هذا الاختلاف مستنداً على قاعدة الاعتلاء لوجدنا اختلافات بيئية كبيرة في وصف هذه المجاميع المتحجرة وفي الأنواع الناتجة عنها. . هذه الاختلافات تبدو واضحة بين متحجرات الصخور الأقدم إذا ما قيست بمتحجرات الصخور الأحدث منها.

هذه الحقائق مكنت الباحثين من وضع بعض قواعد دراسة الأحياء المتغيرة خلال الزمن ومنها:

1 ـ إن الأحياء تغيرت مع تغير الزمن الجيولوجي ومن الأقدم إلى الأحدث.

2 ـ هذه التغيرات حدثت باتجاه التجديد والتقدم.

3 ـ إن عمر الصخور يحدد بما تحويه هذه الصخور من متحجرات.

هذه الحقائق هي التي ساعدت على تطوير علم الطبقات. . منذ أن أدرك وليم سمث أهمية المتحجرات في رسم خريطة جيولوجية إلى أن أدرك علماء الطبقات فائدة المتحجرات وأصبحت دراستها على نطاق عالمي.

وكما أسلفنا سابقاً فإن الأنواع الحياتية تكون عرضة للتطور نتيجة الابتعاد والوراثة والاختيار الطبيعي حتى ولو كانت تعيش في بيئة واحدة. . أما إذا أُضيف عامل العزلة والزمن وتأثير تغير وتنوع البيئات فالتغير سيكون حتماً.

فهناك أنواع استطاعت أن تستمر لفترات طويلة دون أن تتغير تغيراً جوهرياً وذلك لأنها استطاعت أن تكيف نفسها جيداً. . ومنها لم يستطع مجاراة الأحداث فأصبح متخصصاً لبيئة محددة مثل Stenotropic species، وإن أي تغير بسيط قد

يسبب لها الهلاك أو الهجرة إلى أماكن أفضل مما يعرضها لأن تخرج من تصنيفها كأنواع متخصصة إلى أنواع عامة.

إن الأنواع المتخصصة ذات المدى الجيولوجي القصير هي أحسن الأنواع في تحديد علاقات الزمن الجيولوجي.. ولا بد هنا من البحث في تصنيف هذه الأحياء.

تصنيف الأحياء:

من أجل تنظيم المعلومات عن الأحياء لا بد من وضع هياكل عامة وشروط لغرض تنظيم تسميتها اعتماداً على الأسس التالية:

1 ـ علاقاتها مع بعضها البعض (Taxonomic relationship).

2 ـ طرق حياتها.

3 ـ بيئة معيشتها.

4 ـ توزيعها الجغرافي الجيولوجي.

إن أسس تسمية الأحياء قد تختلف أحياناً بين علماء المتحجرات وبين علماء الأحياء.. لكنها تتشابه على أساس العلاقات العضوية في ما بينها..

إن أهم وحدتين أساسيتين في التصنيف والمعتمدة في علم الطبقية هي النوع والجنس. وإن فهم النوع في علم الطبقية هي النوع والجنس. وإن فهم النوع في علم المتحجرات قد يختلف فهمه عمّا هو عليه في علم الحيوان والنبات، لأننا ندرس فقط جزءاً من الحيوان وهو الجزء الذي يتحول إلى متحجر ويتواجد في الصخور. لذا فالأنواع البايولوجية (Biospecies) قد تختلف عن الأنواع المتحجرة (Paleospecies).. وأغلب الأنواع المستعملة في علم المتحجرات هي من نوع (Morphospecies) والتي تكون تسميتها مستندة على الأشكال الخارجية من الأجزاء الصلبة من المتحجر، أو أنواع جغرافية (geographic species) المبينة على التوزيع الجغرافي للمتحجر.. ومجموع الأنواع المتقاربة هذه تكون الجنس والذي هو تقسيم أكبر من النوع يستخدم في مجال تطبيقات علم الطبقات أيضاً.

أما التقاسيم التصنيفية العليا قد لا تكون ذو أهمية في استخدامات علم الطبقية إلا إذا كنا نتحدث عن جزء كبير من العمود الطباقي الجيولوجي.

ونلاحظ في معظم الأحيان أن علماء المتحجرات يحاولون من تصنيف نوع جديد أو تحت نوع فقط بمجرد بعض الفروقات المورفولوجية البسيطة والتي يمكن

اعتبارها نوعاً من الضروب (variety). وقد تكون الحاجة لهذه التصنيفات الدقيقة لغرض الوصول إلى تقسيمات أدق في العمود الصخري.

كما أن هناك تصنيفاً آخر معتمد على طرق الحياة (mode of life) والتي يقسم الأحياء إلى:

1 ـ طافية ومنها طافية حقيقية (Planktons) أو طافية كاذبة (Pseudoplanktons) بفعل التصاقها بجسم طاف أو طافية لفترة زمنية معينة (Mesoplanktons). . حيث تمر بفترة تكون فيها صغارها طافية ثم تستقر بعدها (أي بعد نموها ونضوجها) أو سابحة (Nektons) بفعل قوتها الذاتية.

2 ـ قابعة (Benthons) حيث تسكن قعر البيئات المائية، وهذه إما تكون مستقرة ملتصقة (sessile) أو من النوع المتحرك (vagile).

الفصل السابع

البيئات الرسوبية وتوزيعها الأحيائي

علم المتحجرات الطبقي : Stratigraphic Paleontology

يقصد به علم الأحياء القديمة (Paleontology) وتدرس الأحياء من الناحية التصنيفية وعلاقتها بالبيئة القديمة ثم تطور تلك الأحياء خلال الأزمنة الجيولوجية المتعاقبة ومن خلال دراسة المتحجرات التي وجدت في صخور القشرة الأرضية منذ أكثر من 3,500 بليون سنة فقد توسع هذا العلم وفروعه.

وأصبحت هناك تخصصات دقيقة ضمن الفرع الواحد، فنجد هناك مختصين بدراسة الفورامنيفرا الطافية (Planktonic Foraminifera) وآخرين مختصين بدراسة الفورامنيفرا القاعية (Benthonic Foraminifera)، وقد يتخصص البعض في دراسة الفورامنيفرا الطافية لفترة زمنية ضيقة كأن تكون الكريتاسي الأعلى والترشري الأسفل أو فورامنيفرا المايوسين وهكذا بالنسبة لباقي أصناف الأحياء الأخرى.

وقد استند المتخصصون بعلم المتحجرات على مبدأ «الوتيرة الواحدة» أو «الحاضر مفتاح الماضي» في استنتاج طبيعة حياة تلك الأحياء (المتحجرات) في الماضي.. وقد نجد بعض المختصين بعلم المتحجرات يتجهون في فترة من حياتهم العلمية إلى دراسة نوع أو أكثر من الأحياء التي تمثل محوراً لاهتماماتهم فالبعض يدرس الفورامنيفرا الحية الحالية لكي تكون لديه صورة أفضل عن المتحجرات التي يدرسها، وعند مراجعة بعض الدوريات العلمية في اختصاص المتحجرات نجد فيها أبحاثاً عن الأحياء المتواجدة حالياً في خلجان أو مناطق بحرية.

قبل الدخول في تفصيلات بيئة الأحياء وتوزيعها الجغرافي وغيرها من المواضيع ذات العلاقة بتوزيع الأحياء في الطبيعة فإننا نذكر الطالب بأن أغلفة الأرض هي:

1 ـ الغلاف الصخري: (Lithosphere).

2 ـ الغلاف المائي: (Hydrosphere).

3 ـ الغلاف الغازي (الهوائي): (Atmosphere).

4 ـ الغلاف الحياتي: (Biosphere).

والغلاف الرابع ليس غلافاً منعزلاً لوحده بل يمثل مجموع الكائنات الحية التي تعيش على اليابسة أو في المناطق المائية كالبحار والبحيرات والأنهار، وبعضها يعيش في الهواء كالطيور وغبار الطلع والسبورات. إن طبيعة التوزيع الأفقي هي القاعدة في التوزيع الجغرافي للغلاف الحياتي بينما التوزيع العمودي هو الأساس في تقسيم الأحياء حسب الأعماق (Bathymetric) لهذا الغلاف.

إن نظام توزيع الحيوانات والنباتات بالأبعاد الثلاثة (الطول، العرض، الارتفاع) يعد عاملاً مهماً في تحليل سجل المتحجرات، والجيولوجيون يهتمون أيضاً بالبعد الرابع وهو الزمن وهو يعد مهماً في دراسة تطور الأحياء خلال الزمن وأثره في تقسيم العمود الجيولوجي إلى سجل وثائقي تاريخي حسب الأوقات الجيولوجية.

البيئة: Environment

البيئة هي عبارة عن تداخل الظروف الفيزيائية والحياتية.. إن البيئة شيء لا يمكن ملاحظته ولكن بعض عوامله يمكن مشاهدتها وقياسها.. وبصورة عامة فإن البيئة القديمة Paleoenvironment يمكن استنتاجها من نتائجها التي تظهر بشكل تجمعات للترسبات وتجمعات المتحجرات.

إن المتحجرات مهمة جداً في علم الطبقات للأسباب التالية:

1 ـ إنها تساهم في مضاهاة الطبقات التي تقع في مناطق مختلفة سنأتي على مناقشتها في أحد الفصول القادمة.

2 ـ إنها تفيد في إعطاء معلومات عن بيئات الترسيب.

3 ـ إن حفظها يعطي معلومات عن الظروف والتغيرات التي حصلت بعد الترسيب.. إن العلاقات التي تربط الأحياء ببيئتها (ما حولها) يسمى علم البيئة (Ecology) وهذه العلاقة يمكن ملاحظتها مباشرة خلال حياة الكائنات الحية حالياً.

أما البيئة القديمة (Paleoecology) فهي دراسة العلاقات بين متحجرات الأحياء وظروفها الحياتية القديمة، فحين دراسة الأحياء الحالية بإمكان ملاحظة

دقيقة لعلاقة الكائن الحي ببيئته، أما في تحليل المتحجرات من الضروري أن ينتبه الباحث إلى عدم خلط المتحجرات من طبقات متعاقبة التي قد تحتوي على مجموعة متحجرات مختلفة الواحدة عن الأخرى قد تعطي معلومات عن بيئات مختلفة بالرغم من التطابق الصخري للطبقات. . وإن كل وحدة طباقية ما لم تكن رقيقة جداً فإنها تحوي على بيئات متباينة.

في علم البيئة القديمة كما في أي فرع من فروع الجيولوجيا الأخرى فإن الحاضر هو مفتاح الماضي. . لذا فإن البيئة القديمة تحلل وتفهم على أساس ما يفهم ويعرف من البيئة الحالية.

وسوف نتطرق إلى أنواع البيئات الرسوبية الحالية والعوامل المؤثرة في كل بيئة.

تقسيم البيئات الرسوبية:

تقسم البيئات الرسوبية إلى عدة أسس معتمدة على العوامل أو المظاهر التي يرغب الجيولوجي بإبرازها. . فهناك تقسيم يستند على البيئة الطبيعية لوسط الترسيب (هواء، ماء، جليد). . وهناك تقسيم يعتمد على العوامل الجيولوجية التي تؤدي إلى ترسيب المواد كالرياح والأنهار والأمواج والتيارات. . وهناك أساس عام لتقسيم البيئة البحرية وهو عمق المياه. . إن التقسيم الذي نشره العالم توينهوفل (Twenhofel) في عام 1950م يمثل تقسيماً للبيئات الرسوبية وهو مقبول لدى العديد من الجيولوجيين وقد اعتمدناه في كتابنا هذا:

1 ـ البيئة القارية: (Continental)

أ ـ أرضية	(Terrestrial)
i ـ صحراوية	(Desert)
ii ـ جليدية	(Glacial)
ب ـ مائية	(Aqueous)
i ـ نهرية	(Fluvial)
ii ـ بحرية (بحيرات)	(Lacustrine)
iii ـ أهوار ومستنقعات	(Swamp. Paludal) (Marshes)
iv ـ كهوف	(Cave, Spelean)

2 ـ البيئة الانتقالية : (Transitional)

أ ـ الدلتا (Deltaic)

ب ـ لاغون (Lagoon) (البحيرات الشاطئية)

جـ ـ الساحل (Littoral)

3 ـ البيئة البحرية : (Marine)

أ ـ النيريتي (Neritic)

ب ـ باثيال (الأعماق) (Bathyal)

جـ ـ أبيسال (الأعماق الكبيرة) (Abyssal)

د ـ هدال (الأعماق السحيقة) (Hadal)

وسوف نتطرق بالتفصيل إلى أنواع البيئات الرسوبية الثلاثة :

أولاً : البيئة القارية : (Continental)

تشير البيئة القارية إلى كافة الترسبات التي تحدث داخل القارات (Continents) والتي تقع فوق مستوى سطح البحر على الرغم من أن هناك أمثلة في الطبيعة على وجود مناطق داخل القارات يقع مستواها تحت مستوى سطح البحر مثل وادي الموت في الولايات المتحدة الأمريكية والبحر الميت.

وقد فرق الجيولوجيون بين الترسبات القارية التي تحدث في اليابسة والترسبات القارية التي تحدث داخل الكتل المائية الموجودة في القارات.

أ ـ البيئة الأرضية : (Terrestrial)

هي كافة الترسبات التي تحدث داخل المناطق اليابسة (الأرضية) من القارات وتشمل :

1 ـ البيئة الصحراوية : (Desert)

إن البيئة الصحراوية تشمل ترسبات الرياح (Eolian) وترسبات الجداول الموسمية التي تتكون في الصحراء بسبب سقوط الأمطار وترسبات البحيرات التي تتشكل داخل بعض الصحاري ويطلق عليها اسم بحيرات البلايا (Playa Lake) إن الطاقتين الحركية والحرارية تعتبران مهمتان في ترسبات الصحراء فالطاقة الحركية

تشمل حركة الرياح والجداول الوقتية والطاقة الحرارية هي نتيجة للارتفاع العالي في درجات الحرارة في الصحاري أثناء النهار.

إن طاقة حركة الرياح هي الطاقة الحركية السائدة في الصحراء وتؤدي إلى حركة الرمال وتكون الكثبان الرملية.

كما أن الطاقة الحرارية تؤثر على الصخور وتسبب تعريتها بعملية تسمى التقشر (Exfoliation) وذلك نتيجة للتباين الكبير في درجات الحرارة بين النهار والليل واختلاف درجات تمدد وتقلص المعادن المكونة للصخور مما يؤدي بالتالي إلى تقشر سطح الصخور. كما أن للطاقة الحرارية أثرها في تبخر مياه البحيرات الصحراوية (البلايا). والمتبخرات المتكونة (Evaporites) نتيجة لذلك هي كلوريد الصوديوم أو كبريتات الصوديوم.

إن المواد الرئيسية المترسبة في الصحراء هي المواد الفتاتية المختلفة التكوين والحجوم وهي تتدرج من الجلاميد (Cobbles) التي يصل حجمها إلى 256ملم حتى حبيبات الطين التي يبلغ حجمها أقل من $\frac{1}{256}$ ملم.

ومن معرفتنا العامة بقساوة البيئة الصحراوية فإن الأحياء فيها تكون قليلة، لذا فإن دورها غير ذي أثر في الترسبات الصحراوية.

إن الترسبات الصحراوية متنافرة بشكل كبير والترسبات عموماً تكون طولية بشكل العدسات وقد تتغير المواد الدقيقة إلى مواد خشنة بشكل مفاجيء وذلك بسبب تغير سرعة الرياح في الصحراء أو وجود عوامل تعيق حركتها. وهناك تظهر أحياناً على سطح الحصى آثار تسمى «قشط الصحراء» (Desert varnish) بسبب تأثير الرمال المنقولة بواسطة الرياح والتي تضرب وجه هذه الصخور فتصقلها.

إضافة إلى ما تقدم فإن الترسبات الرملية المتكونة بفعل الرياح يظهر على سطحها التطبق المتقاطع (Cross-bedding) أما في ترسبات البحيرات (بلايا) تظهر علامات النيم (Ripple-marks) أو التكسرات الحمائية (Mud cracks). التشققات الطينية أو شقوق الجفاف.

إن ألوان ترسبات الصحراء متغيرة ففيها الأبيض والرمادي والأصفر والقهوائي حتى الأسود.

إن الاحتمالات العالية لظروف التأكسد في بيئة الصحراء تؤدي إلى سيادة

اللونين الأحمر والقهوائي بينما اللون الأسود ينتج من وجود كمية كافية من المواد العضوية المتحللة (Humic) بشكل موضعي.

2 ـ البيئات الجليدية (الثلاجات): (Glacial Environment)

بيئة الجليد تشمل الترسبات التي تحدث بتأثير الكتل الثلجية، وكذلك الترسبات التي تنتج عن المياه التي تتكون نتيجة لذوبان الثلوج نفسها ومع أن هذه الترسبات التي تتكون من مياه الجليد يصح أن تعتبر ترسبات قارية مائية إلا أن العلاقة بين هذه المياه والثلوج يجعل من الملائم أن تحصر مع ترسبات الثلاجات.

إن مناخ الثلاجات بارد جداً وبذلك يتحدد نمو النباتات وتحدد حياة الحيوانات كما أن للمناخ البارد تأثيره على الترسبات. إن الطاقة الحركية هي الرئيسية في هذه البيئة وتشمل طاقة حركة الجليد والمياه الذائبة. كما أن ما يحدد البيئة هو حجم وسمك الثلج.

الرواسب الناتجة من عملية نقل الجليد يطلق عليها Diamictite وهي عبارة عن رواسب يتراوح حجمها من الجلاميد الكبيرة وإلى الحبيبات الطينية. وتمتاز هذه الرواسب بأنها رديئة الفرز ولا يوجد فيها تطبق.

تترسب في هذه البيئة المواد الفتاتية فقط وتتدرج من الكتل الصخرية الضخمة إلى الحبيبات الطينية الدقيقة. وتكون غير متجانسة في حجمها وبشكل ركام أي بدون طبقات وقد تسقط هذه المواد المترسبة «الركام» (Morains) في نهاية الثلاجات أو في قاعها.

إن الترسبات الجليدية ذات أهمية محدودة في العمود الجيولوجي، فقد تكونت في عصر ما قبل الكامبري وفي العصر البرمي إلا أن أهمها تلك التي تكونت في العصر الجليدي المسمّى بلايستوسين (Pleistocene).

ب ـ بيئة الترسبات المائية: (Aqueous) أو المحاليل.

ونعني بها بيئة ترسبات الكتل المائية المتواجدة داخل القارات وتشمل:

1 ـ بيئة الترسبات النهرية: (Fluvial)

إن بيئة الترسبات النهرية تضم الترسبات التي تحدث في مجرى النهر من منبعه حتى مصبه وكذلك ترسبات سهوله الفيضية.. إن العوامل التي تلعب دوراً رئيسياً في تحديد الترسبات هي طاقة النهر الحركية، أما العوامل الأخرى التي تؤثر على الترسبات النهرية فهي ميل النهر (أي درجة انحداره) والشكل العام له وكذلك

ضفافه. . . أما المواد التي تترسب فيه فهي تتدرج من الجلاميد (Boulders) حتى الطين (Clay) والمواد الخشنة تكون عادة في الأجزاء العلوية من النهر بينما تزداد المواد الرسوبية الدقيقة في أجزائه السفلى وفي سهوله الفيضية. والمواد العضوية تلعب دوراً مختلفاً في الترسبات النهرية وخاصة في التأثير على ترسبات المواد الفيضية الدقيقة.

2 ـ بيئة بحيرية (بحيرات): (Lacustrine)

إن بيئة البحيرات تشتمل على أجزاء ترسيبية متباينة جداً. . لكنها تمتاز بأعماقها الضحلة وأمواجها الصغيرة وتياراتها الضعيفة وأعمارها قصيرة مقارنة بالمحيطات، والبحيرات ليس فيها ظاهرة المد والجزر والتغير في مستواها موسمياً بدلاً من أن يكون يومياً. إن حدود بيئة الترسيب في البحيرات تشمل حجمها، شكلها، عمق مياهها، والطاقة الرئيسية المؤثرة على ترسباتها هي الطاقة الحرارية والطاقة الكيميائية عدا البحيرات الكبيرة حيث يكون لأمواجها طاقة ميكانيكية تؤثر على خلجانها. . . والمواد المترسبة هي المواد الفتاتية التي تتراوح بين المواد الخشنة والمواد الدقيقة، وفي بعض البحيرات فإن محتوياتها من الأملاح الذائبة والغازات تؤثر بشكل كبير على ترسباتها، والعوامل البايولوجية تختلف في أهميتها فقد يسود تأثيرها على الترسيب موضعياً خاصة في الأعماق الضحلة والمحصورة من البحيرات وفي أجزاء من البحيرات قد لا يكون لها أي تأثير يذكر.

إن ترسبات البحيرات تتأثر بشكل كبير بحجم البحيرة نفسها فالبحيرات الصغيرة قرب الأنهار قد يظهر فيها التغير في الرسوبيات من الترسبات الفيضية إلى ترسبات المستنقعات، وفي معظم البحيرات الصغيرة فإن المواد الفتاتية الدقيقة تترسب في أعماقها وبشكل مستوٍ، كما أن الأجزاء الساحلية منها تسود فيها الترسبات الرملية التي تكون بشكل طولي على امتداد الساحل.

3 ـ بيئة الأهوار والمستنقعات: (Swamp, Mashes)

إن المستنقعات (أرض سبخة) والأهوار هي كتل مائية ساكنة وضحلة وقد تكون أرض رطبة منخفضة تعيش فيها كميات كبيرة من النباتات. . ومياه المستنقعات والأهوار قد تكون بحرية أو قد تكون مزيجاً من المياه البحرية ومياه النهر «مويلح» (Brackish) أو قد تكون عذبة. . وتنمو في هذه المستنقعات أنواع مختلفة من النباتات حسب مياهها وموقعها من خط الاستواء وفي جنوب العراق فإن أهواره يكثر فيها القصب والبردي.

إن ما يحدد ظروف الترسيب في المستنقعات هو شكلها العام وطولها وأعماقها. إن الطاقة الرئيسية فيها هي الطاقة الحرارية أو الكيمياوية بدلاً من الطاقة الحركية (الميكانيكية) والمواد التي تتواجد في هذه البيئة هي الغرين أو السلت (Silt) والطين التي قد يحملها النهر إلى داخل المستنقعات وكذلك الأملاح والغازات الذائبة في الماء وبسبب سكون هذه المياه لفترة طويلة فإنها خالية من الأوكسجين (Anaerobic).

إن العوامل البايولوجية تلعب دوراً أساسياً في التأثير على هذه الترسبات حيث إن معظم الترسبات هي بقايا النباتات التي تعيش فيها والترسبات قد تتغير من ترسبات عضوية 100٪ كالترسبات الفحمية (Peat) إلى مزيج من المواد العضوية والفتاتية إلى حالات تسود فيها المواد الفتاتية فقط.

4 ـ بيئة الكهوف: (Cave Spelean)

تتكون داخل بعض الكهوف ترسبات من محاليل المياه الجوفية.. فتلك المحاليل المشبعة بالبيكربونات قد ترسب كاربونات الكالسيوم عند ارتفاع درجة حرارة المحلول أو انخفاض الضغط الواقع عليه نتيجة خروجه من أعماق الأرض وملامسته للهواء ويكون ما يسمى «الهوابط» «ستلكتايت» (Stalactite) نتيجة خروج المياه بشكل قطرات من سقوف الكهف أو «الصواعد» «ستلكمايت» (Stalagmite) وهي الرواسب المتكونة في قاع الكهف نتيجة لسقوط قطرات المياه على أرضية الكهف وتبخرها. وقد تلتحم الهوابط بالصواعد مكونة أعمدة ذات ألوان جميلة وأشكال حلقية أو غيرها.

2 ـ بيئة الترسيب الانتقالية: (Transitional Environment)

هناك ثلاث بيئات ترسيبية اعتبرت انتقالية وهي:

1 ـ بيئة الدلتا (Delta).

2 ـ بيئة البحيرات الشاطئية ـ اللاغون ـ (Lagoon).

3 ـ البيئة الساحلية ـ منطقة المد والجزر (Littoral).

أ ـ بيئة الدلتا:

إن منطقة الدلتا تغذيها رواسب الأنهار من جهة ورواسب تيارات البحر أو البحيرات من جهة أخرى، وتنمو منطقة الدلتا (نتيجة لانحسار البحر عنها تدريجياً) وذلك إذا كانت كميات الترسبات التي ينقلها النهر أكثر مما تتمكن التيارات

والأمواج البحرية من بعثرتها ومثالها دلتا النيل. وإن بيئة الترسيب في منطقة الدلتا وكذلك طبيعة المصادر التي تؤدي إلى الترسبات هي مزيج من عدة عوامل وتشمل الترسبات الفيضية (النهرية) وترسب البحيرات وترسبات المستنقعات وساحل البحر والترسبات التي تنقلها الرياح إلى تلك المنطقة، وأن هذا الخليط من عوامل الترسيب يجعل من المفضل جمعها تحت عنوان واحد هو الدلتا وبذلك تتحدد في دراستنا بموقع تلك الرسوبيات. إن الظروف التي تحدد بيئة الترسيب في منطقة الدلتا تشمل نظام الأنهار والطوبوغرافية العامة للمنطقة وطبيعة ساحل البحر. . . وإن الطاقة المؤثرة في الترسبات هي طاقة ميكانيكية (حركية) وبضمنها الطاقة الحركية للنهر والأمواج والتيارات البحرية وحتى الرياح.

إن المواد المترسبة هي المواد الفتاتية الخشنة والدقيقة إضافة إلى ترسبات رملية وعضوية. . كما أن الأملاح الذائبة في المناطق القريبة من البحر تؤثر على نوع الترسبات. . أما تأثير العوامل البايولوجية فقد تكون ذات أهمية موضعية كالحالات التي يتكون فيها حاجز (حيد) (Reef) من أصداف المحار الذي يؤدي إلى تكون البحيرات الشاطئية (Lagoon) وكذلك الترسبات العضوية في الأهوار المحصورة.

ب ـ بيئة البحيرات الشاطئية ـ اللاغون ـ: (Lagoonal Environment)

إن البحيرات الشاطئية هي عبارة عن كتلة من الماء الهادىء نسبياً والمعزول عن البحر بواسطة حاجز وهذه الحواجز تمنع تيارات البحر من دخول المستنقع أو تقلل من تأثيرها ويستلم الماء العذب من النهر والماء المالح من البحر بواسطة قنوات المد، وهذه الظروف تجعل مياه المستنقع متدرجة من المياه المالحة قرب مداخل الحاجز إلى مياه مختلطة في الوسط ومياه عذبة قرب مصبات الأنهار. إن العوامل التي تحدد بيئة الترسيب تشمل شكل المستنقع وعمق الماء والحواجز التي تحجب المستنقع عن البحر. أما المواد التي تترسب فهي متغيرة بين المواد الفتاتية التي تجلبها الأنهار والأملاح الذائبة في المياه. . إن الطاقة الرئيسية في هذه الأجواء هي الطاقة الحرارية عدا مصبات الأنهار وفي مناطق المد حيث تكون هناك طاقة حركية مؤثرة على فصل المواد الفتاتية حسب الحجم. أما دور العوامل البايولوجية فهو يشمل على تأثير النباتات المائية والحيوانات التي تعيش في القاع والطافية منها تساهم بتكوين ترسبات كلسية وخاصة في المناطق الهادئة من المستنقع.

جـ ـ بيئة الشاطىء (الساحل): (Littoral Environment)

هي المنطقة المحصورة بين حدود المد والجزر والميزة الخاصة لهذه المنطقة هي أنها تتعرض للهواء ثم يغطيها الماء خلال دورة المد والجزر المتكررة. إن ساحل البحر يعتبر المنطقة المثالية لهذه البيئة الترسيبية... وإن معظم السواحل متكونة من ترسبات رملية جلبت بواسطة الأنهار أو بواسطة أمواج البحر التي تكسر حواجز البحر وشواطئه وعندما تكون منطقة الساحل محمية من تأثير الأمواج كما في الخلجان البحرية ومصبات الأنهار (Esturies) فقد تتكون منطقة المد والجزر بعرض كبير ورسوبياتها متكونة بصورة كبيرة من الطفل، أما ما يحدد بيئة الترسيب فهو شكل الساحل ومنحدره. إن المواد المترسبة في هذه المنطقة هي المواد الفتاتية التي تشكل الجانب الرئيسي من الترسبات ويتراوح حجمها بين الجلاميد أو الحصى وتتدرج في الحجم إلى الطين. إن الطاقة الحركية للأمواج والتيارات هي الطاقة الرئيسية في هذه البيئة وأن العوامل البايولوجية ليست ذات تأثير كبير وذلك لأن طبيعة بيئة منطقة المد والجزر لا تساعد على ازدهار الحياة وذلك بسبب تعرضها اليومي للهواء ثم للتغطية بالماء، إلا أن هناك أنواعاً خاصة من الأحياء يمكن أن توجد فيها وهي بعض الديدان والسرطانات وأنواع من المسرجيات وتكون سبباً في إضافة بعض المواد العضوية إلى رسوبيات المنطقة... إن ترسبات منطقة المد والجزر تماثل تلك التي تتكون في المستنقعات عدا أن تأثير الأكسدة في بيئة الساحل أكبر من منطقة المستنقعات لأنها تتعرض للهواء بين فترة وأخرى وترسباتها الرئيسية هي مواد طينية دقيقة رمادية اللون أو سوداء مع بعض الترسبات الرملية والحصوية المتواجدة بشكل عدسات.

3 ـ البيئة البحرية: (Marine Environment)

عدل التقسيم الكلاسيكي للبيئة البحرية الذي يستند على «أعماق المياه» (Bathymetric) بحيث أدخل عاملي الأحياء الموجودة في البحار وكذلك الظروف الطبيعية في قاع البحر (لاحظ الشكل 7 ـ 1) والمناطق الرئيسية فيه ابتداءً من الساحل هي:

أ ـ المنطقة الساحلية أو منطقة المد والجزر (Littoral Zone) وهي بيئة انتقالية وقد تطرقنا إليها.

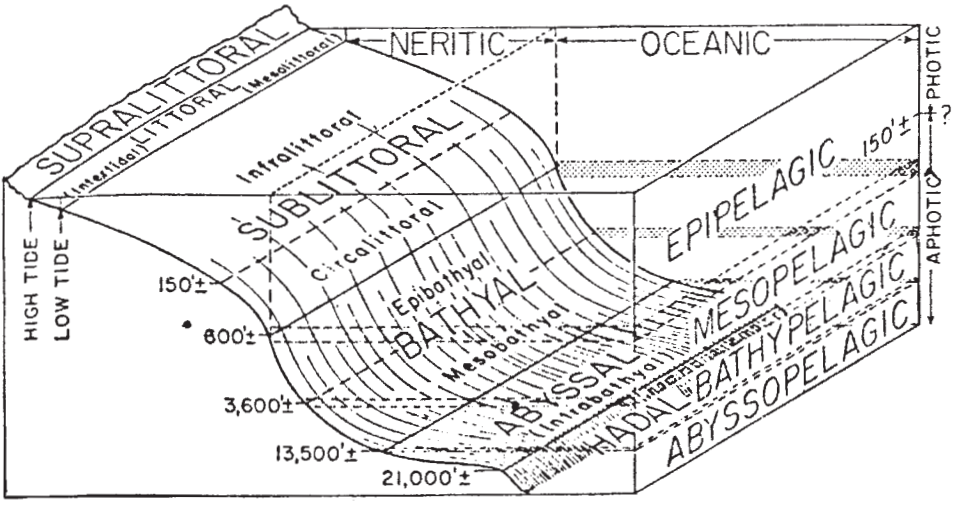
ب ـ المنطقة النريتية أو الضحلة (Neritic Zone) ويشار إليها أيضاً باسم المنطقة

«تحت الساحلية»(Sublittoral Zone) أي المنطقة التي تلي المنطقة الساحلية، وتمتد من منطقة الجزر وإلى عمق 600 قدماً (حوالي 180م)[1].

جـ ـ منطقة باثيال (الأعماق) (Bathyal) وتنحصر بين عمق 600 قدماً وإلى 13,500 قدماً (من حوالي 180 ـ 4,000م).

د ـ منطقة أبيسال (الأعماق الكبيرة) (Abyssal) وتشمل المنطقة ما بين الأعماق 13,500 قدماً وإلى 21,000 قدماً (من حوالي 4,000 ـ 6,300م).

هـ ـ منطقة هدال (الأعماق السحيقة)(Hadal) وهي تمثل أعماق البحار التي تلي الأعماق 21,000 قدماً (6,300م) وسوف نتطرق إلى هذه المناطق بشيء من التفصيل.



شكل (7 ـ 1) البيئة البحرية وتقسيماتها (المصدر Krumbein & Sloss, 1963)

البيئة النريتية : (Neritic) أو ما بعد الشاطىء : (Sublittoral)

تنحصر هذه المنطقة ما بين منطقة الجزر الواطىء (Low tide) إلى عمق 600 قدماً (حوالي 180م) وتشمل منطقة الجرف القاري(Contenintal shelf) . . . وقد قسمت إلى منطقتين ثانويتين : الأولى هي المنطقة التي تلي الشاطىء مباشرة (Infralittoral)[2] وتمتد من الجزر إلى عمق 150 قدماً.

(1) المتر يساوي 3,28 قدماً.

(2) المقطع Infra لاتيني ويعني تحت أو ضمن.

والثانية هي المنطقة القريبة أو المجاورة للشاطىء (Circalittoral)[1] وتشمل الأعماق من 150 قدماً وإلى 600 قدماً.

لقد اعتمد العمق 150 قدماً كحد للفصل بين المنطقتين الثانويتين لأنه يمثل العمق الذي تخترقه أشعة الشمس عادة، لذا فقد أطلق على كتلة المياه من سطح البحر إلى عمق 150 قدماً مصطلح نطاق ضوئي (Photic) (لاحظ الجانب الأيمن من الشكل 6 ـ 1)[2].

والمنطقة التي تليها سميت غير ضوئية (خالية من الضياء) (Aphotic) أو خالية من ضياء الشمس.

العوامل المؤثرة على البيئة هنا تعتمد على عمق المياه وتوفر المواد الفتاتية وهي تختلف حسب البعد والقرب من الساحل.

إن المواد المترسبة معظمها فتاتية.. والطاقة المؤثرة هي طاقة حركية بالدرجة الأولى وتشمل حركة الأمواج والتيارات.. وإن تأثير العوامل البايولوجية ضعيف في المناطق الضحلة بسبب قوة حركة المياه.

وكلما ابتعدنا عن الساحل وصلنا إلى المنطقة الخارجية أو المجاورة للساحل (Circalittoral) والعوامل المؤثرة هي زيادة عمق المياه.. والطاقة الرئيسية هي الحرارية والمواد المترسبة أدق من المنطقة السابقة وتحتوي على فتات أقل، وتأثير العوامل العضوية في الترسيب يزداد... إن الأملاح والغازات المذابة في مياه البحر ودرجة اختراق أشعة الشمس للمياه هي عوامل مؤثرة في طبيعة وتوزيع الأحياء.

وبصورة عامة فإن البيئة تحت الساحلية هي أهم بيئة من ناحية التحليل الطباقي.

ولقد قدر أحد الباحثين أن الرسوبيات في هذه المنطقة (أي التي أعماقها أقل من 600 قدماً) تكون حوالي 80٪ من رسوبيات العمود الجيولوجي.

بيئة الأعماق: (Bathyal)

وتمتد من عمق 600 قدماً إلى عمق 13,500 قدماً... وتقسم إلى مناطق ثانوية هي: بيئة الأعماق السطحية(Epibathyal) وتمتد من 600 قدماً إلى 3,600 قدماً.

---

(1) المقطع Circa لاتيني ويعني حوالي أو تقريباً.

(2) تشير مصادر أخرى أن عمق النطاق الضوئي 200م (حوالي 600 قدماً) (Mintz., 1977).

وتشمل معظم المنحدرات الخارجية للرصيف القاري (Continental shelf) منطقة الأعماق الوسطية (Mesobathyal) وتمتد من 3,600 قدماً إلى عمق 13,500 قدماً وتشمل الأجزاء الرئيسية من قيعان الأحواض البحرية.

إن الترسبات في هذه المنطقة تشمل مواداً رملية دقيقة جداً، الطين، مواد كلسية، كلوكونايت، وترسبات سليكية. وتتدرج هذه الترسبات نحو ترسبات المنطقة الأقل عمقاً وهي ترسبات البيئة النريتية... إلا أن الميزة الرئيسية في الترسبات هي تكون الترسبات السليكية في منطقة الباثيال.

يمتاز القاع بمياهه الهادئة نسبياً، لذا فإن تأثير الطاقة الحركية قليل جداً عدا الحالات التي يحصل فيها انزلاقات للمواد الرسوبية نحو القاع... والمواد في هذه البيئة هي الأملاح الذائبة في مياه البحر والمواد الدقيقة.

إن للعوامل البايولوجية تأثيراً مهماً على الرسوبيات المتكونة من أصداف الأحياء الطافية... والأحياء التي تعيش في القاع تماثل تلك المتواجدة في قاع المنطقة النريتية... واختراق الضياء محدد في الأعماق والنباتات البحرية قليلة أو معدومة.

بيئة الأعماق الكبيرة: (Abyssal)

وتشمل المنطقة التي تمتد من 13,500 قدماً إلى 21,000 قدماً.

بيئة الأعماق السحيقة: (Hadal)

وتمتد من 21,000 قدماً إلى عمق أكبر.

إن الضوء لا يدخل المنطقتين الأخيرتين والضغط فيها عالٍ يزيد على الألفي باون/ أنج المربع الواحد ودرجة الحرارة منخفضة وهي عادة أقل من 5°م.

إن هذه العوامل مجتمعة تؤثر سلبياً وبشكل كبير على الحياة في الأعماق. النباتات البحرية فيها معدومة والحيوانات التي تعيش في القاع تقتات على بقايا الأحياء التي تموت وتسقط في القاع بعد موتها.

إن العامل الرئيسي المحدد للبيئة هو عمق المياه... وتأثير الطاقة الحركية للتيارات قليل جداً في هذه المنطقة... المواد المترسبة في هذه البيئة مصدرها الأملاح الذائبة والمواد الفتاتية الدقيقة التي تسقط من الأعلى فضلاً عن الأجزاء الصلبة الجيرية والسليكية للأحياء الطافية. إن هذه الأجزاء الصلبة تشكل الجزء الرئيسي من الترسبات المتجمعة.

كما يظهر الشكل (7 ـ 1) تقسيمات أخرى وهي ـ ابتداءً من المناطق الأقل عمقاً:

أ ـ البحرية السطحية: (Epipelagic)

ب ـ البحرية الوسطية: (Mesopelagic)

جـ ـ البحرية العميقة: (Bathypelagic)

د ـ البحرية ذات الأعماق الكبيرة: (Abyssopelagic)

إن أصل الكلمة «Pelagic» إغريقية وهي Pelagikos وتعني البحر وقد استخدمها الجيولوجيون لتعني منطقة البحر المفتوح (Oceanic) وذلك لتمييز هذه المنطقة عن المناطق الأخرى الأقرب إلى الساحل كالمنطقة النريتية (Neritic)، لاحظ المصطلحات أعلى الشكل (7 ـ 1).

الأدلة على البيئة القديمة

الدليل الصخري: (Lithologic Evidence)

إن مدى استعمال هذا الدليل في تحليل البيئة القديمة محدود جداً، فعلى سبيل المثال فإن الصخور الخالية من المتحجرات يصعب تحديدها بشكل مؤكد تماماً في ما إذا كانت بحرية أو غير بحرية، وفي بعض الحالات فإن منشأ حجر رملي إذا كان محلولاً (Aqueous) أو ريحياً (Eolian) يكون مشكوكاً فيه أيضاً، ويمكن أن نكون متأكدين من الدليل الصخري للبيئة حينما يكون الترسيب في طور التكون... لذا فبالرغم من أن الطفل (Shale) يعطي احتمالاً بوجود ماء خابط وقاع ذي طين رخو فإن التيارات العكرة(Turbidity Current) قد تنقطع ومنطقة يسود فيها صفاء الماء قد تتعكر لفترة قصيرة من الزمن وذلك بسبب سقوط أمطار قوية في الأراضي القريبة... أو بتأثير الأمواج الناتجة من رياح قوية بشكل استثنائي.

ترسب الحجر الرملي يعطي احتمالاً بأن المنطقة التي تكون فيها كانت ضحلة وأن تأثير التيارات لا بأس به.. إلا أن حبيبات الرمل قد تنقل إلى أعماق كبيرة أيضاً إذا كان الترسيب بطيئاً.

الدليل العضوي: (Biologic Evidence)

على الرغم من أن معظم الصخور الرسوبية خالية من المتحجرات فإن النماذج العديدة للمتحجرات توجد بصورة أو بأخرى في العديد من الطبقات

البحرية. . . إن وجود المسرجيات، الجلد شوكيات، المرجان الرأسقدميات على سبيل المثال تعتبر أدلة نموذجية على أن الصخور التي توجد فيها هي صخور بحرية الترسيب وقد تكونت في حوض يتصل بالمحيط.

إن المتحجرات غير البحرية هي أقل تواجداً من البحرية وأن الأنواع غير البحرية من بعض المجاميع كالمحاريات (Pelecypods) والبطنقدميات (Gastropods) التي عاشت في البيئتين لا يمكن تفريقها بصورة عامة إلا إذا تمكنا من معرفة المتحجرات الأخرى المتواجدة معها ونتأكد بأنها غير بحرية. وبالمناسبة فإن عدداً قليلاً من المتحجرات اللافقريّات مفيدة في تشخيص ترسبات غير بحرية.

وجود الفقريات (عدا الأسماك والفقريات السابحة الأخرى) هي أدلة جيدة على ترسبات غير بحرية (قارية) وأن متحجرات النباتات التي تعيش على الأرض ليست أدلة جيدة على أن الترسبات التي توجد معها هي غير بحرية لأن بعض الجذور وقطع الخشب والفحم والسبورات قد تنقل إلى مسافات بعيدة من الأرض وتترسب مع بيئات أخرى غير برية، وهناك أدلة عديدة على وجود نماذج من الأصداف التي ذكرت أعلاه مع حجر جيري بحري.

وإن اللافقريات التي تعيش في مياه مختلطة أو مياه عذبة هي أكثر صعوبة في التشخيص. كما أن هناك مجاميع من الأحياء تعيش في مياه عذبة ومياه مختلطة أيضاً.

إن العديد من النواعم (Mollusc) التي عاشت في الترشري ذات علاقة قوية بمثيلاتها التي تعيش حالياً لذا فبالإمكان تحليل البيئة استناداً إلى ذلك التشابه ولكن الصعوبة تبرز مع الأحياء التي عاشت في بيئات جيولوجية أقدم.

إن انتقال المجاميع الحيوانية من بيئة بحرية نموذجية إلى بيئة ذات ملوحة عالية تتميز عادة بانخفاض كبير في عدد الأنواع. وبدون ظهور أنواع مختلفة لتحل محل السابقة كما أن النمو غير الطبيعي لبعض الأنواع البحرية قد يعطي الدليل على بداية الانتقال من بيئة بحرية اعتيادية إلى بيئة ذات ملوحة عالية. رغم ذلك فإن هناك أمثلة على عدم التأكد من تحليل بيئة متحجرات. والمثال على ذلك هو حواجز المرجان في الباليوزوي. . . حيث إن هذه الحواجز متواجدة بكثرة في بعض تكاوين السليوري وتمتد إلى مناطق شمالية بعيدة.

وَعُدَّ وجودها في هذه المناطق دليلاً على أن الظروف كانت شبه مدارية (Subtropical) على أساس الافتراض بأن توزيع المرجان في تلك الفترة كان محدداً

بدرجات حرارة دنيا مقارنة بتلك التي تؤشر الحدود الشمالية للحواجز المعاصرة. . . كما أن هناك أسباباً أخرى جديدة تجعل الجيولوجيين يعتقدون بأن المناخ في الباليوزوي كان معتدلاً عموماً ومتجانساً مقارنة بمناخنا الحالي، ومع ذلك فإن إجراء المقارنة بين المرجان بشكل متقارب بين الحالتين (الباليوزوي والحالي) ليس مضموناً فمرجان الباليوزوي الذي بنى الحواجز يختلف تماماً عن المرجان الحالي بصفاته التركيبية، وعلماء المتحجرات يصنفونها بشكل مختلف تماماً وهناك مجاميع ترتبط بها بصورة بعيدة. . . بالإضافة إلى ذلك فإن بعض المرجان ينمو حالياً وبغزارة في مياه باردة وعميقة وبعض الأنواع القديمة من المرجان يمكن أن تكون قد عاشت في بيئة مماثلة.

إن الأحياء القاعية(Benthonic) تعطي أفضل المعلومات المتعلقة ببيئات الترسيب وهي تقسم إلى مجموعتين:

1 ـ الثابتة (Sessile) وغير القادرة على الحركة التي اختارت وجودها جالسة فوق القاع أو ملتصقة به مثل المسرجيات، الطحلبيات، المرجان، الزنبقيات.

2 ـ المخلوقات التي تتحرك فوق القاع (جوالة) (Vagrant) التي قد تزحف فوق القاع أو تحفر القاع بحثاً عن الطعام أو الحماية مثل الحلزون[1]، الجلد شوكيات. الترايلوبيت والعديد من الرخويات.

من المعلوم أن وجود متحجرات الأحياء السابحة (Nektonic) أو الطافية (Planktonic) تعطي معلومات قليلة على ظروف الترسيب في القاع ولكنها مفيدة في المضاهاة بين المقاطع المتباعدة.

إن كل نوع من أنواع الأحياء يفضل بيئة معينة ومحددة. إن بيئة أنواع المتحجرات غير معروفة بشكل دقيق ولكن من الممكن أن نضع هذه الأنواع في ظروف عامة بها وذلك استناداً إلى ملاحظة الصخور والمجاميع الحياتية التي تعيش معها وكذلك مقارنتها بالأحياء المتواجدة حالياً. . . وهذه الحالات العامة مهمة في تحديد البيئات القديمة.

النباتات الأرضية:

معظم النباتات تمتلك جذوراً، سيقاناً وأوراقاً. وهذه النباتات هي فقط التي

(1) الحلزون (Snail) ـ أي من أشكال البطنقدميات. . والعبارة Snail تطلق عادة على الأشكال القارية (Terresterial) والتي لها قوقعة حلزونية الشكل.

تحفظ كمتحجرات بكميات كبيرة وبشكل واضح، و ما عدا بعض الاستثناءات فإنها تمثل بيئة أرضية أو ترسبات مياه عذبة، وإذا لوحظت تفصيلات البنية الخلوية فيها (Cellular Structures) فإنها تعطي معلومات عن بعض مظاهر المناخ فيما إذا كان جافاً أو رطباً أو كانت درجات الحرارة متقاربة أو أنها ذات مواسم متطرفة الحرارة والبرودة.

الفواكه والأجزاء التكاثرية تعطي معلومات عن البيئة وذلك لأن السبورات تحتاج إلى رطوبة عالية ولكن البذور ممكن أن تنبت في مواضع جافة نسبياً. معظم النباتات التي حفظت تمت في أراضٍ منخفضة.

النباتات الطافية:

جميع النباتات التي تعيش في المحيطات هي طافية أو معلقة ومعظمها مجهرية ميكرسكوبية وما عدا الدايتوم فإن قليلاً منها ممكن أن يصبح متحجراً، وهي منتشرة في المياه العذبة والمالحة ولا تلاحظ متحجراتها عادة ما عدا في المحلات التي تكون الترسبات الفتاتية فيها بطيئة جداً، وبقاياها تجمعت بأعداد هائلة هذه المتحجرات ليست ذات أهمية في تعيين طبيعة بيئية الترسيب عدا أنه من المحتمل أن يكون بطيئاً.

الطحالب الكلسية:

هذه النباتات القاعية تحتاج إلى مياه صافية نسبياً، ضحلة يصلها النور بشكل كبير، وهي مهمة كعناصر منتجة لكاربونات الكالسيوم وكعوامل تساعد في شد وتماسك المواد الكلسية كما في حالة الحاجز العضوي. وقد وجدت في صخور تعود في قدمها إلى ما قبل الكامبري.

إن متحجرات النباتات لا تثير أهمية طباقية كبيرة ولا يمكن الاعتماد عليها بصورة عامة في تحديد الأعمار الجيولوجية الحاوية عليها عدا تلك التي انتشرت بصورة كبيرة في العصر الكاربوني، وأهمية النباتات تكمن في تشكيل الصخور الفحمية والصخور الكاربوناتية والصخور السليكية.

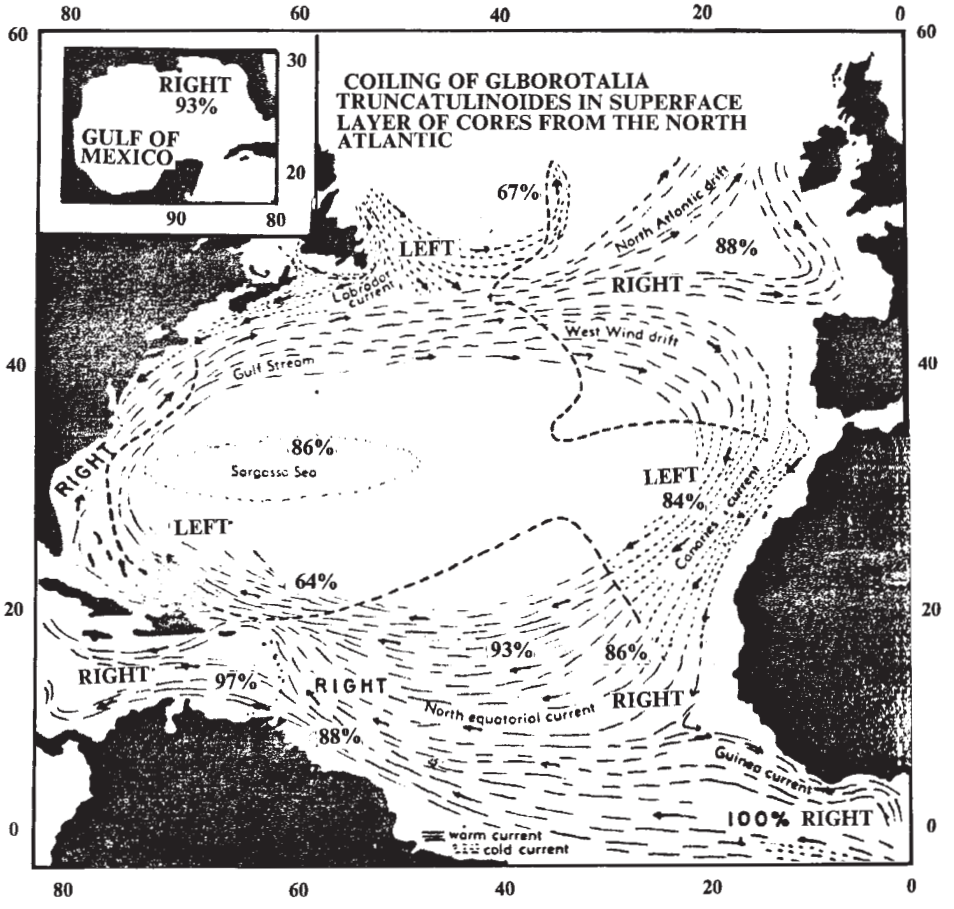
وقد ظهر علم جديد في بداية القرن العشرين هو الپالينولوجي (Paleonlogy) ويُعد الآن أحد الفروع الهامة من علم المتحجرات الدقيقة.

يختص هذا الفرع بدراسة حبوب الطلع (Pollens) والأبواغ (اللقاح) (Spores) وهذه تعطي معلومات قيمة عن توزيع النباتات وأنواعها المختلفة خلال الفترة التي تواجدت فيها كما تعطينا فكرة عن المناخ السائد.

وقد طبق في البداية على صخور الدور الرابع (الكوارترنري) ثم توسع استخدامها لتشمل صخور العمود الطباقي من الپاليوزري وحتى الحاضر (Recent).

الفورامنيفرا (المنخريات): (Foraminifera)

تتواجد في كافة أنواع البيئة المائية ـ البحرية، المختلطة والعذبة. وهي توجد حالياً في مياه البحر في الأعماق الضحلة مثبتة على القاع أو حرة متنقلة فوقه أو معلقة في مياه البحار والمحيطات... وهي أكثر أحادية الخلية (Protozoa) التي لوحظت كمتحجرات ومعظم الأنواع القاعية منها محصورة في أنطقة محددة تتأثر بالحرارة والملوحة ونوعية القاع... ونظراً لتأثرها بعوامل البيئة المختلفة فإن الفورمنيفرا تعتبر من المتحجرات المهمة في تحديد البيئة القديمة.



شكل (7 ـ 2) مواقع أحد أنواع الجنس Globorotalia موزعة حسب اتجاه اللفات اليمينية السائدة واليسارية التيارات الدافئة ممثلة بخطوط صلدة والتيارات الباردة ممثلة بخطوط مقطعة

إن معرفة توزيع الأنواع الحديثة يمكن الاستفادة منها في تحليل بيئات الترشري... والأنواع الكبيرة منها توجد في بيئة بحرية ضحلة في المناطق الاستوائية، وهناك أجناس طافية مثل جنس الكلوبوروتاليا (Globorotalia) وهي منتشرة بصورة كبيرة، وقد تمكن العلماء من ملاحظة طريقة التفاف صدفة نوع يعود لهذا الجنس في المحيط الأطلسي حالياً وقد أدى ذلك إلى تشخيص نوعين من الالتفاف كل طريقة التفاف متحددة (محصورة) ببيئة معينة(لاحظ الشكل 7 ـ 2).

تعتبر الفورامنيفرا من أهم المتحجرات المستعملة في علم الطبقات نظراً لانتشارها الواسع في صخور العمود الجيولوجي... فهي تمتد من الكامبري الأسفل حتى الآن وقد وجدت نماذج كبيرة منها في العصر البنسلفاني والبرمي فمتحجرات الفيوسلينيد (Fusulinds) تعتبر من أهم المتحجرات المرشدة لصخور هذين العصرين.

وكان لها انتشار واسع آخر في الكريتاسي والسينوزوي... وقد شكلت أصدافها المكونات الرئيسية لبعض الصخور الجيرية.

الشعاعيات: (Radiolaria)

تنسب الشعاعيات إلى تحت شعبة شعاعيات الأرجل (Rhizopoda) وهي كائنات بحرية تتوزع في جميع البحار إلا أن غالبيتها تعيش في البحار الدافئة بينما تنوع أشكالها محدود في البحار الباردة وتعيش في سطح البحر إلى عمق 300م والبعض منها يعيش في مياه أكثر عمقاً من ذلك...

تسقط هياكلها بعد موتها إلى قاع البحر مشكلة طيناً غنياً بهذه الهياكل ويطلق على هذا الطين تسمية (Radiolarian Ooze) وتتواجد هذه الهياكل في أعماق تتراوح ما بين 2,300 ـ 4,500 فاثوم[1]... عرفت هياكل الشعاعيات منذ الكامبري حتى الآن... ويعتقد بعض الجيولوجيين بأنها كانت متواجدة في فترة ما قبل الكامبري وهياكلها تشكل في بعض الأحيان القسم الأكبر من الصخور السليكية كالكواراتزايت، ونظراً لمداها الجيولوجي الكبير وحجمها الدقيق وسهولة تكسر هيكلها جعل من الصعوبة استخدامها كأداة مهمة في المضاهاة. عدا بعض منها فله امتداد جيولوجي محدود.

الإسفنجيات: (Sponges)

تعيش أغلبية الإسفنجيات حالياً مثبتة على قيعان البحار الضحلة الواقعة في

(1) الفاثوم وحدة أعماق وتساوي 6 أقدام.

المناطق المدارية والمعتدلة والباردة، والاسفنجيات ذات الهياكل السليكية تعيش على قيعان تتراوح أعماقها بين 500 ـ 1000م.

وهناك فصيلة واحدة منها تعيش في المياه العذبة كالبرك والبحيرات وهي تفضل القيعان الصخرية غير أن بعضها يثبت نفسه بجذور خاصة على القيعان الطينية الرخوة.

كما أنها تحتاج في حياتها إلى مياه هادئة غير مضطربة لأن المياه العكرة تغلق فتحاتها المغذية.

عثر على أشواك الاسفنجيات في معظم الصخور الرسوبية اعتباراً من فترة ما قبل الكامبري.. وهي قد تكون بكميات كبيرة لتشكل صخوراً سليكية... أما الاسفنجيات الكلسية فقد وجدت اعتباراً من العصر الديفوني وتكثر هذه المجموعة في بعض طبقات الجوراسي والكريتاسي والباليوجين وهي لا زالت ممثلة في البحار الحالية.

شعبة معويات الجوف: (Coelenterata)

حيوانات لا فقرية مائية تعيش أغلبيتها في البحار عدا بعض الأنواع التي تعيش في المياه العذبة مثل حيوان الهايدرا وأكثريتها تنمو بشكل مستعمرات وقلة منها تنمو منفردة.. وهي إما مثبتة على قعر البحر.. أو تكون حرة معلقة أو سابحة.

وهي تمتد من الكامبري وإلى العصر الحديث... وسوف نتطرق إلى بعض صنوف ورتب هذه الشعبة:

صنف الهايدروزوا (Class Hydrozoa) تعيش بشكل مستعمرات ولها هيكل كلسي ومداها من الكامبري إلى العصر الحديث.

رتبة ميلبورانيا (Order Milleporina) وهي من الهايدروزوا البانية للصخور ومتحجراتها معروفة من الكريتاسي إلى العصر الحديث وهي حالياً في البحار الضحلة الدافئة...

صنف الأنثوزوا (الزهرية) (Anthozoa)... أفرادها جميعاً بحرية ومتحجراتها معروفة من الأوردوفيشي إلى العصر الحديث. ومنها تحت صنف السيوناريا (Alcyonaria) (المرجان الثماني) وهذا المرجان معروف من العصر الترياسي ـ الحديث.. وتحت صنف زوانثاريا (Zoantharia) وهي تضم معظم حيوانات المرجان وأهمها... وجميع نماذج المرجان بحرية وهي معروفة من أعماق مختلفة

إلا أن معظمها يعيش في بحار ضحلة لا يزيد عمقها عن 180م. صافية ودافئة تتراوح حرارتها ما بين 18°م ـ 30°م لذا فهي تعتبر من دلائل البيئة القديمة المهمة... وتنتمي إلى هذه المجموعة رتبة روكوزا ـ المرجان الرباعي ـ ومدى هذه الرتبة من العصر الأوردوفيشي وإلى البرمي وكانت قمة انتشارها خلال السيلوري والديفوني الأوسط، وكذلك خلال الكاربوني الأسفل والأوسط... ورتبة سكليركتينيا (Scleractinia)ـ المرجان السداسي ـ وتضم هذه الرتبة معظم المرجان المسيوزوي والسينوزوي ومداها من الترياسي وإلى العصر الحديث.

رتبة الصفائحيات (Tabulata). من المرجانيات المنقرضة التي اقتصر وجودها بصورة رئيسية على دهر الباليوزوي وهي تضم عدداً من المتحجرات المرشدة المهمة.. ومداها من العصر الأوردوفيشي إلى العصر البرمي ووصلت قمة تطورها خلال السيلوري والديفوني.

الستروماتو بوروید: (Stromatoporoids)

وهي متحجرات الأحياء انقرضت وتمتد من الكامبري ـ الكريتاسي وقمة انتشارها خلال العصر السليوري والديفوني، وكانت مهمة في بناء بعض الحواجز العضوية ويظهر من دراسة نماذجها وبيئتها أنها عاشت في البيئة المماثلة لبيئة مستعمرات المرجان والطحالب الجيرية... وبيئة الستروماتو بوروید هي المياه الصافية نسبياً والضحلة.

الطحلبيات: (Bryozoans)

هي حيوانات تعيش ثابتة وبشكل مستعمرات وأن معظم التي لها هيكل صلب هي بحرية. وهي تبني مستعمراتها على أجسام صلبة في قاع البحر، أو على حيوانات أخرى أو على الحشائش... ومعظم متحجراتها توجد في الطفل الجيري أو الحجر الجيري... وقد لوحظ أن تواجد الطحالب في العصر الباليوزوي يكون عادة مع المسرجيات... والطحلبيات تفضل المياه الضحلة التي فيها كميات كافية من الأوكسجين.

توجد في العديد من التشكيلات الجيولوجية ابتداءً من العصر الأوردوفيشي وهي كثيرة في هذا العصر مما دفع الجيولوجيين إلى الاعتقاد بوجود أسلاف لها تعود إلى أواخر الكامبري... فقد عثر على بقاياها بكميات كبيرة في الأوردوفيشي الأوسط والأعلى وهذه البقايا تعود إلى جميع الرتب ما عدا رتبة كيلوستوماتا

(Cheilostomata) التي ظهرت في الجوراسي وانتشرت خلال عصر الكريتاسي والدهر الحديث. . . .

إن صعوبة دراستها التي تحتاج إلى عمل مقاطع رقيقة من عيناتها قلل من أهميتها الطباقية عدا بعض الأجناس المنقرضة فقد كان لها عمر محدود وتوزيع جغرافي كبير، وبذا فهي تعتبر من المتحجرات المرشدة. . .

المسرجيات: (Brachiopods)

هذه الحيوانات ثنائية الصدفة وهي أهم المتحجرات التي وجدت في صخور الباليوزوي. وقد أعقبتها في الأهمية بعد ذلك الزمن الرخويات (Mollusca).

المسرجيات كانت مقتصرة على البيئة البحرية ومعظمها كانت ثابتة تعيش على قاع البحر أو ملتصقة به أو ببعض الأجسام الصلبة أو الحشائش، وفي البعض منها مثل جنس (Lingula) إما دفنت في القاع الطيني أو تحور العنق (Pedicle) فيها إلى عضو حركة فتحركت ببطء فوق السطح.

وتأقلمت أنواع مختلفة منها للعيش في بيئات مختلفة ونادراً ما نجد صخوراً تعود إلى الباليوزوي دون نماذج من هذه المجموعة، فمعظم المسرجيات عاشت في مياه صافية حيث القاع قوي وثابت ومتحجراتها أكثر تواجداً في الحجر الجيري والطفل الكلسي.

عثر على هياكلها منذ أقدم العصور الجيولوجية (الكامبري الأسفل) غير أنها انتشرت بصورة خاصة في الدهرين الباليوزوي والمسيوزوي انتشاراً كبيراً وهي لا زالت ممثلة بنحو 200 نوعاً أما أشكالها المتحجرة فيبلغ حوالي 30 ألف نوع. .

إن وجود عدد كبير من أنواعها في الكامبري الأسفل وتعقد بنيتها خلال تلك الفترة دفع الجيولوجيين إلى الاعتقاد بأن ظهورها كان بلا شك قبل الكامبري.

الرخويات: (Mollusca)

الرخويات كلها مائية تقريباً وتعيش أغلبها في البحار، وبعضها يعيش في المياه العذبة، أو على اليابسة حيث تكيفت لتنفس الهواء الجوي. وغالبية الأشكال المائية قاعية، تعيش على قاع البحر زاحفة أو مثبتة أو داخل مساكن تحفرها في الرسوبيات، وقد توجد بعض الأشكال سابحة.

وجدت متحجراتها منذ الدهر الباليوزوي وامتد وجودها إلى الوقت

الحاضر. . . وكثير منها يعتبر من المتحجرات المرشدة الجيدة.

البطنقدميات (القواقع): (Gastropod)[1]

هي أحياء تعيش على اليابسة والمياه العذبة والمالحة ومعظمها نشطة رغم أنها تتحرك ببطء بواسطة ما يسمى قدمها.

ومعظم الأنواع البحرية منها تعيش على القاع أو بين الحشائش ولكن بعضها يحفر في القاع غير المتماسك وقسم منها يعيش سابحاً.

بعضها يقتات على الأحياء الميتة والقليل منها يعيش على الأحياء الأخرى حيث تهاجمها وتفترسها. تشغل القواقع عدة بيئات بحرية ولكن معظمها يفضل المياه الدافئة الضحلة الغنية بالنباتات. وتعيش الأنواع غير البحرية منها في الأنهار والمستنقعات والبحيرات. . . والأشكال التي تعيش على اليابسة تتواجد في المناطق الرطبة المظللة في المناطق الاستوائية والمعتدلة.

التاريخ الجيولوجي:

تمتد من الكامبري الأسفل وحتى الوقت الحاضر وقد كانت محدودة الانتشار خلال العصر الكامبري. . . وازداد انتشارها منذ بداية الأوردوفيشي. . . ووصل أقصى انتشار لها خلال الدهر السنيوزوي مما جعل لها أهمية طباقية حياتية خلال تلك الفترة. . كانت في الأصل جميعها بحرية ولكن قسماً منها تكيف خلال المسيوزوي والسيوزوي بصورة خاصة للعيش في المياه العذبة وفي الهواء. . .

الرأسقدميات: (Cephalopoda)

إنها أكثر النواعم (الرخويات) (Mollusca) نشاطاً وتنظيماً. . . وجميعها بحرية وهي تقتات بصورة رئيسية على الحيوانات الأخرى (مفترسة) (Carnivorous) وبإمكانها السباحة ومعظم الرأسقدميات ذات الصدفة التي وجدت كمتحجرات فمن المحتمل أنها عاشت في القاع وتأقلمت أنواع مختلفة منها على المعيشة في مختلف ظروف القاع والبعض منها من المؤكد كان يعيش سابحاً في الماء لأن هيكلها الصلب وجد مع ترسبات الطَفَل الأسود وهو كما أشرنا دليل على عدم ملائمة القاع لمعيشة الأحياء. . وبعض أصداف الرأسقدميات الفارغة بقيت طافية لمسافات بعيدة من مواقع معيشتها ودفنت، ولهذا السبب ولقابليتها على السباحة فإن متحجراتها ذات دلالة ضعيفة على بيئات المعيشة مقارنة بالأحياء الأخرى.

(1) وتسمى أحياناً «معديات الأرجل».

تنتشر في البحار الحالية إلا أنها كانت أكثر انتشاراً في الماضي الجيولوجي. ظهرت في الباليوزوي (الكامبري الأعلى) وبلغت أوج انتشارها في الميسوزوي... وتعتبر من أهم المتحجرات المرشدة في الدهرين الباليوزوي والمسيوزوي.

المحاريات: (Pelecoypods)

تعيش في المياه العذبة والمالحة ومعظمها أحياء تعيش حرة والعديد منها يعيش بأن يدفن نفسه في ترسبات القاع الطيني أو يحرث خلالها بواسطة ما يسمى «قدمها» وهي تعيش في بيئات مختلفة وهي ممثلة بكثرة في المياه الضحلة الخابطة حيث لا تعيش في هذه البيئة أحياء أخرى. والقليل منها قد يعيش سابحاً لمسافة قصيرة والبعض الآخر يعيش ملتصقاً بالصخور أو أية أجسام أخرى يمكن الالتصاق بها.. وتعيش المحاريات من النوع الأخير بأعداد كبيرة جداً مع بعضها بشكل مجموعة.. ومن أمثالها في العراق الرودست (Rudist) وهي من المحاريات الملتصقة التي توجد بأعداد كبيرة في تكوين عقرة الجيري (الكريتاسي الأعلى). تمتد المحاريات من أوائل الكامبري الأوسط وحتى الوقت الحاضر.

في بداية العصر الأوردوفيشي بدأت المحاريات بالانتشار في السيلوري ظهرت مجموعة «غير متجانسة الأسنان».. وفي الديفوني ظهرت تلك التي تعيش في المياه العذبة.

في الميسوزوي والسينوزوي زاد انتشار المحاريات وقسم منها أصبحت متحجرات مرشدة مثل مجموعة أوستراسيا (Ostracea) التي كانت لها أهمية خلال العصرين الجوراسي والكريتاسي..

في العصر الكريتاسي برز جنس أينوسرامس (Inoceramus) وكذلك مجموعة الرودست التي ذكرناها ـ وهي ذات أهمية طباقية حياتية.. استمر انتشارها في الترشري وكانت من الأحياء القاعية المهمة في تلك الفترة.

ثلاثية الفصوص (الترايلوبيت): (Trilobite)

الترايلوبيت حيوانات بحرية انقرضت في نهاية الباليوزوي معظمها كانت أحياءً تعيش في القاع إما زاحفة فوقه أو في حفر طمرت نفسها فيها في أعماق قليلة في قاع البحر... ومن المحتمل أنها كانت قادرة على السباحة أيضاً ولكن لمسافات قصيرة جداً قرب القاع، ومن المحتمل أن معظمها كان يقتات على الحيوانات الميتة.

وجدت الترايلوبيت في ترسبات دقيقة تجمع معظمها في مياه هادئة. . وبعض الأنواع تأقلمت على ظروف المياه القوية فوق الحواجز العضوية أو بالقرب منها. . . وتمتاز الترايلوبيت أنها في نموها تلقي بالقشرة الصلبة بعد كل مرحلة من مراحل النمو وهو ما يسمى الانسلاخ (Molting or Ecdysis) والعديد من هذه الأجزاء الصلبة تحجرت لذا فإن متحجراتها تتواجد بأعداد أكثر من أعداد أفرادها الحقيقي.

ظهرت في بداية الكامبري وانقرضت في نهاية البرمي. وإن ظهورها المفاجيء في بداية الكامبري قد حير العلماء مما جعلهم يميلون إلى الاعتقاد بأنها تطورت من أسلاف عاشت قبل الكامبري ولكنها لم تترك آثارها بشكل متحجرات.

تعتبر من المتحجرات المرشدة نظراً لتنوع أشكال أفرادها وتوزعها الجغرافي الواسع واقتصار وجودها على فترات زمنية محددة.

وصلت أوج انتشارها في الأوردوفيشي والسيلوري. غير أنها أصبحت أقل أهمية اعتباراً من الديفوني.

الأوستراكودا: (Ostracoda)

الأوستراكودا هي قشريات دقيقة ثنائية الصدفة تعيش في مياه عذبة ومختلطة ومالحة. . . وهي غالباً ما تعيش في مياه ضحلة نسبياً وساكنة رغم أن فيها نماذج تعيش في بيئات أخرى بما فيها البحار العميقة. وهي مثل الفورامنيفرا والقواقع فإن أنواعها التي عاشت في الترشري تماثل بشكل كبير النماذج الحية منها حالياً وذلك يساعد في تحديد البيئة. . . ولكن الأنواع الأقدم هي أقل أهمية في تحديد البيئة.

تأتي أهمية الأوستراكودا كمتحجرات بعد الفورامنيفرا. ويمتد وجودها منذ الكامبري وحتى الوقت الحاضر.

تتميز بعض أجناسها وأنواعها بعمر جيولوجي قصير وانتشار جغرافي واسع وهذا مما يعطيها قيمة طباقية حياتية جيدة.

عقارب البحر: (Eurypterids)

هي أكبر المفصليات. . . وتعيش سابحة أو زاحفة قريبة من القاع. . . متحجراتها محددة بفترة الباليوزوي ونماذجها نادراً ما توجد مع اللافقريات البحرية الاعتيادية. ويظهر أن عقارب البحر عاشت في أطراف البحار والمياه المالحة والعذبة.

وقد وجدت بقاياها ممتدة من الأوردوفيشي وحتى البرمي. ولكن أكثر تواجداً في بعض الصخور غير البحرية التي تعود إلى العصرين السيلوري والديفوني.

شوكيات الجلد: (Echinodermata)

حيوانات بحرية تمثلها حالياً النجميات (Stellroidea) والقنفذيات (Echinoidea) وأشباه القثاء (Holothuroidea)) والزنبقيات (Crinoidea)... وهي جميعاً ممثلة بشكل متحجرات.. بالإضافة إلى مجموعات منقرضة نذكر منها الكيسيات (Cystoidea) والبرعميات (Blastoidea) تعيش في المياه البحرية ذات الملوحة الاعتيادية (أي أنها لا تعيش في المياه العذبة أو المختلطة).. وتتواجد في قاع البحار الضحلة والعميقة على السواء.. وتفضل أشباه القثاء والقنفذيات القيعان الطينية لأن بعضها يقتات على المواد العضوية المتواجدة فيها.. بينما تفضل شوكيات الجلد الأخرى القيعان الرملية أو الصخرية.. تعيش بعض الزنبقيات والقنفذيات في المناطق ذات التيارات الشديدة والشاطئية وحول الأرصفة المرجانية.. والأشكال المثبتة كالزنبقيات مثلاً تثبت بالقاع إما مباشرة أو بواسطة ساق. بينما الأشكال الحرة منها كالقنفذيات تستند على القاع بواسطة أشواكها وأرجلها القنابية وقد تعيش الأخيرة ضمن حفر تحفرها في الصخر أو الرمل.

تمتد شوكيات الجلد من الكامبري الأسفل وحتى الوقت الحاضر إن وجودها في صخور الكامبري الأسفل يشير إلى أن أسلافها كانت موجودة ما قبل الكامبري إلا أنها لم تترك آثارها بشكل متحجرات. وإن تنوع أشكالها وظهور أفراد تقسيماتها الرئيسية قد حدث اعتباراً من الأوردوفيشي.

تتميز صخور الدهر المسيوزوي بانتشار شوكيات الجلد المثبتة وبصورة خاصة الزنبقيات حيث انقرض معظم صفوفها قبل بداية الميسوزوي.

إن بقايا الأشكال المتنقلة كانت خلال الدهر الباليوزوي ممثلة بقلة وقد انتشرت في الفترات التي تلت ذلك الدهر ولا تزال ممثلة بكثرة في البحار الحالية.

الخطيات (الكرابيولايت): (Graptolite)

أحياء ظهرت في أعالي الكامبري وانقرضت في الكاربوني وتوجد متحجراتها بشكل مستعمرات في أنواع مختلفة من الرسوبيات ويعرف القليل عن بيئات ترسيبها وإن الترسيب كان بطيئاً... بعض الأنواع الطافية منها ذات انتشار جغرافي واسع... وهي تحفظ بشكل كبير في الطفل الأسود الذي يظهر بأنه يشير إلى أن

الظروف القاعية ذات كمية قليلة من الأوكسجين وغير ملائمة لمعيشة معظم الأحياء القاعية.

إن كثرة الكرابتولايت وتوزعها الجغرافي الكبير ووجود أجناس وأنواع منها خلال فترات زمنية محددة جعلت منها متحجرات ذات أهمية طباقية حياتية، فهي تعتبر من المتحجرات المرشدة لبعض عصور الدهر الباليوزوي وخاصة في الأوردوفيشي والسيلوري.

النوع

النوع: (Species)

لاحظ الإنسان منذ القدم أن الحيوانات والنباتات متوزعة في مجاميع تتميز كل مجموعة عن غيرها. وتكون أفراد المجموعة الواحدة متشابهة فيما بينها بعدد من الصفات يستطيع معها أن يطلق عليها تسمية مشتركة...

ويعتبر علماء التصنيف النوع هو الوحدة الأساسية لتصنيف الكائنات الحية والمتحجرات.. وهناك اختلاف بين مفهوم النوع في علم الأحياء وعلم المتحجرات.

النوع في المفهوم البايولوجي (علم الأحياء):

قدم لينيه (Linné) أول تعريف علمي للنوع في عام 1758م وهو يرى أن كل كائن حي يصنف في نوع غير متغير ومخلوق منذ بداية الحياة ويعطي بالتكاثر أفراداً تشبهه.

إن معظم علماء الأحياء يعتبرون النوع مجموعة من الأحياء (الأفراد) المنتظمة تتزاوج فيما بينها أو لها احتمالية التزاوج.. وهي معزولة تناسلياً، عن مجاميع منتظمة أخرى، تحت الظروف الطبيعية.

إن التزاوج يعني امتزاج الصفات الوراثية وهذا الامتزاج يظهر في أفراد النوع الواحد بصورة اختلافات في الحجم، الشكل، اللون... إلخ.

هذه الاختلافات بين الأفراد هي التي أطلق عليها «الضروب» (Varieties).

إن مجموعة الأحياء التي تشكل النوع يمكن أن تنتج من عدد من تجمعات الأحياء المنعزلة جغرافياً.

النوع في علم المتحجرات:

لا يمكن تطبيق تعريف علماء الأحياء للنوع على المتحجرات حيث لا يمكن

إجراء التجارب الحيوية عليها أو ملاحظة إمكانيات التزاوج بين الأحياء. كما لا يوجد لدى عالم المتحجرات سوى الهياكل الصلبة التي يضطر إلى الاعتماد عليها في جمع النماذج المتشابهة في مجموعة واحدة وتميزها عن المجاميع الأخرى. كما أن هناك فروقات أخرى بين النوع في علم المتحجرات والنوع في الكائنات الحية منها:

1 ـ إن بقايا المتحجرات غير كاملة ويستحيل ملاحظة الأجزاء الرخوة منها.

2 ـ إن الحصول على نماذج المتحجرات أكثر صعوبة من الحصول على أفراد من الأحياء كما أنها عموماً أكثر ندرة من الأحياء.

3 ـ إن الصخور الغنية بالمتحجرات تكون محلية أو محدودة عموماً لذا فإن دراسة التغيرات الجغرافية لأفراد المتحجرات تكون أكثر صعوبة من الأفراد الحية.

4 ـ إن المتحجرات توجد وتدرس ضمن فترة زمنية طويلة وهذه الميزة تفيد في فهم دراسة التطور بينما تكون سبباً في زيادة تعقيد التصنيف لصعوبة وضع حدود فاصلة بين الأنواع التي تتطور تدريجياً مع الزمن الجيولوجي.

مما تقدم يظهر أن أهم أساس اعتمد في تعريف النوع من قبل علماء الأحياء ـ وهي إمكانيات التزاوج أو العلاقة الوراثية ـ لا يمكن أن يطبقها عالم المتحجرات على المتحجرات التي يجدها في منطقة واحدة أو تلك التي تتماثل في الكثير من صفاتها الخارجية. . كما لا يمكنه أن يثبت بأن المتحجرات المعزولة عن بعضها أو المتباينة هي معزولة وراثياً. . ولكنه يفترض أن مجموعة المتحجرات المتواجدة في منطقة واحدة ومستوى طباقي واحد تمثل مجموعة تتكون من أفراد متزاوجة (قابلة للتزاوج). . . ولكن من الصعب تطبيق هذا الافتراض على المجاميع المنفصلة عن بعضها بحواجز أو مواقع جغرافية، أو تقع في مستويات طباقية متباينة.

لذا استند علماء المتحجرات على الصفات الواضحة في أشكال المتحجرات وآثارها في تحديد النوع في المتحجرات ولتفريقها عن النوع الحياتي فقد أطلق عليها اسم «أنواع مورفولوجية» (Morphologic species أو Morphospecies) وجميع الأنواع في علم المتحجرات تقع ضمن هذا الصنف من الأنواع.

ومن الناحية العملية أجرى علماء المتحجرات مقارنة بين أشكال أنواع المتحجرات وقارنوها بأشكال أنواع الأحياء الحالية وقد ساعد ذلك في معرفة العلاقة بين بعض المتحجرات والأحياء الحالية وكذلك في تحليل البيئة القديمة واحتمالات الخطوط التطورية.

إن الصفات الظاهرية التي يستند عليها المختصون في علم المتحجرات لوضع أفراد مجموعة من المتحجرات في منطقة ما ضمن نوع واحد هي مسألة تخضع للاجتهاد الشخصي. . لأن من الصعوبة الإجماع على اعتبار صفة ظاهرية ما في متحجر هي أكثر أهمية من صفة ظاهرية ثانية في المتحجرات نفسها. . . ولذا نلاحظ بأن هناك عدة أنظمة للتصنيف ضمن الرتبة الواحدة مثلاً. وعلى الجيولوجي الذي يقوم بإعداد بحث أو دراسة أن يذكر التصنيف الذي اعتمده في دراسة متحجراته.

استخدمت مؤخراً الدراسات الإحصائية على الصفات الظاهرية «للأنواع الحياتية» (Biospecies) وظهر بأن هذه الطريقة بالإمكان تطبيقها على «الأنواع المورفولوجية» التابعة للمتحجرات وبذلك قربت الفجوة بين هاتين المجموعتين من الأنواع. . فعلى سبيل المثال اختيرت أفراد تعود إلى مرحلة نمو معينة لنوع من أنواع المسرجيات وطبقت دراسة إحصائية على صفات ظاهرية فيها كالطول وخط الاتصال وعدد الطيات وهذه الصفات تظهر في أجزائها الصلبة. . . وقد لوحظ بأن هذه الصفات تتجمع حول «قيمة وسطية محددة» (Definable mean values) ولها انحراف قياسي محدد (Definite standard deviation). . . كما لوحظ من هذه الدراسات الإحصائية بأن «تحت النوع» (Subspecies) له صفات تقع في نفس مدى صفات النوع ويختلف عن النوع بأن له «قيم وسطية» أو «معدل قيم» (Mean values) مختلفة قليلاً وانحرافات قياسية متداخلة. . .

لقد لاحظ علماء الأحياء بأن معظم الأنواع الحياتية (Biospecies) الحالية يمكن تشخيصها بطريقة إحصائية استناداً إلى صفات مورفولوجية (شكلية) فيها فقط. . والمقصود بالصفات المورفولجية صفات الأجزاء الصلبة. . . وهذا ما قد يؤدي إلى تحديد «النوع المورفولوجي» (Morphologic Species) بصورة يكون فيها قريباً من «النوع الحياتي» لأن الأساس المستخدم في التشخيص سيكون واحداً. . . وهذه العملية رغم أهمية نتائجها فإنها تعني أن معظم دراسات المختصين بعلم المتحجرات السابقة ستعاد من جديد وستكون الدراسة الإحصائية هي المعتمدة في التشخيص.

تحت النوع الجغرافي والنوع الجغرافي:

تنعزل جزئياً أفراد نوع تعيش في منطقة ما بحواجز عن بعضها البعض وهذه الحواجز قد تكون جغرافية أو بيئية. . وفي هذه الحالة فإن عملية التزاوج تتوقف

جزئياً، وذلك يؤدي إلى ظهور مجاميع ثانوية تكون الفوارق بينها قليلة. . . وبذا يظهر لدينا ما يسمى «تحت نوع جغرافي» (Geographic subspecies). . . وحينما تصبح هذه الحواجز بين الأفراد كاملة تماماً فإن مجموعتين أو أكثر تظهر نتيجة لهذه العزلة وتتطور كل مجموعة بشكل مستقل عن الآخر وذلك يؤدي إلى أن كل مجموعة تسمى «نوع جغرافي».

النوع الزمني (الطباقي) وتحت النوع الزمني:

إن الفرق في المواقع الطباقية (الزمنية) لوجود المتحجرات يؤدي إلى نفس العزلة في التزاوج الذي يحصل حين عزل المجاميع جغرافياً أو بيئياً. ولكننا نلاحظ في حالة تعاقب أفراد الأنواع عمودياً أن هناك تداخلاً وأحياناً تدرجاً في الأشكال.

ولو طبقنا الدراسة الإحصائية على أفراد الأنواع المتواجدة في مستويات طباقية متعاقبة فإننا نلاحظ أنها تظهر «معدل إحصائي» منفصل و«انحراف قياسي» متداخل. وهاتان الحالتان تظهران في حال الدراسة الإحصائية لـ«تحت النوع الجغرافي».

ومن الأمور البديهية أن المتحجرات التي تفصلها عن بعضها مسافات طباقية (زمنية) كبيرة لا يشترط فيها أن تظهر صفات متداخلة أو متشابهة. . وبذا فمن السهولة تشخيصها كأنواع منفصلة. . ولكن في حالة دراسة أفراد المتحجرات من طبقات متعاقبة ومتسلسلة وبدون وجود فجوات كبيرة في السلسلة التطورية فإن الصفات الظاهرية يمكن ملاحظة تغيرها ويكون التفريق بحدود اختيارية (اعتباطية) ويتحقق ذلك بأفضل طريقة بالدراسة الإحصائية.

إن الأنواع التي تشخص بهذه الطريقة الاعتباطية قد سميت «أنواع قديمة» (Paleospecies) من قبل البعض. . وآخرون أطلقوا عليها تسمية «نوع زمني» (Chronospecies) كما استخدم البعض «الأنواع المتعاقبة» (Successional species).

الفصل الثامن

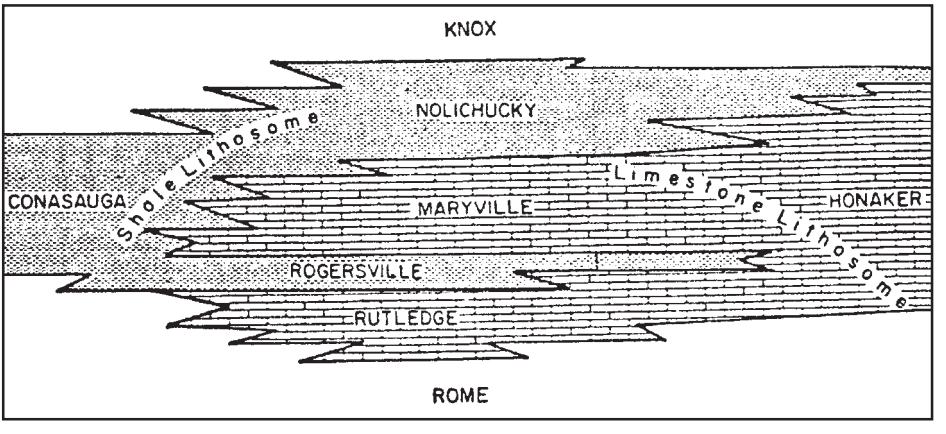
العلاقات الطباقية

العلاقات الطباقية :

إن بيئة الترسيب ومصدر الرسوبيات وعوامل التعرية وتأثير عوامل ما بعد الترسيب في أحواض الترسيب هي التي تعطينا أنواعاً مختلفة من الطبقات الرسوبية .

المجاميع الصخرية المتداخلة : (Lithosome)

إن عبارة Litho تعني صخري، والمصطلح «الكتلة الصخرية المتداخلة» «Lithosome» استخدمه ويلر ومالوري (Wheeler & Mallory) قد قصدا به كتلة صخرية معينة متجانسة في صفاتها دون تحديد تقسيماتها الطباقية الصخرية (تكوين، عضو . . . . إلخ) تتداخل مع كتلة صخرية ثانية متجانسة في صفاتها وتختلف عن الكتلة الأولى ـ دون تحديد تقسيماتها الطباقية الصخرية أيضاً (لاحظ الشكل 8 ـ 1) .



شكل (8 ـ 1) المجاميع الصخرية المتداخلة (المصدر بـKrumbein & Sloss, 1963)

كما استعل ويلر مصطلح «الكتلة الحياتية» (Biosome) أي «المجاميع الحياتية المتداخلة» للدلالة على الطبقات الصخرية التي تحتوي على مصنف واحد من

المتحجرات وتتداخل مع مجموعة ثانية من الصخور تحتوي على مصنف آخر يختلف عن الأول.

أشكال المجاميع الصخرية المتداخلة:

إن أشكال الصخور عموماً تمتاز بسمك قليل وامتداد جغرافي واسع ويتحدد شكل الكتلة الصخرية (Lithosome) بمعزل عن الكتل المجاورة لها... ويتم تحديد شكل المجاميع الصخرية بأخذ مقطع عرضي من الكتلة الصخرية ويتم تحديد شكلها الهندسي بمقاييسها الطول، العرض، الارتفاع (السمك) لذا فهناك أشكال هندسية عديدة منها:

1 ـ الشكل الصفائحي.

2 ـ الشكل الغطائي.

3 ـ الشكل العدسي.

4 ـ الشكل الشريطي.

5 ـ الشكل الوتدي.

6 ـ الشكل المنشوري.

كما قسمت الكتل الصخرية على أساس آخر وهو أصل تكوينها وما ينتج عه من أشكال مختلفة منها:

1 ـ شكل الحواجز أو الشعاب الصخرية (Reef).

2 ـ شكل حواجز أو شعاب واطئة الارتفاع (Bank).

3 ـ شكل الجزر الرملية (الشكل القضيبي) (Bar).

4 ـ شكل القناة (Channel).

وقد استعمل كرينين (Krynine) في عام 1948م تقسيماً استند فيه على نسبة العرض/ السمك وهذا التقسيم يعد تقسيماً هندسياً أيضاً وقد استنبط الأشكال التالية:

1 ـ الشكل الغطائي نسبة الطول/العرض أكثر من $\frac{1}{1000}$

2 ـ الشكل الصفائحي نسبة الطول/العرض من $\frac{1}{1000}$ إلى $\frac{1}{50}$

3 ـ الشكل المنشوري نسبة الطول/العرض من أقل من $\frac{1}{50}$ إلى $\frac{1}{5}$

4 ـ الشكل الشريطي نسبة الطول/العرض أقل من $\frac{1}{5}$.

ولغرض توضيح العلاقات الطباقية في الحقل فإننا سنقسمها إلى قسمين رئيسيين... هما العلاقات العمودية والعلاقات الجانبية.

العلاقات العمودية للمجاميع الصخرية المتداخلة:

إننا نستخدم عبارة المجاميع المتداخلة بدلاً من استخدام أسماء الوحدات الطباقية الصخرية (المجموعة، التكوين، العضو... إلخ) وعلى الطالب أن يذكر أن هذا المدلول يعني التغيرات العمودية بين أي نوع من أنواع الصخور ـ أي التغير من صفة صخرية إلى صفة صخرية أخرى ـ إن التغيرات العمودية يمكن ملاحظتها في الطبيعة بصورة أسهل من ملاحظة التغيرات الجانبية وذلك لأن التغيرات العمودية تلاحظ في مسافات عمودية قليلة نسبة إلى التغيرات الأفقية التي تمتد إلى مسافات جغرافية واسعة جداً... كما نلاحظ التغيرات العمودية تحت السطح أيضاً من خلال الصفات الكهربائية أو نماذج الحفر. ويمكن إدراك التغيرات العمودية بين الصخور ضمن مجموعتين:

1 ـ علاقات عمودية (طباقية) متوافقة (Conformable relationship).

2 ـ علاقات عمودية (طباقية) غير متوافقة (Unconformable relationship) وسوف نتطرق بالتفصيل لهذه العلاقات.

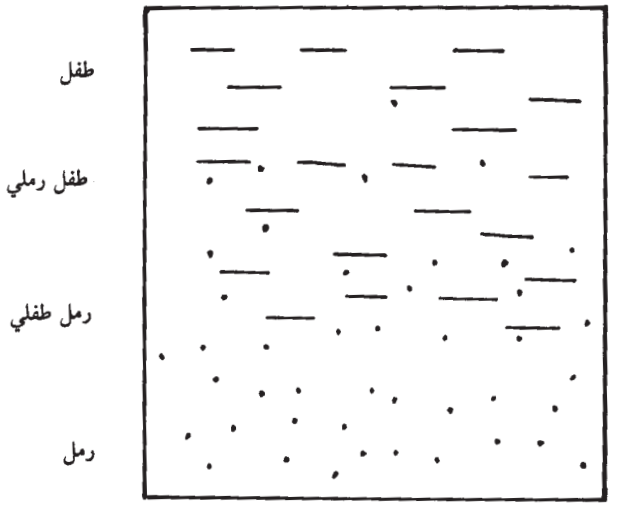
1 ـ العلاقات العمودية المتوافقة:

المقصود بالعلاقات أو التغيرات العمودية المتوافقة هو تغير الصخور في الحقل من نوع إلى آخر دون ملاحظة أي دليل على انقطاع في الترسيب (أي عدم ملاحظة أدلة على عدم التوافق) وتسمى العلاقة في هذه الحالة بين الوحدتين الصخريتين «علاقة توافقية».

وهذه التغيرات التوافقية قد تتكون بإحدى الطريقتين التاليتين:

أ ـ التغير التدريجي المزدوج:

في هذا النوع من التغير يظهر تدرج بين نوعين من الرسوبيات، ومثال ذلك هناك طبقة صخرية مكونة من حجر رملي تتغير إلى الأعلى بصورة تدريجية إلى طفل (Shale) وذلك بزيادة تدريجية في كميات الطين كلما اتجهنا إلى الأعلى ويكون التغير بامتلاء الفراغات بين ذرات الرمل بالطين وتزداد كمية الطين وتقل كمية الرمل حتى تصل إلى حالة في الأعلى يسود فيها الطين وينعدم الرمل (لاحظ الشكل 8 ـ 2). وقد يكون أحد أسباب هذه الحالة هو ازدياد عمق حوض الترسيب بشكل تدريجي.



شكل (8 ـ 2) العلاقات العمودية التوافقية

ب ـ التغير التدريجي لنوع واحد:

إن التغير التدريجي لنوع واحد من الصخور يتم حين تغير حبيبات الرمل في حجمها من قطع كبيرة في الأسفل إلى قطع أصغر حجماً كلما اتجهنا نحو الأعلى في العمود الطباقي وهذا النوع من التغير قد يبدأ بقطع حجمها بحجم الرمل حسب مقياس ونتوورث (Wenteworth) وهو ما بين 2 ـ $\frac{1}{16}$ ملم ثم تصغر في الحجم إلى الغرين حيث حجم القطع يتراوح ما بين ($\frac{1}{16}$ - $\frac{1}{256}$) ثم ينتهي بحجم حبيبات الطين (Clay size) (أقل من $\frac{1}{256}$ ملم) (لاحظ الجدول 7 ـ 1).

ومن المناسب تذكير الطالب بأن عبارة الطين (Clay) ذات مفهومين فهي قد تشير إلى ترسبات متكونة من معادن طينية كالالايت (Illite) والمنتوريلونايت والكلورايت.. وهي معادن ذات تركيب خاص وصفات خاصة... كما ترد عبارة الطين للدلالة على حجم حبيبات المواد الفتاتية حسب تقسيم ونتوورث المعروف التي تشمل أية مادة فتاتية (clastic) (طينية أو كلسية... إلخ) ذات حجم أقل من $\frac{1}{256}$ ملم لاحظ الجدول رقم (8 ـ 1).

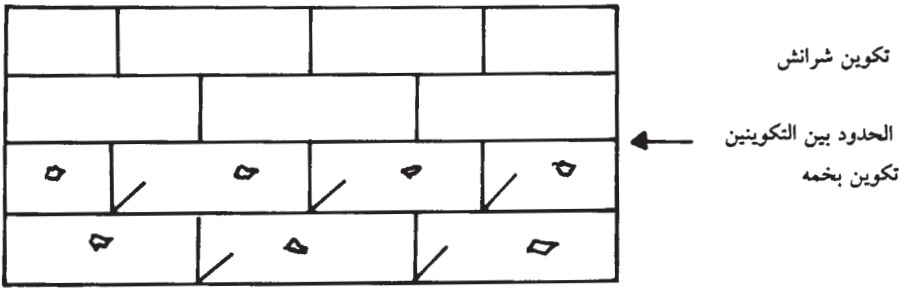
الجدول (8 ـ 1) تدرج قطر المواد الفتاتية ـ جزء من مقياس ونتوورث ـ Wentworth

الاسم	القطر بالملمتر
الجلاميد (Boulder)	أكثر من 256
حصى خشن (Cobble) (جلاميد صغيرة)	256 ـ 46
حصى (Pebble)	64 ـ 4
حبيبات (Granule)	4 ـ 2
رمل (Sand)	2 ـ $\frac{1}{16}$
غرين (Silt)	$\frac{1}{16}$ ـ $\frac{1}{256}$
طين (Clay)	أقل من $\frac{1}{256}$

التغير العمودي المفاجىء في الحدود الطبقية :

إن المقصود بالتغير العمودي المفاجىء في الحدود الطبقية هو ذلك التغير العمودي من طبقة صخرية إلى طبقة صخرية أخرى بمسافة عمودية قصيرة جداً بدون أي دليل على عدم توافق . . إن هذا النوع من التغير نادر الوجود بالطبيعة . . . وهو قد يحصل لأحد سببين : الأول إذا كان الترسيب بطيئاً جداً يقاس معدله بأجزاء من السنتمتر في آلاف السنين لذا فإن أي تغير في طبيعة صخور المصدر قد يؤدي إلى تغير مفاجىء في العلاقات العمودية .

والحالة الثانية هي تغير طبقة من الحجر الجيري إلى دولومايت بعملية تسمى الدلمته (Dolomitization) فيؤدي ذلك إلى تغير طبقة الحجر الجيري أو جزء منها إلى دولومايت ويكون تعاقبهما مفاجئاً وبدون أي دليل على عدم التوافق (لاحظ الشكل 7 ـ 3) .



شكل (8 ـ 3) التغير التوافقي المفاجىء من حجر جيري فتاتي مدلمت (تكوين بخمة) إلى حجر جيري (تكوين شرانش) في العراق

تكون أسطح عدم التوافق وأشكالها:

تتكون أسطح عدم التوافق عادة كنتيجة لتعرية الصخور المرتفعة فوق مستوى سطح البحر. وأول مراحل أسطح التعرية قد تكون متعرجة بينما الأسطح المتقدمة تكون مستوية والأسطح المتعرية عادة تنتج من ارتفاع سطح الأرض كما ذكرنا، لذا فإن تعريتها يكون بتأثير العوامل الموجودة على سطح الأرض (رياح، مياه، ثلاجات) ولكونها تحصل تحت الغلاف الجوي فقد أطلق عليها مصطلح تعرية في «اليابسة» أو تحت الهواء(Subaerial) وهناك عدم توافق يحصل إما داخل البحر أو بتأثير أمواج البحر وأطلق عليه «عدم توافق بحري» (Marine) وتقوم الأمواج بتعرية الصخور القريبة من الساحل وقد تؤدي إلى تأكلها وتعريتها ثم قد تترسب طبقات جديدة فوق الطبقات القديمة ويفصلها عدم توافق.

وعدم التوافق الذي يحصل داخل البحر أو «تحت الماء» (Subaqueous) قد ينتج بسبب التراكمات الواسعة للصخور داخل البحر وعلى جوانبه وخاصة عندما تكون ضفافه منحدرة فتتجمع تلك الرواسب حتى تصل إلى حالة عدم استقرار نتيجة لزيادة كمية الرواسب وزيادة زاوية انحدارها مما يؤدي إلى انزلاقها ونتيجة لذلك تترك خلفها (في موقعها الأصلي) سطحاً يصبح فيما بعد سطح عدم توافق بعد أن تتجمع رواسب جديدة فوق سطح الانزلاق الأصلي.

2 ـ العلاقات الطباقية (العمودية) غير المتوافقة:

هناك حالات في علاقات طباقية غير متوافقة في الحقل حيث يلاحظ وجود دليل أو مجموعة أدلة على انقطاع في الترسيب الصخري وهذا السطح الذي يفصل بين الطبقات يسمى «سطح عدم توافق» (Unconformity surface) وقد يكون حدوث عدم التوافق إما بسبب ارتفاع الطبقة السفلى ثم تعريتها وترسب طبقة ثانية

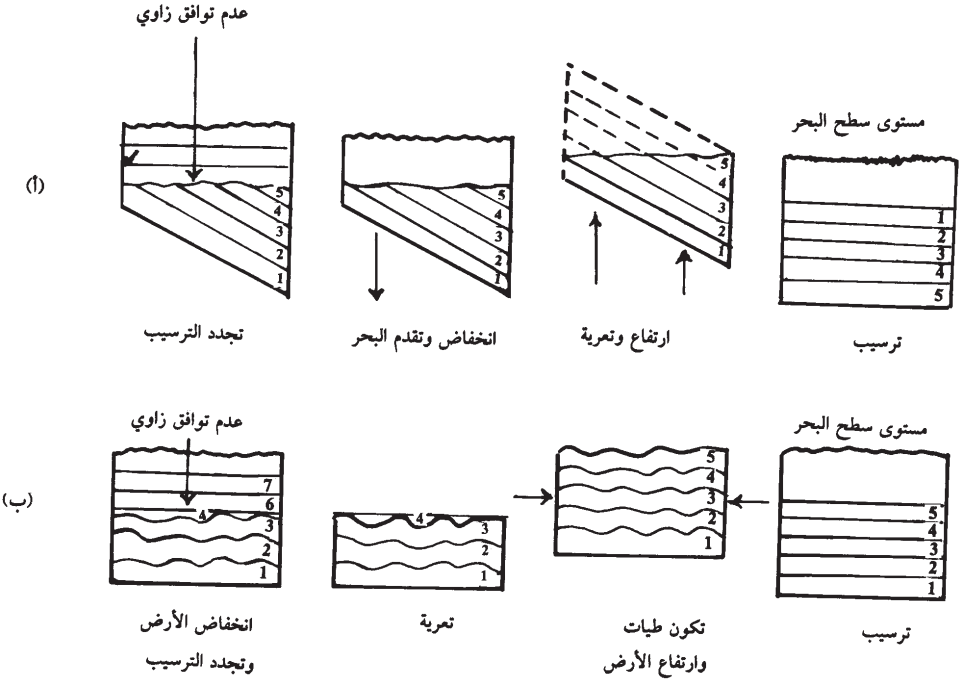
فوقها أو نتيجة لتوقف في الترسيب لفترة ثم حصول ترسيب ثاني فوق الطبقة الأولى.

وهناك عدة تقسيمات لأنواع عدم التوافق وسوف نتبع التقسيمات التي اعتمدت من قبل الجيولوجيين في أمريكا وهي الأكثر شيوعاً بين الجيولوجيين.

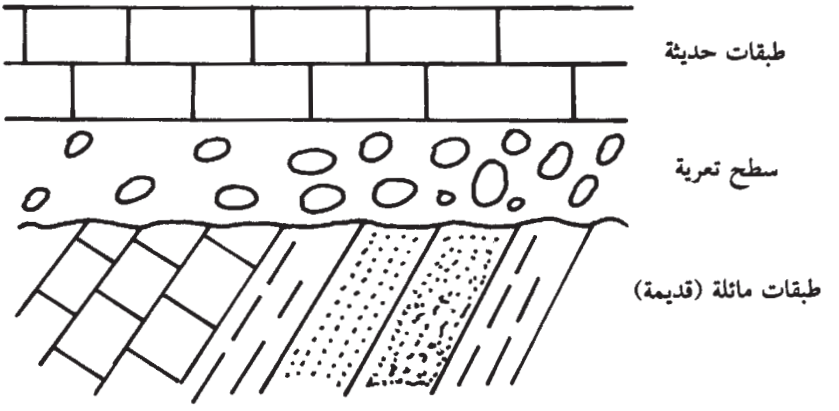
أ ـ عدم التوافق الزاوي : Angular unconformity

يطلق على العلاقة بين الطبقات تسمية «علاقة توافق زاوي» وذلك إذا كانت الطبقات السفلى مائلة ويفصلها سطح عدم توافق عن طبقات أفقية تقع فوقها.

وهذا النوع من عدم التوافق يحصل بالشكل التالي (لاحظ الشكل 8 ـ 4 و8 ـ 5) تترسب طبقات صخرية بشكل أفقي وترتفع هذه الطبقات عن سطح البحر وتتعرض إلى ميل أو حركة أرضية تؤدي إلى تكون طيات (Folds) فيها ثم تتعرض هذه الطبقات إلى التعرية وبانخفاضها ثانية تحت مستوى سطح البحر تترسب الطبقات الثانية بشكل أفقي فوق الطبقات الأولى المائلة أو المطوية.



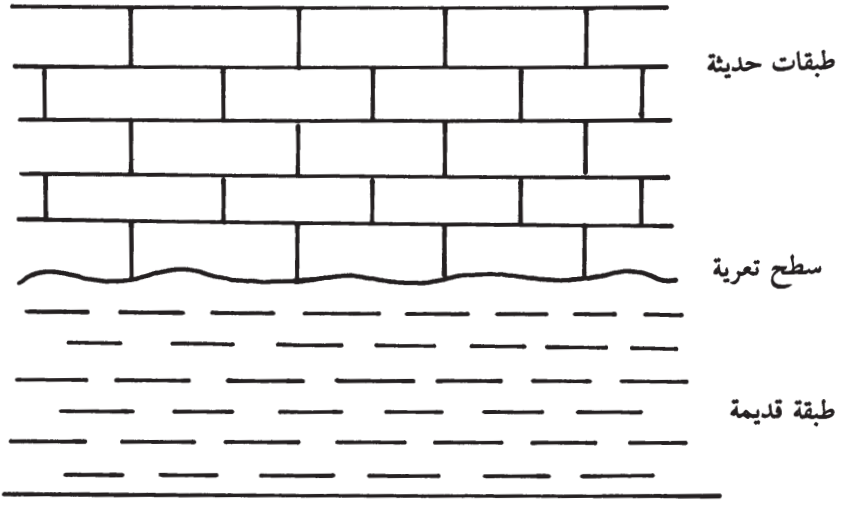
شكل (8 ـ 4) كيفية تكون عدم التوافق الزاوي



شكل (8 ـ 5): عدم توافق زاوي (Angular Unconformity)

ب ـ عدم التوافق المتوازي: Disconformity

هي تلك الحالة التي تلاحظ بين طبقات قديمة يفصلها سطح عدم توافق عن طبقات أحدث منها وكلا الطبقتين القديمة والحديثة متوازيتان (لاحظ الشكل 8 ـ 6).

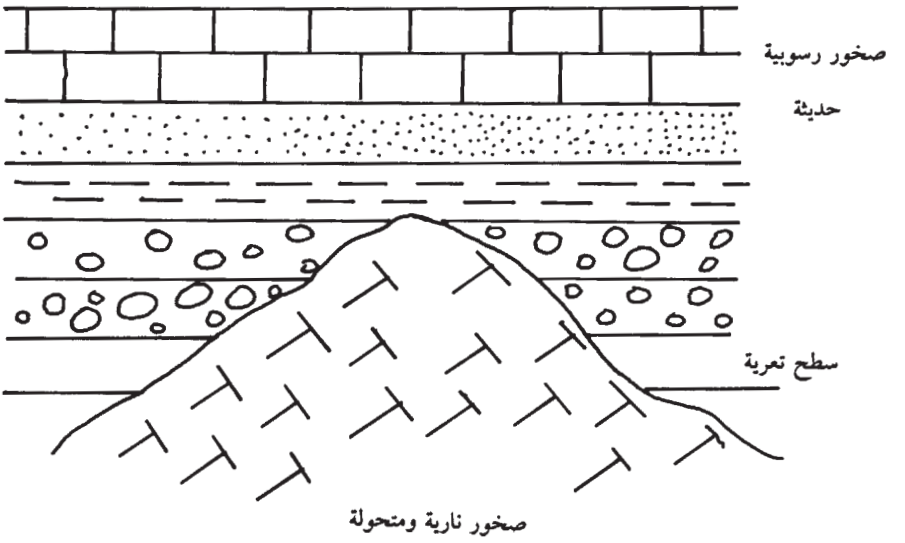


شكل (8 ـ 6): عدم توافق متوازي (Disconformity)

جـ ـ عدم التوافق المتباين (اللاتوافق): (Nonconformity)

العلاقة بين صخور نارية أو متحولة مفصولة بسطح عدم توافق عن صخور رسوبية تقع فوقها (لاحظ الشكل 8 ـ 7).

أو أن تكون الصخور النارية هي التي تقع أعلى الصخور الرسوبية ويفصلهما سطح عدم توافق (Unconformity) ناتج من تعرية أو عدم ترسيب.



شكل (8 ـ 7) اللاتوافق (Nonconformity)

عدم التوافق المحلي والإقليمي :

إن تقسيم عدم التوافق إلى محلي أو إقليمي يعتمد على الامتداد الجغرافي لعدم التوافق فعدم التوافق المحلي (local) يكون له امتداد جغرافي محدود ويكون محصوراً في مناطق قريبة من حوض الترسيب حيث يستمر الترسيب داخل حوض الترسيب (البحر أو بحيرة مثلاً) بينما تكون المناطق اليابسة المجاورة لحوض الترسيب متعرضة للتعرية . . . بينما عدم التوافق الإقليمي (Regional) يكون له امتداد جغرافي واسع نتيجة لتأثر أطراف أحواض الترسيب والأحواض الأصلية بعملية التعرية نتيجة لانحسار كبير للبحر . . . ومن الأمثلة في العراق على عدم التوافق الإقليمي هو عدم التوافق الموجود بين صخور الكريتاسي الأعلى والترشري الأسفل في مناطق شاسعة من معظم العراق وتمتد من الشمال والشمال الشرقي حتى تكاوين المناطق الوسطى وبعض التكاوين في المناطق الغربية والجنوبية من العراق .

أدلة تمييز عدم التوافق الطبقي :

هناك عدة أدلة تؤدي إلى التعرف على أسطح عدم التوافق سواء أكانت هذه السطوح (المستويات) تقع في المكاشف الصخرية (Outcrop) أو تحت السطح(Subsurface) وبالإمكان تقسيم هذه الأدلة إلى ثلاثة مجاميع :

1 ـ الأدلة الرسوبية : (Sedimentary Criteria)
2 ـ الأدلة المتحجرة : (Paleontologic Criteria)
3 ـ الأدلة التركيبية : (Structural Criteria)
4 ـ أدلة الخرائط الطباقية : (Stratigraphic Maps)

1 ـ الأدلة الرسوبية :

يوجد أكثر من عشرين دليلاً رسوبياً على وجود عدم التوافق وسنتطرق إلى بعض منها :

أ ـ المدملكات القاعدية :

قطع صخرية بحجم يزيد قطره عن 20ملم . وهي تتكون عادة نتيجة لتقدم الخلجان كما وهناك مدملكات فيضية .

مثال من العراق :

بين تكوين كولوش (Kolosh) في الأسفل وتكوين جركس (Gercus) في الأعلى توجد طبقة من المدملكات في منطقة كلي دهوك .

الأيوسين الأوسط	تكوين جركس طبقة مدملكات	اللون السائد فيها هوا لأحمر
البالوسين ـ الأيوسين الأسفل	تكوين كولوش	اللون السائد فيها هو الأخضر

المثال الآخر من العراق :

تكوين الفرات الجيري طبقة سميكة من المدملكات	المايوسين الأسفل
تكوين أزقند الجيري	الأوليجوسين الأعلى

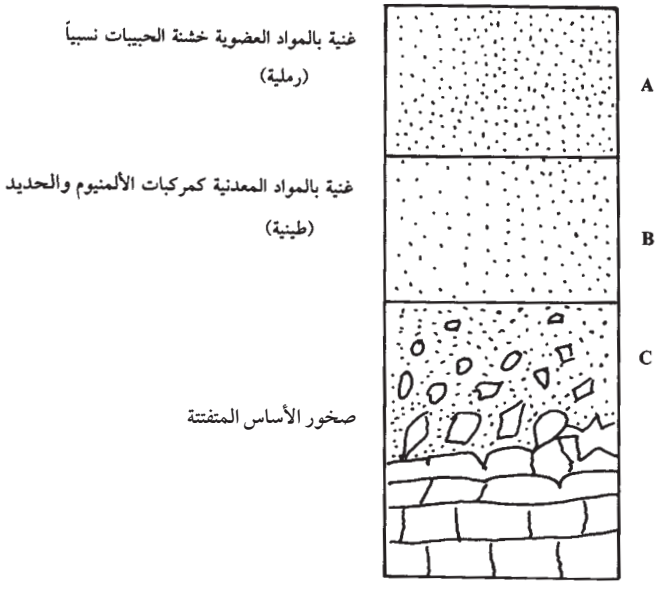
ب ـ حجر الصوان المتبقي نتيجة للتعرية :

يوجد بشكل تصلبات (Concretions) مع الحجر الجيري ثم يذوب الحجر الجيري بتأثير عوامل التعرية الكيماوية فتبقى قطع الجرت (الصوان) .

إن السليكا قد تتجمع (Coagulated) إلى أجسام كروية تتصلب إلى قطع صوان دائرة (Chert nodules) .

ج ـ مقطع التربة المدفونة : (Burried Soil Profile)

إن التربة المتعرضة للتعرية تتكون فيها ثلاث مناطق متميزة الواحدة عن الأخرى ومتداخلة مع بعضها (لاحظ الشكل 8 ـ 8).



شكل (8 ـ 8) قطاع تربة ناضجة

إن الأدلة الثلاثة التي سبق ذكرها تعد مهمة كأدلة رسوبية لعدم التوافق المتوازي المتكون على سطح الأرض (اليابسة) (Subaerial) وهناك ثلاثة أدلة رسوبية أخرى تدلل على عدم التوافق المتوازي المتكون تحت سطح البحر (Submarine) أو ما أُطلق عليه مصطلح (Diastem).

أ ـ منطقة الكلوكونايت : (Glauconite)

الكلوكونايت هو معدن أخضر اللون بشكل حبيبات رملية له علاقة قريبة بمعدن المايكا ويتكون من سليكات البوتاسيوم والحديد المائية وتوجد عادة في الصخور الرسوبية البحرية، وقد لاحظ المؤلف وجودها أثناء بحثه للدكتوراه في بئر عين زالة رقم 17 في العراق بين الأعماق 3468 وإلى 4971 قدماً أي بسمك يصل إلى حوالي 603 أقدام بين تكويني شرانش وعليجي.

ب ـ الحصى المحتوي على الفوسفات:

والفوسفات تأتي من أصداف الحيوانات أو الأجزاء الصلبة الأخرى للحيوانات كالعظام.

2 ـ الأدلة المتحجرة على عدم التوافق:

هناك ثلاثة أدلة تستخدم فيها المتحجرات للاستدلال على وجود عدم توافق بين المجاميع الصخرية وهي:

أ ـ تغير مفاجىء في مجاميع متحجرات الحيوانات أو النباتات أو كلاهما.

ب ـ انقطاع مفاجىء في سلسلة تطور الأحياء كما تظهرها المتحجرات.

ج ـ وجود بقايا عظمية كهياكل الحيوانات وأسنانها مع المدملكات القاعدية.

2.أ من خلال الدراسات الواسعة التي قام بها الباحثون في علم المتحجرات فقد تمكنوا من وضع الإطار العام لمجاميع المتحجرات الحيوانية والنباتية لمعظم الفترات الزمنية الجيولوجية وتمكنوا من استنتاج ووضع مراحل تطور الأحياء عبر العصور الجيولوجية المختلفة. ومن خلال تفهم الجيولوجيين لهذه الوقائع العلمية أصبح لدينا دليل مهم لمعرفة حدوث عدم توافق أو لا في أية منطقة نقوم بدراستها. فالتغير المفاجىء من مجموعة من متحجرات الحيوانات مثلاً إلى مجموعة ثانية لا يفترض بها أن تكون فوقها مباشرة بل يفترض أن تكون موجودة بعد فترة زمنية جيولوجية طويلة يعطينا الدليل على أن تواجد هاتان المجموعتان الواحدة فوق الأخرى بشكل متعاقب (مفاجىء) سببه تعرية أو عدم ترسيب طبقات صخرية لفترة زمنية جيولوجية كان يفترض بها أن تحتوي على مجموعة معينة من المتحجرات.

فلو وجدنا على سبيل المثال متحجرات لمجموعة من الأحياء التي تعود إلى العصر الأوردوفيشي وتعقبها مجموعة من متحجرات تعود إلى العصر الديفوني فإن ذلك يدلل بوضوح على وجود عدم توافق يمثل فترة السلوري.

والحالة الثانية التي تدلنا على وجود عدم توافق هو إذا تغيرت مجاميع المتحجرات من متحجرات تدل على بيئة بحرية إلى متحجرات تمثل بيئة قارية. فإن هذا التغير المفاجىء هو دليل على وجود عدم توافق لأن تغيراً كهذا في الطبيعة لا يحصل دون أن تصاحبه حالة عدم توافق.

2.ب أما الدليل الآخر فهو حدوث انقطاع في السلسلة التطورية لنوع معين من

الأحياء خلال النسق العمودي لسلسلة تطور ذلك النوع أو الجنس بشكل مفاجىء فإنه يدل على وجود عدم توافق.

2.جـ كما أن وجود بقايا عظام وأسنان مع المدملكات القاعدية يعطي دليلاً على عدم التوافق.

3 ـ الأدلة التركيبية:

هناك عدة أدلة تركيبية تلاحظ في الحقل وتدل على وجود عدم توافق. فإذا لاحظنا اختلافاً في ميل الطبقات (Dip) بين سطح التقاء طبقتين صخريتين فإن ذلك دليل أكيد على وجود عدم توافق زاوي بين الطبقتين (Angular unconformity) كما أننا إذا لاحظنا أن هناك عدة طبقات من الصخور يقطع القسم العلوي منها سطح اتصال متموج مع الطبقات التي فوقها فذلك دليل آخر على وجود عدم توافق (Disconformity) يفصل بين مجموعتي الصخور نتيجة لتعرض الصخور السفلى إلى تعرية قبل ترسيب مجموعة الصخور العليا.

ومن الأدلة الأخرى هو أننا نعلم بأن أية كتلة من الصخور النارية تخترق مجموعة من الصخور فإنها تؤثر على تلك الصخور وتحولها نتيجة لتأثير الحرارة والمعادن والأبخرة التي تحملها، فإذا لاحظنا أن هناك مجموعة صخرية تخترقها صخور نارية كالسد الرأسي (Dike) تعلوها صخور على اتصال مباشر بالسد الرأسي ولم تتأثر الصخور العليا بأي تغير فذلك دليل على أن مجموعة الصخور الأولى مع السد الرأسي قد تعرضت إلى تعرية ثم ترسبت فوقها طبقة جديدة من الصخور، لذا فإن الطبقات العليا في هذه الحالة لا يظهر فيها أي أثر للتحولات المصاحبة للفعاليات البركانية ويعتبر سطح الاتصال عدم توافق (Disconformity).

ودليل آخر هو أننا إذا لاحظنا وجود اختلاف نسبي في شدة الصدوع (الفوالق) وكثرتها بين مجموعتين من الصخور تقع فوق وأسفل الاتصال بين المجموعتين بحيث كانت الصدوع السفلى أكثر من العليا، كما أن سطوح الصدوع تتوقف عند سطح الاتصال بين الطبقتين فجأة فذلك دليل على وجود عدم توافق يفصل بين الطبقتين.

4 ـ أدلة الخرائط الطبقية:

إن الدراسة الحقلية وعمل الخرائط الطبقية يساعد كثيراً في التعرف على عدة ظواهر تركيبية: ومن أهمها عدم التوافق.

وقد نلاحظ في الحقل عدة أدلة منفردة فإن الجيولوجي لا يكون متأكداً من وجود أو عدم وجود التوافق إلا أنه إذا رسمت خارطة للطبقات بأنواع مختلفة وعند تجميع المعلومات في الخارطة يمكن الاستدلال على وجود عدم التوافق.

العلاقة الجانبية بين الكتل الصخرية:

إن التغيرات الجانبية بين الكتل الصخرية لا تلاحظ لمسافات قليلة كالتغيرات العمودية بل إن امتداداتها الجغرافية تكون كبيرة نتيجة لطبيعة امتداد مناطق الترسيب سواء أكانت قارية أم مختلطة أم بحرية... والتغيرات الجانبية تحصل نتيجة لتغير في مستوى حوض الترسيب البحري مما يؤدي إلى تغير مناطق ساحل البحر التي تؤدي إلى تغير طبيعة المواد المترسبة... والتغير الآخر قد يحصل في مناطق اتصال بيئة معينة ببيئة أخرى مخالفة لها كخطوط سواحل البحر... وفي الطبيعة فقد لوحظت ثلاثة أنواع من التغيرات الجانبية وهي:

1 ـ التلاسن.

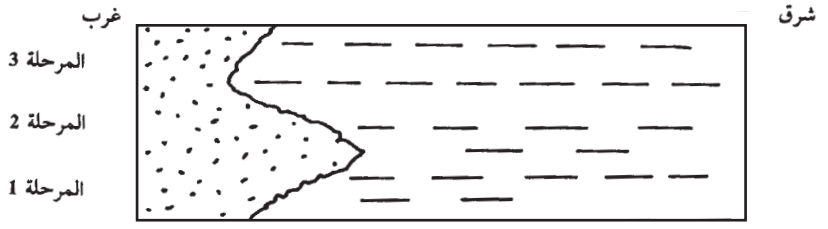
2 ـ تضييق الكتلة الصخرية.

3 ـ التدرج الجانبي.

وسوف نوضحها بالتفصيل.

1 ـ التلاسن: Intertonguing

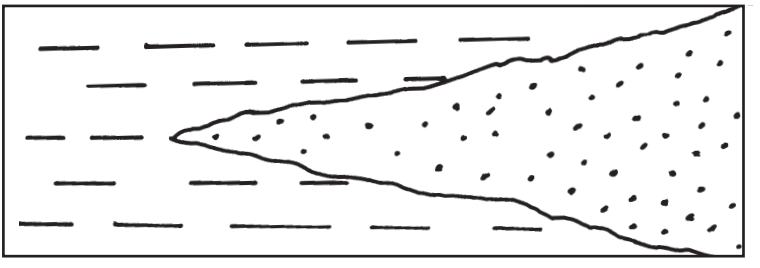
إن بعض الوحدات الصخرية تتفرع جانبياً إلى أجسام أصغر وذلك نتيجة لتغير بيئة الترسيب جانبياً وكل فرع من هذه الأجسام الصغيرة يسمى لسان حتى تتحول إلى كتلة ثانية... ولتوضيح ذلك لاحظ الشكل (8 ـ 9) حيث بدأت كتلتان للصخور بالترسيب نتيجة لاختلاف بعدهما عن ساحل البحر الشكل (7 ـ 9 المرحلة 1) وبعد فترة زمنية حدث تقدم لمياه البحر على اليابسة فتقدمت الكتلة الطفلية إلى الغرب (المرحلة 2) ثم حصل تقدم لمياه البحر باتجاه الشرق للمرة الثانية فتقدمت ترسبات الرمل إلى الشرق (المرحلة 3) وكانت المحصلة النهائية تلاسن الوحدتين الرملية والطفلية ولو أخذنا كل جزء من الألسنة لوحده فهو يمثل تضيق (Pinch-out) لتلك الوحدة في تلك المرحلة.



شكل (8 ـ 9) طريقة تكون التلاسن بين الرمل والطين

التضيق الجانبي : (Pinch-out) الأشكال الوتدية :

في هذه الأشكال من التغيرات الجانبية تبدأ الكتلة الصخرية بالتضيق كنتيجة لتقلص سمكها الذي سببه تغير بيئة الترسيب أو طبيعة المواد المنقولة أو كلا العاملين . . . وباستمرار التضيق تنتهي الكتلة الصخرية بكتلة ثانية، ومن الطبيعي أن تضيق واضمحلال كتلة صخرية يصاحبه زيادة في سمك الكتلة الصخرية الثانية المجاورة لها . (لاحظ الشكل 8 ـ 10) .



شكل (8 ـ 10) يوضح تضيق كتلة الحجر الرملي

إن ظاهرة الأشكال الوتدية الناتجة عن التضيق مهمة في الطبيعة لأن كثيراً من المصائد الطبقية للنفط والغاز اكتشفت على طول هذه الأشكال التي تكون ذات مسامية ونفاذية عالية (حجر رملي) ومحصورة بين طبقات غير نافذة (الطفل) .

التدرج الجانبي : (Lateral graduation)

يحصل التدرج الجانبي بين الكتل الصخرية المتجاورة بدون اضمحلال تدريجي أو تلاسن بين الوحدتين، بل إن التغير يكون بنفس الصورة التي تحصل حين التدرج العمودي . . . لذا فهو قد يكون تغيراً تدريجياً بين مزيج لنوعين من الصخور (رمل وطفل مثلاً) أو تغير في حجم الحبيبات من فتاتية كبيرة إلى فتاتية أصغر كلما ابتعدنا عن الساحل واتجهنا نحو الأعماق وقد يحصل تغير جانبي بين الكتل الصخرية من حجر الميكرايت .

التغير العمودي والجانبي المركب:

لقد قسمنا التغيرات بين الكتل الصخرية إلى تغيرات عمودية وتغيرات جانبية... إلا أن النوعين قد يحصلان لكتلة صخرية واحدة وهو ما سميناه التغير المركب وذلك لأنها تعكس التغيرات العمودية والجانبية مجتمعة وهي تحصل بسبب التغيرات الجغرافية التي تكون مسؤولة بدرجة رئيسية عن ترسب الكتل المختلفة أثناء الزمن الجيولوجي.

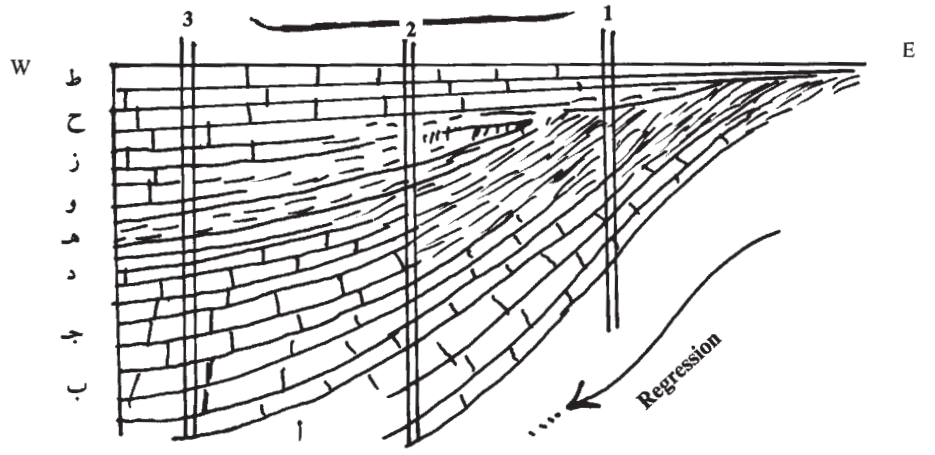
إن سبب التغيرات الجغرافية هو عدم استقرارية ظروف الترسيب التي تتأتى من اختلافات تحصل في مستوى سطح البحر أو اختلاف مستوى القاعدة مما يؤدي إلى حصول اختلافات في بيئات الترسيب وبالتالي الرواسب الناتجة عنها.

تقدم وتراجع البحر: (Transgression & regression)

إن العلاقة بين الأحواض البحرية والمناطق القارية المجاورة لها تعكس الاختلاف بين الترسيب والتعرية، فالأحواض البحرية تمثل مناطق الترسيب والمناطق القارية المجاورة لها تعكس مناطق التعرية... وأي تغير في الرسوبيات سببه الاختلاف في مناطق الترسيب داخل وخارج الحوض البحري سببه عوامل تقدم البحر وتراجعه خلال فترات زمنية معينة... وبالإمكان رسم حدود الأحواض البحرية السابقة استناداً إلى طبيعة الرواسب.

الاعتلاء: (Overlap) والتنحي: (Off lap)

إن تقدم وانحسار البحر يؤثر على طبيعة العلاقات الجانبية والعمودية للكتل الصخرية... والشكل (7 ـ 11) يوضح الرسوبيات الناتجة عن تقدم البحر الذي يؤدي إلى اعتلاء الرسوبيات كما أن تراجعه يؤدي إلى تنحي هذه الرسوبيات... فالوحدات من أـ ط تمثل وحدات صخرية ترسبت في فترة تراجع تدريجي للبحر نحو الغرب كما أن الوحدات الصخرية المترسبة هي الرمل، الطفل، الحجر الجيري وهي تعكس ترسبات الأعماق المختلفة لمياه البحر فالرمل يمثل ترسبات خط ساحل البحر (Strand Line) والطفل يمثل ترسبات المناطق القريبة من الساحل (Near Shore) والحجر الجيري يمثل ترسبات المناطق البعيدة عن الساحل (Off Shore) والمناطق العميقة... أما المناطق العميقة جداً فيترسب فيها عادة السيمكا (وهي غير موضحة في الشكل 8 ـ 11).



شكل (8 ـ 11) الاعتلاء والتنحي (محور من كتاب Krumbein & Sloss, 1963)

والسبب في تكوين تجمعات السليكا في الأعماق السحيقة من البحر هو أن تلك المناطق تكون بعيدة جداً عن الساحل لذا فإن الترسبات الفتاتية (الرمل والطفل) لا تتواجد فيها كما أن الحجر الجيري الذي مصدره هياكل الأحياء فإنه في الأعماق الكبيرة يتعرض للإذابة بسبب زيادة الضغط. والسليكا التي تتجمع في تلك الأعماق مصدرها هياكل بعض الأحياء كالراديولايا والدياتوم. . .

إن مجمل العلاقة بين الوحدات من (أ إلى و) نسميها التنحي. . . ولو ألقينا نظرة إلى الوحدات من ز إلى ط فإننا نلاحظ تقدم الوحدات الصخرية الرملية نحو الشرق وذلك يعني أن خط ساحل البحر قد تقدم باتجاه الشرق وتقدم البحر ينتج عنه ترسبات متراكبة الواحدة فوق الأخرى ونسميها «بالاعتلاء» (Overiac). إذا افترضنا أنه قد تم حفر ثلاثة آبار في المواقع الموضحة في الشكل فإن البئر رقم (1) تظهر فيه طبقات تمثل تقدم البحر قطعت طبقات تحتها تمثل انحسار البحر ويفصل بين المجموعتين من الطبقات عدم توافق مائل (زاوي). . كما أننا لو تعقبنا إلى الأسفل الطبقات الصخرية للاحظنا ترسبات رملية ساحلية وإلى الأسفل منها يوجد الطفل بصورة مفاجئة وتعقب هذه الطبقة من الطفل طبقة أخرى من الطفل تمثل ترسبات قريبة من الساحل.

في البئر رقم (2) لا تظهر حالة عدم التوافق كما لاحظناها في البئر رقم (1) بين حالة الانحسار والتقدم للبحر بل يوجد هنا اختلاف في التتابع العمودي لأنواع وبيئات الرسوبيات ويشاهد وجود ترسبات البحر العميق في الأسفل تعقبها نحو الأعلى الترسبات الساحلية ثم الترسبات البحرية العميقة مرة أخرى.

في البئر رقم (3) لا تظهر حالة عدم التوافق ولا التغير في نوعية الرسوبيات

بل إن البئر يمر بطبقات جميعها من نوع واحد هو الحجر الجيري إلا أن ترسبه كان في أبعاد مختلفة من ساحل البحر أي بعبارة أخرى بيئة الأعماق، لذا فإننا نستند إلى المتحجرات في تعيين بيئة ترسيب كل طبقة من الحجر الجيري. . . فلطبقات من أـ وسوف تتدرج فيها المتحجرات من الأصناف التي تعيش في الأعماق أ وإلى الأصناف التي تعيش في المناطق الأقل عمقاً وهي و. . . ثم يحدث تغير عكسي في أصناف المتحجرات التي تعيش في مناطق قليلة العمق نسبياً وهي هـ، و، ز، إلى متحجرات تمثل مناطق أكثر عمقاً في ط وبذا فقد يمكننا من تحديد تراجع البحر وتقدمه بواسطة المتحجرات.

الفصل التاسع

السحن والخرائط الطبقية

السحن والتغيرات السحنية : (Facies and Facial variation)

إن دراسة التعاقب الطباقي العمودي للصخور لم يظهر نفعاً أحياناً . . لذا نرى بأن العديد من الباحثين لجأوا لدراسة الامتداد الجانبي للوحدات الصخرية، خاصة عندما تظهر هذه الوحدات تغيرات ليثولوجية وحياتية في محتواها . وقد يضطر الباحثون أحياناً أخرى لدراسة الطبقات بتعاقبها العمودي ومتغيراتها الجانبية معاً لغرض استنباط البيئة الترسيبية والعوامل المؤثرة عليها .

وقد أطلقت كلمة سحنة (Facies) على كل تغير جانبي أفقي في مظاهر أي وحدة طباقية محددة من الصخور الرسوبية لغرض الدلالة على مجموع الصفات الليثولوجية والحياتية لها . . بحيث يستدل من هذه الصفات على أصل وبيئة ترسيب هذه الوحدات . مما ذكر أعلاه يمكن استخلاص ما يأتي :

1 ـ إن كل سحنة يجب أن تمثل جسم صخري واحد أو عدة أجسام (lithosome)، أو قد تمثل جسم حياتي واحد أو عدة أجسام (Biosome) بحيث تحتل هذه الأجسام تتابع عمودي أو تداخل أفقي .

2 ـ السحنات تحتل مساحات جغرافية مستقلة عن بعضها ويجب أن تحددها حدود قابلة للقياس .

3 ـ السطوح السحنية . . يجب أن تمر من خلال سمك الوحدة بحيث تكون عمودية على سطح التقاء الوحدة التالية التي تعلوها .

4 ـ يجب أن تسقط الحدود السحنية على شكل خط في الخريطة خاصة عندما تقترب الوحدات الطبقية من الوضع الأفقي (بعد تصحيح وإزالة تأثير خط المقرب)، بحيث يمكن توزيع وتحديد السحن المختلفة عليها .

مثال :

يمكن تحديد سحنتين على خريطة واحدة إحداها مثلاً حاوية على

المسرجيات والأخرى على حيوانات الطحلبيات بحيث يمكننا بمجرد النظر في الخريطة السحنية من تمييز مظهري فيها أولهما بحري والثاني لا بحري.

الخرائط السحنية:

إن الخارطة السحنية تبين الاختلاف السطحي في مظاهر معينة من الوحدات الطباقية وأن المظاهر للوحدة في أي نقطة وهي عبارة عن ملاحظة أية ميزة صخرية أو بايولوجية في تلك النقطة. إن الخرائط السحنية المعتمدة في بنائها على الناحية الصخرية تسمى خرائط السحن الصخرية.. وهذا النوع هو الأكثر شيوعاً لأن المعلومات الصخرية هي أكثر بكثير عن المعلومات البايولوجية للوحدات الصخرية. ويجب أن يكون لكل خريطة سحنية صخرية وخارطة سحنية حياتية مناظرة لها. كما تستخدم خارطة السمك للصخور كقاعدة لتبيان توزيع السحن الصخرية، حيث تحدد الوحدات الطبقية باستعمال طبقات دليلة وفي حالات أخرى ترسم الخرائط السحنية لأجزاء من الوحدة الستراتغرافية.

لذا فإن الأساليب المعتمدة في رسم الخارطة السحنية الصخرية ممكن أن تعتمد على بيانات السحن الحياتية، أما إذا توفرت بيانات عديدة للسحن الحياتية فيمكن رسم مجموعة من الخرائط للسحن الحياتية تقابل مجموعة من الخرائط للسحن الصخرية، وأن المعلومات الأساسية التي يجب أن توفرها في رسم هذا النوع من الخرائط هي الأنواع من المستحاثات وبالذات الأنواع المستحاثية والأجناس في كل مجموعة حياتية.

وقد تمثل الخرائط سحنات عملية لظواهر بيئية أو ظرف معين غير محدد.. في هذه الحالة يجب تسميتها. وهذه الخرائط تستعمل عادة في إعادة بناء الجغرافية القديمة أو تجديد تحديد مواقع التوضعات المعدنية.

ومن هذا يمكننا تميز صنفين أساسيين من ظاهر السحنات:

1 ـ مظاهر ليثولوجية.. متمثلة بالصفات الطبيعية الفيزياوية بحيث هذه الصفات تقودنا إلى رسم وتحديد السحنات الليثولوجية (litholacies).

2 ـ السحنات الحياتية والتي تتمثل بالصفات المستحاثية (الحياتية) للصخور والتي أيضاً تقودنا إلى رسم وتحديد السحنات الحياتية (Biofacies).

استعمالات السحنات:

للسحنات استخدامات عديدة ومنها..

أ ـ لها استعمالات ليثولوجية، خاصة في دراسة ليثولوجية الصخور الرسوبية، مثال/ سحنات الكوارتزايت والدولومايت. . . إلخ.

ب ـ استعمالات مستحاثية، خاصة عند وصف بيئات المتحجرات السائدة فنقول مثلاً سحنات الزنبقيات أو سحنات الأمونايت أو الرودست.

جـ ـ لها استعمالات بيئية، حيث قرنت كلمة البيئة مع السحنة، مثال سحنات لاغوينه أو سحنات شعابية.

د ـ كما لها استعمالات سحنية دقيقة (Microfacies) وهي الأكثر شيوعاً واستخداماً في دراسة الرسوبيات لا سيما الرسوبيات الكلسية الصلبة التي يصعب فصل المتحجرات الدقيقة منها.

وتتلخص هذه الدراسة باختيار مقاطع لغرض عمل شرائح رقيقة منها. ومن ثم دراستها تحت المجهر، حيث تشمل هذه الدراسة المتحجرات والصخور الحاوية لها والمحيطة بها. . وعادة عند وصف النموذج نكون قد عالجنا الصفات المجهرية التطبيقية الحياتية والصخرية في آنٍ واحد. إن من النتائج المهمة لهذه الدراسة هو استخدامها كأسلوب في تقسيم العمود الصخري إلى مناطق أو أحزمة لها صفاتها الحياتية والصخرية وكذلك في أعمال المضاهاة والمقارنة محلياً وقارياً، لذا فإن دراسة السحنات وتطبيقاتها كان لها أهميتها الكبيرة خاصة في التنقيب والبحوث حول المصادر الطبيعية كالنفط والغاز والثروات المعدنية.

أهمية تجميع المعلومات تحت السطحية وتأثيرها:

معظم الدراسات تحت السطحية تميل إلى دراسة الأسس الفيزياوية الطبيعية المستلقاة من صخارية الرسوبيات أكثر من اعتمادها على المعلومات المستحاثية الحياتية. وعلى الرغم من أن علم المتحجرات الدقيقة يعتمد على دراسة هذه المقاطع تحت السطحية لكن تبقى كفة دراسة الطباقية الصخرية (Lithostratigraphy) هي المرجحة أكثر من دراسة الطباقية الحياتية (Riostratigraphy).

الشيء الوحيد في هذه الدراسات والمختلف عن الدراسة السطحية المنظورة هو عدم استطاعتنا من استنتاج البيئة أو التغيرات الأفقية. ولهذا تقتصر دراسة

المجسات أو السجلات تحت السطحية إلى تفسير البيئات فقط.

الحدود السحنية: (Boundaries of facies)

يجب ربط علاقات الحدود السحنية مع خطوط الزمن بحيث ينتج عنها الأنواع التالية:

1 ـ الحدود الأفقية: في هذا النوع تتغير السحنات أفقياً بحيث يتطابق الحد السحني مع الخطوط الزمنية أو يتوازيان (شكل 9 ـ 1أ) الحد السحني إما يكون مستوى اعتيادي تطبقي أو سطح عدم توافق.. بحيث تكون الحدود الطبقية حادة والتغير مفاجيء.

2 ـ الخطوط الزمنية تتقاطع مع الحدود السحنية (أنظر الشكل 9 ـ 1ب).

3 ـ الحدود الطبقية تتلاقى شاقولياً وتتلامس الحدود عندما تتغير السحنات جانبياً (الشكل 9 ـ 1جـ).

وهناك نوع آخر من السحنات المتكون نتيجة لتقدم وانسحاب البحر (أي تغير في مستوى سطح البحر) والذي يطلق عليه بالحدود السحنية المتداخلة والتي تقسم إلى قسمين:

أ. السحنات المتجانسة: (Isotopic Facies)

والتي تعود إلى نوع من الصخور المتجانسة التركيب والمتكونة أثناء تقدم البحر على أن نهمل الخطوط الزمنية.

مثال:

يمكن اعتبار السحنة الجيرية أو السحنة الطفلية أو السحنة الرملية في الشكل (9 ـ 2) هي سحنة متجانسة.

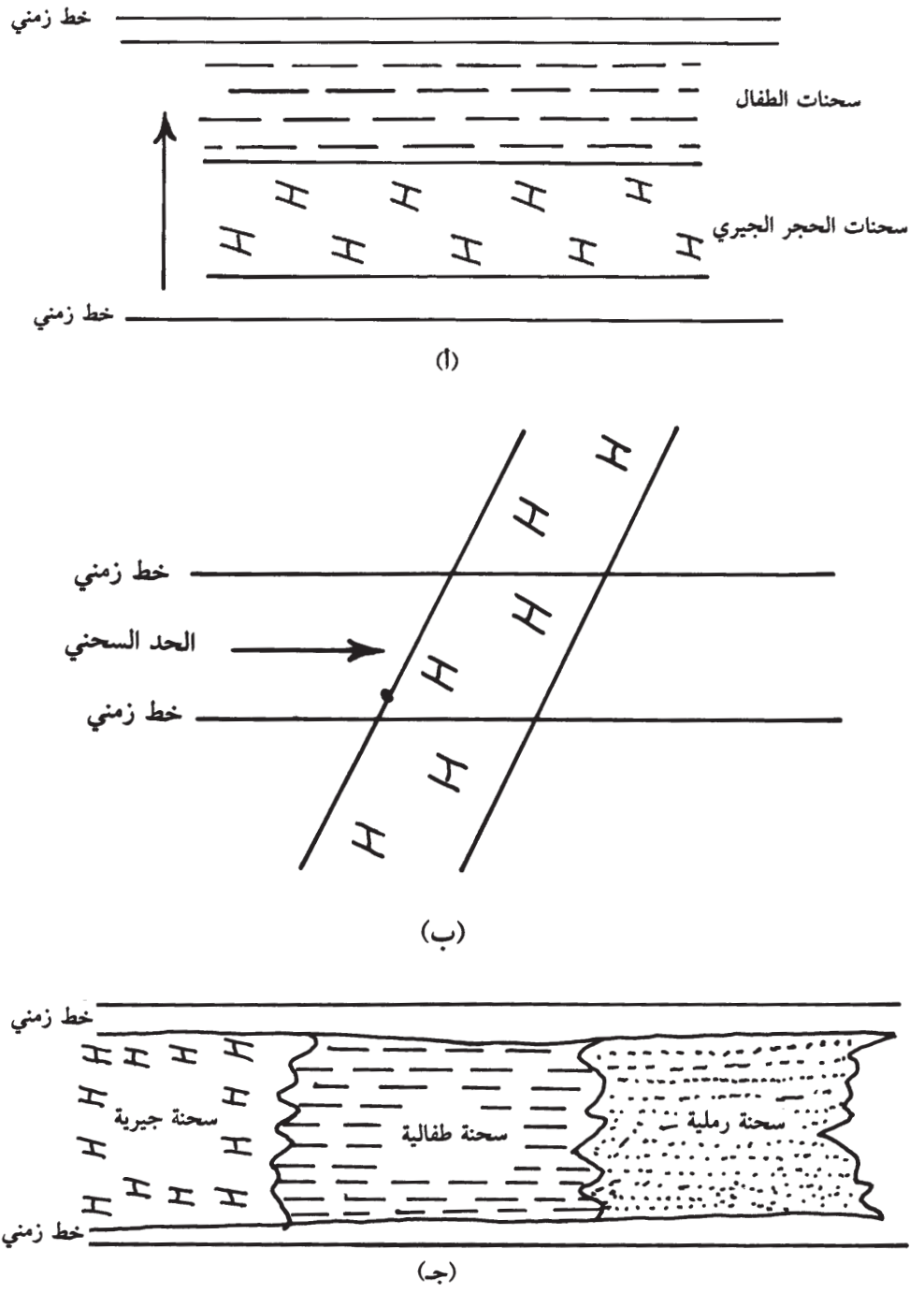
كما يمكن اعتبار مجموعة الأجزاء في الشكل (9 ـ 3) والمحصورة بين الخطوة الزمنية المختلفة نوعاً من السحنات المتجانسة أيضاً.

مثلاً السحنة $A_1\ A_2\ A_3\ A_4\ A_5$

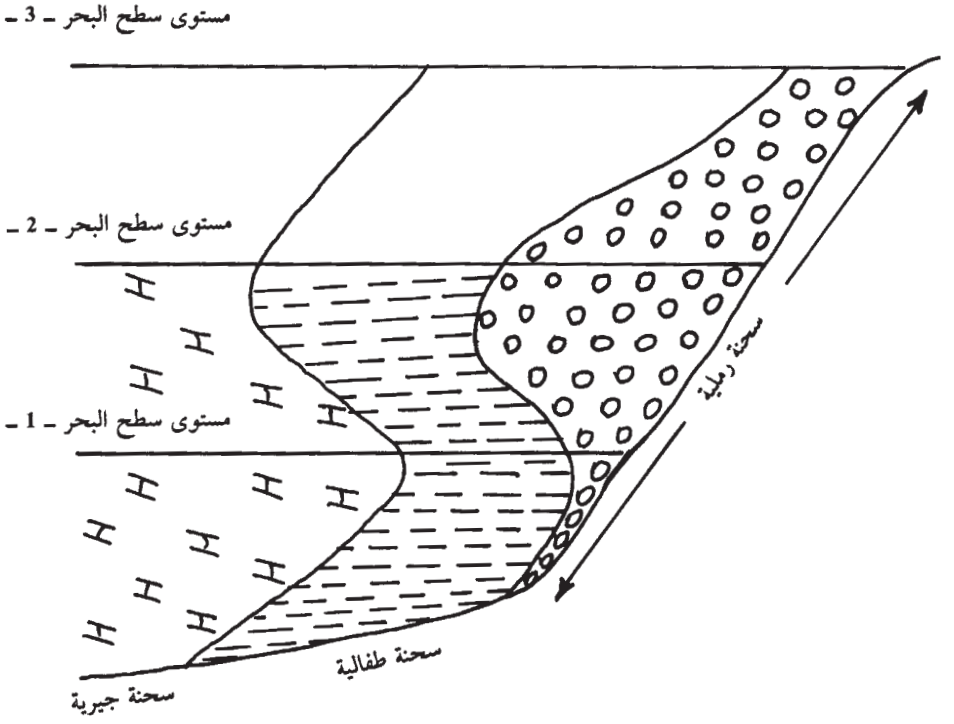
و$D_1\ D_2\ D_3\ D_4\ D_5$

ب. السحنات غير المتجانسة: (Hetropic Facies)

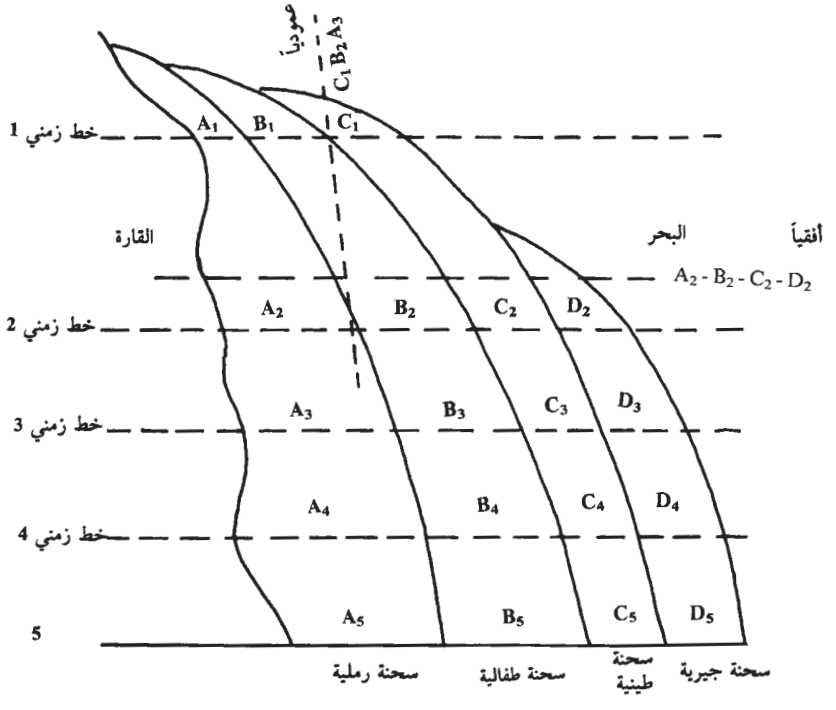
والتي تمثل مختلف أنواع الصخور بغض النظر عن خطوط الزمن، بحيث يمكن أن تكون سحنات في الوضع الأفقي أو العمودي.



شكل (9 ـ 1) : مخطط علاقة السحنات مع خطوط الزمن



شكل (9 ـ 2) : التغيير الجانبي للسحنات نتيجة تغيير مستوى سطح البحر



شكل (9 ـ 3) : مخطط يمثل أنواع السحنات المتكونة أثناء تقدم البحر

مثال :

في الشكل (9 ـ 3)، السحنات المحصورة بين أي خطين أفقيين تمثل سحنات غير متجانسة مثل A_2- B_2- C_2- D_2 (أفقياً) وعمودياً مثل C_1- B_2- C_3.

الخرائط الطبقية : (Stratigraphic Maps)

إن من أهم الوسائل المستعملة لترجمة المعلومات الجيولوجية هي الخارطة. ولغرض رسم الخارطة تؤخذ قراءات في مواقع جغرافية محددة. وعلى سبيل المثال في الخرائط الطوبوغرافية تسجل الارتفاعات لسطح الأرض نسبة إلى مستوى سطح البحر وفي الخرائط الجيولوجية السطحية (areal geologic map) تؤخذ الملاحظات حول نوع الصخور البارزة على السطح في المكاشف الصخرية وارتفاع ظهورها على السطح والسمك. الميل. خط المضرب والموقع الستراتغرافي (التطبقي) للصخور. وفي الخرائط الكونتورية التركيبية تؤخذ القياسات في كل موقع وهو ارتفاع للسطح الأعلى لمستوى التطبق المعروف.

في جميع الخرائط الجيولوجية من الممكن أن تؤخذ القياسات لها من المكاشف مباشرة. بواسطة الحفر. ومن المقالع وما يشابه ذلك، وتستعمل عملية الأدراج لتكملة المعلومات في المناطق المغفولة.

في بعض الحالات تكون الظاهرة المدروسة واضحة في جميع المناطق كما هو الحال في الخرائط الطوبوغرافية رغم الاعتماد على نقاط أو مواقع معلومة الارتفاعات للسيطرة أو الدقة في قياس الارتفاعات، كما يمكن رسم خطوط مستمرة تمثل مناسب الارتفاعات الطوبوغرافية.

إن المعلومات المستحصلة من تحت السطح تعزى إلى أو تعرف :

1 ـ بموقع جغرافي معلوم (الموقع الجغرافي للبئر).

2 ـ وحدات ستراتغرافية معلومة.

3 ـ طبيعة الصخور المتواجدة في الأعماق المراد دراستها.

إن الخرائط التركيبية التحت سطحية تحتاج فقط إلى المطاليب الثلاث الأولى أعلاه. والتي يمكن الحصول عليها في المراحل المبكرة من عملية استكشاف النفط والغاز ولهذا السبب فإن هذا النوع من الخرائط هي التي استعملت بشكل عام ومن ثم تطورت الخرائط تحت السطحية لتبين نوع الصخور في الوحدات الستراتغرافية.

إن هذا الموضوع يهتم برسم وتفسير الخرائط التي تستعمل في التحليل

الستراتغرافي كما يمكن تعريف الخارطة الستراتغرافية بأنها الخارطة التي تبين التوزيع السطحي. أو التحويري لوحدة ستراتغرافية أو سطح ستراتغرافي.

إن العالم الستراتغرافي (Kay, 1945) يفرق بين الخارطة الستراتغرافية والخارطة الجغرافية القديمة بأن الأولى تمثل فترة من الزمن الجيولوجي بينما الثانية تمثل لحظة في الماضي فقط.

إن تحضير الخارطة الستراتغرافية تحتاج إلى جمع وتنسيق كميات كبيرة من المعلومات كما يجب ربط ومقارنة نماذج من الآبار مع مكاشف طبقية كي تكون الخارطة معتمدة على نفس الوحدة أو السطح الستراتغرافي في كل مكان. وعليه تكون المضاهاة الستراتغرافية هي الأساس في تهيئة المعلومات لرسم الخرائط.

إن الخارطة الناتجة يمكن أن تمثل فقط مرحلة واحدة في تحليل ستراتغرافي معقد إن كل خارطة يمكن أن تبين بشكل مستقل التوزيع السطحي للتراكيب أو نوعية الصخور أو الخواص الستراتغرافية التي تعطي المعلومات الأساسية لإعادة بناء أو تصور الجيولوجية القديمة. الجغرافية القديمة. أو التاريخ الجيولوجي للتراكيب والوحدات الستراتغرافية المراد دراستها.

تنظيم البيانات لرسم الخرائط:

إن العنصر الأساسي لرسم الخارطة الستراتغرافية هو إيجاد المستوى أو الطبقة التي تسمى بالطبقة الدالة (Key bed) أو (Marker bed) أي أن الطبقة الدالة أو الطبقة المميزة تستعمل في تحضير الخرائط التركيبية التحت سطحية والخرائط الجيولوجية القديمة أو أي خارطة أخرى التي تبين الطبيعة أو الوضع للمستوى أو السطح للوحدة الاستغرافية.

إن الخرائط الستراتغرافية التي تبين وضع جسم من الصخور له ثلاثة أبعاد تحتاج إلى اختيار مستويين: أحدهما يمثل السطح الأعلى للوحدة الستراتغرافية المراد رسمها والثاني يمثل السطح الأسفل منها.

في ما يلي أنواع المستويات أو الطبقات الدالة التي يمكن استعمالها في رسم الخرائط الستراتغرافية ويمكن تقسيمها إلى ثلاثة مجاميع:

1 ـ الطبقات الدالة الصخرية.

2 ـ الطبقات الدالة البيولوجية.

3 ـ الانقطاعات التركيبية.

إن الطبقات الدالة الصخرية تستعمل في أكثر الأحيان لسهولة التعرف عليها في المقاطع الظاهرة على السطح وفي الآبار.

ومن المهم جداً أن الطبقة الدالة المختارة يجب اتباعها بدقة في المنطقة التي يراد رسم الخارطة فيها. إن الغاية أو الغرض من رسم أكثر أنواع الخرائط الستراتغرافية هو لتبيان الظروف أثناء مدة معينة من الزمن الجيولوجي أو الخطة المعينة منه ومن هذا يتبين أن أي خطأ في ربط متابعة الطبقة الدالة يمكن أن يؤدي إلى تحضير الخارطة التي تقطع الفترة الزمنية المراد دراستها بصورة عامة كما أن ربط أو متابعة الطبقة الدالة تتم على أساس الميزات التالية:

1 ـ نوعية الصخور (Lithologic Identity).

2 ـ موقعها في العمود الطبقي.

3 ـ معرفة الفترة الزمنية.

إن ترتيب البيانات الضرورية لرسم الخارطة يجب أن تجمع كافة المعلومات الممكنة.

إن ترتيب البيانات الضرورية لرسم الخارطة يجب أن تجمع كافة المعلومات الممكنة من المكاشف الصخرية أو الآبار أي البيانات التحت السطحية في المنطقة المراد دراستها. وتختار أو ترسم خارطة أساسية بشكل يلائم طبيعة الدراسة وتثبت على الخارطة الأساسية نقاط السيطرة (Control points) وتلخص المعلومات من كل بئر أو مقطع في كل نقطة سيطرة وترسم الخطوط الكونتورية أو تستعمل غيرها من الرموز لبيان الظواهر المراد دراستها.

إن الشكل (9 ـ 4) يبين بصورة مختصرة المعلومات الضرورية لتحضير أو رسم الخارطة الستراتغرافية. إن الخارطة الأساسية على اليمين ثبت فيها على كل نقطة سيطرة ـ بئر مكشف صخري مقلع أو أي شيء آخر يظهر فيه ولها رقم معين أو أحد أثباتها الجغرافية مثبتة بشكل ما. إن استعمال الـu.v كإحداثيات على الخارطة سنوضحه في ما بعد. إن النقطة الأساسية يجب أن يكون لها موضعاً جغرافياً معلوماً. على اليسار في الشكل (9 ـ 4) يبين مقطع طبقي مقاس بين ارتفاع السطح الأعلى والسطح الأسفل للمقطع إضافة إلى نوعية الصخور المبينة وسنشير إلى هذا الرسم الأساسي كثيراً عند دراسة الأنواع من الخرائط الستراتغرافية.

جدول (9 ـ 1) الطبقات الدالة

I ـ الوحدات الليثولوجية الدالة:

1 ـ طبقة رقيقة من حجر الجير.

2 ـ طبقة رقيقة من الحجر الرملي أو المدملكات.

3 ـ طبقة من الفحم الحجري.

4 ـ طبقة من الرماد البركاني.

5 ـ نطاق معين من المعادن الثقيلة.

6 ـ نطاق بقايا صخرية أو معدنية غير قابلة للذوبان.

7 ـ نطاق حصى فوسفاتي.

8 ـ أي تغيير مفاجىء في مخطط للجس الكهربائي.

9 ـ سطح انعكاس زلزالي.

II ـ الوحدات الحياتية الدالة:

1 ـ نطاق مدى موضعي.

2 ـ نطاق تجمع.

III ـ الانقطاعات التركيبية:

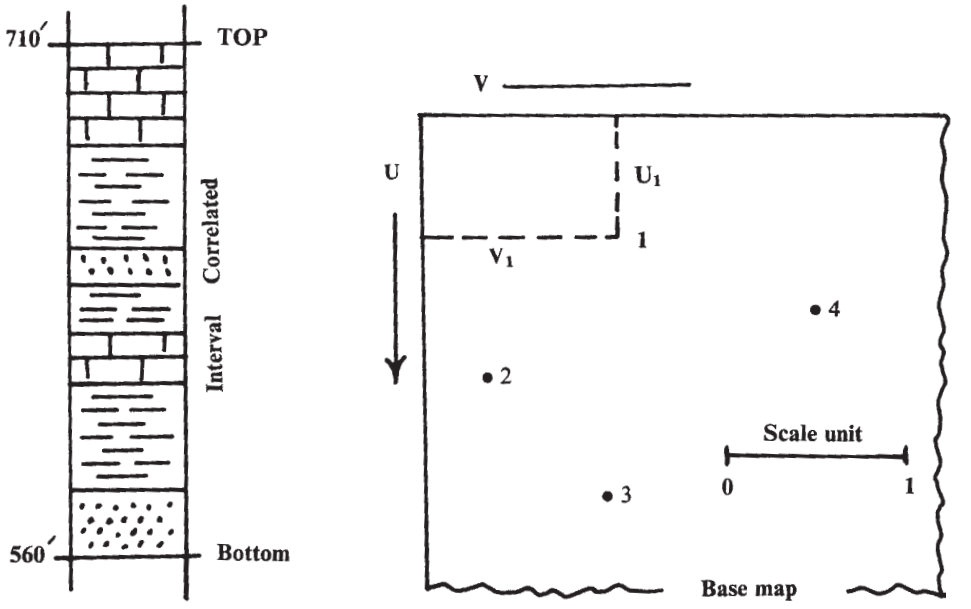
1 ـ عدم توافق مائل.

2 ـ عدم توافق متوازٍ.

3 ـ عدم توافق **Diastem**.

يلاحظ في المناطق التي حصل فيها تقلص ملحوظ في القشرة الأرضية بأن المواقع الحالية للظواهر التكتونية والجيولوجية تختلف عن المواقع الأصلية لها لمثل هذه المناطق تحضر خارطة أساسية التي ترجع الظواهر الموجودة في الوقت الحاضر إلى مواقعها في زمن محدد في الماضي الجيولوجي.

إن (Kay, 1945) يعطي شرحاً مفصلاً لهذا النوع من الخرائط ومثال على هذا النوع الخرائط الجغرافية القديمة.



شكل (9 ـ 4) المعلومات الضرورية لتحضير الخارطة الطبقية (عن Krumbein & Sloss, 1963)

تصنيف الخرائط الطباقية :

إن الوحدات الستراتغرافية تمتاز بخواص مختلفة مثل الشكل الهندسي والتكوين الصخري والمحتويات الحياتية والمحتويات السائلة للجسم والكتل الصخرية التي يراد دراستها .

وفي هذا الفصل سوف نركز على بعض الوحدات الطبقية الذي يمكن رسمها أو تبيانها على الخارطة وعلى الأخص الشكل الهندسي والظواهر التركيبية التي يمكن تمثيلها على الخرائط الكنتورية . ولذلك نؤكد على التوزيع السطحي . التراكيب الجيولوجية السمك والتكوين الصخري للجسم الصخري بأبعاده الثلاثة في الطبيعة . وإن ما ذكر يضع الأسس لرسم الخرائط بشكل يتعلق بالشكل الهندسي والتكوين الصخري وهي تشبه الطرق المتعلقة برسم الخرائط للظواهر الستراتغرافية الثانوية كالعلاقات بين المتحجرات كما ستأتي على ذكره في المستقبل .

إن الجدول (9 ـ 2) يبين لنا تصنيف ملخص للخرائط الستراتغرافية ويرينا أن هنالك تشكيلاً واسعاً من أنواع الخرائط . وإن أول صنف من هذه الخرائط يهتم بالشكل الهندسي الخارجي للجسم الصخري فهي تحلل وتتضمن الخرائط التركيبية الكونتورية .

جدول (9 ـ 2) تصنيف الخرائط الطباقية

أ ـ الهندسة الخارجية للأجسام الصخرية :

1 ـ السمك والامتداد السطحي : خارطة السماكة **(Isopach Map)** .

2 ـ هيئة السطح العلوي : الخارطة الكنتورية التركيبية **(Structure Contour Map)**

ب ـ مكونات الأجسام الصخرية :

1 ـ خرائط التغيرات السطحية (الخرائط السحنية **Facies maps**) .

i ـ سماكة نوع واحد من الصخور (Isolith map) .

ii ـ نسبة أحد أنواع الصخور : خارطة النسبة المئوية (Percentage map) .

iii ـ نسبة السمك بين أنواع الصخور : خارطة النسبة (Ratio map) .

ـ العلاقة بين ثلاثة من المكونات الليثولوجية ، وتشتمل على :

i ـ خارطة مثلث النسبة (Triangle ratio map) .

ii ـ خارطة درجة الخلط (Entropy map) .

iii ـ خارطة درجة الخلط والنسبة (Entropy-ratio map) .

iv ـ خارطة الحيود السحني (Facies-departure map) .

ـ العلاقة بين أربعة من المكونات الليثولوجية :

خارطة الرباعي الأوجه السحني **(Facies tetrahedron)**

خرائط التغيرات العمودية (Vertical variability maps)

أ ـ موقع وسمك وتكرار أحد أنواع الصخور : خارطة معدل السمك .

ب ـ درجة التعاقب بين الطبقات : خارطة درجة الخلط العمودي .

ب ـ الهندسة الداخلية والمكونات :

النسيج الداخلي والتراكيب ومكونات طبقات مختارة من الوحدة الطبقية .

خارطة درجة الفرز الحجر الرملي .

خارطة التطبق المتقاطع .

خارطة المعادن النادرة .

خارطة المعادن الثقيلة .

ج ـ الخرائط المشتقة والمركبة والمستنتجة :

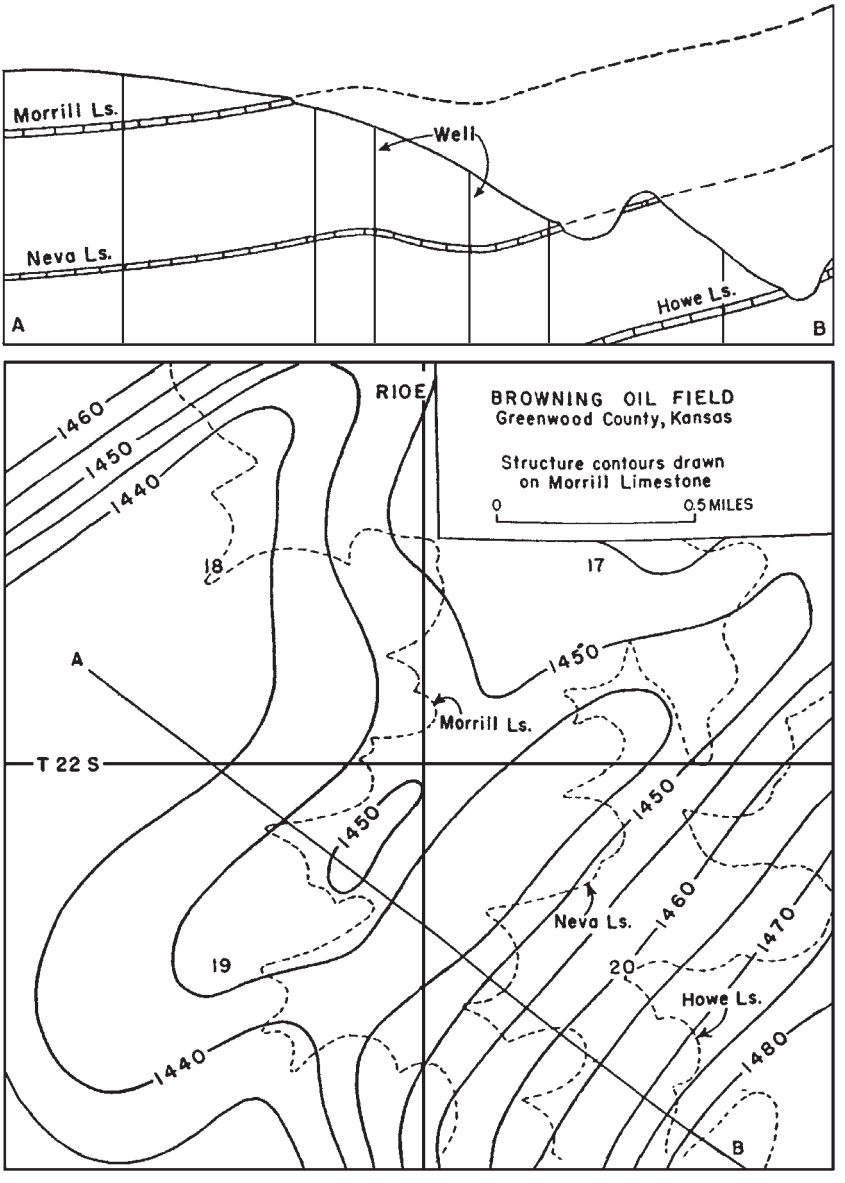
الخرائط التكتونية القديمة .

خرائط معدلات التغيير .

خرائط الاتجاهات السطحية .

خرائط حجم الصخور .

وخرائط السماكة الشكل (9 ـ 5) أما تحديد المكونات المعدنية للصخور في الخرائط فهي أكثر تعقيداً كونها تحتاج إلى تحليل نوعية الصخور الموجودة وسمكها وترتيبها في المقطع العمودي ضمن الجسم الصخري. فإن الشكل الهندسي يمكن أن يبين في عدد قليل من الخرائط لكنه يحتاج إلى عدد كبير من الخرائط المختلفة لعرض كافة تفاصيل المكونات المعدنية للجسم الصخري.



شكل (9 ـ 5) خارطة تركيبية كونتورية تبين العلاقة
بين التركيب الجيولوجي والمقطع المكشفي (عن Krumbein & Sloss, 1963)

جدول (9 ـ 2) يقسم الخرائط التي تبين تركيب الجسم الصخري إلى ثلاثة أصناف ثانوية: أول صنف يحتوي على الخرائط التي تبين التغيرات السطحية في التركيب الصخري بأجمعه وتسمى (Conventional facies map) إن هذا النوع من الخرائط يحتوي على خرائط النسب المئوية(Percentage map) وخرائط النسب وغيرها من الخرائط التي سنقوم بشرحها في ما بعد. أما الصنف الثاني يتضمن المواقع والسمك وتتابع الطبقات في المقطع العمودي وتسمى خرائط التغييرات العمودية (Vertical variationmap) ومع أنها تصنف ضمن خرائط التركيب الصخري فهي أيضاً تبين الهندسة الداخلية للوحدة الطبقية. إن الصنف الثاني يتضمن الخرائط التي تعرض ظواهر محددة لطبقة معينة أو نوع من الصخر المحدد ضمن الوحدة الطبقية مثل نوع المعادن الثقيلة في الصخر الرملي والذي يبين في هذا النوع من الخرائط. كما يمكن تمثيل الهندسة الداخلية والتركيب الداخلي في هذا النوع من الخرائط. وبما أن اختيار الطبقة المدروسة في الصنفين الثاني والثالث يعتمد على التركيب الصخري فهي تكون ضمن أنواع الخرائط التركيبية الصخرية.

إن المجموعة الأخيرة من الخرائط في الشكل (9 ـ 5) تمثل خرائط يمكن تصغيرها من الخرائط في المجموعة الأولى والثانية. إن الخارطة التكتونية القديمة (Palaeotectonic) هي خارطة تكاملية (Integrative) وتبين بعض ظواهر الـ(Isopach map) وخرائط سحنية. إن خارطة الحجم الصخري (Rock vol. map) مثال على الخارطة المشتقة (Derived map) ونحصل عليها بمعالجة رياضية للخارطة السحنية. إن مصطلحات التكامل والمشتق تستعمل للوصف وليس لها علاقة بالعمليات الرياضية والإحصائية التي تستعمل في تحضير هذه الخرائط. إن الجدول (9 ـ 2) هو ملخص لموضوع هذا الفصل وإن أول شيء سنتناوله هي الخرائط التركيبية الكونتورية.

الخرائط التركيبية الكونتورية: Structural Contour Maps

إن الخارطة التركيبية الكونتورية تبين الشكل الهندسي لسطح صخري وأن الخطوط الكونتورية تمر بنقاط على ارتفاع واحد فوق أو تحت مستوى معين (Datum plane) ويأخذ هذا المستوى اعتيادياً مستوى سطح البحر وفي نقاط السيطرة تعطي ارتفاع الطبقة الدليلة على الخارطة.

إن الخرائط التركيبية الكونتورية يمكن أن تتضمن معلومات من السطح وتحت السطح. إن الجزء الأعلى من شكل (9 ـ 5) يبين مقطع عرضي لعدة طبقات دليلة

ممتدة من السطح إلى مناطق تحت السطح. كما هو مبين فإنه توجد نقاط سيطرة على السطح وفي الآبار. إن موقع الطبقة الدليلة نسبة إلى Datum تحسب باستعمال ارتفاع البئر على السطح فتحسب ارتفاع الطبقة من خارطة طوبوغرافية أو باستعمال الـPlane table. إن الجزء الأسفل من الشكل (9 ـ 5) يمثل الخارطة الكونتورية التي أخذت من المقطع العلوي إن مقياس رسم الخارطة والفترات الكونتورية المستعملة تعتمد على الأغراض من الدراسة، ودقة المعلومات. وعلى المسافات بين نقاط السيطرة. إن الخرائط المستعملة للدراسات الإقليمية الواسعة يمكن رسمها بمقياس رسم 1:1000,000 أو أقل وبفترة كونتورية .ft 100 أو أقل.

إن الخرائط المفصلة أو الدقيقة مثلاً الخرائط التي تستعمل في استكشاف النفط ترسم بمقياس كبير 1:1,000 وبفترات كونتورية. .ft 10 أو أقل. وترسم الخرائط التركيبية الكونتورية وذلك بتثبيت ارتفاعات السطح الأعلى للوحدة الطبقية في كل نقطة سيطرة على الخارطة ومن ثم ترسم الخطوط الكونتورية التركيبية وتوجد ثلاث طرق لرسم الخطوط الكونتورية.

1 ـ رسم الخطوط الكونتورية ميكانيكياً. وذلك بإدراج قيم الارتفاعات بين نقطتين معلومتين رياضياً.

2 ـ رسم الخطوط الكونتورية بمسافات متساوية (Equal spacing contour) وترسم الخطوط على مسافات متساوية أي أن الميل في الخارطة ثابت (بحدود المعلومات المتوفرة) ولذلك يمكن رسم الخطوط الكونتورية في المناطق التي تكون فيها معلومات متوفرة.

3 ـ رسم الخطوط الكونتورية التفسيرية وترسم الخطوط وفقاً لاتجاه التراكيب في المنطقة (Bishop 1960, P. 45).

إن البيشوب (Bishop) يعطي مثال على كل طريقة لرسم الخطوط الكونتورية ويبين أن الطريقة الميكانيكية تكون أدق طريقة إذا كانت المعلومات المتوفرة وافية بينما إذا كانت المعلومات المتوفرة محدودة فإن الطريقة التفسيرية تكون أفضل. توجد ست طرق لرسم الخطوط الكونتورية وتستعمل كل طريقة لرسم معين من الخرائط الكونتورية.

إن تفسير الخرائط التركيبية الكونتورية عملية مباشرة نسبياً، إن القباب (Domes) والطبقات المحدبة تبين على شكل مرتفعات وهي خطوط كونتورية مغلقة تكون مرتفعة عن المناطق المجاورة والعكس يدل على وجود منخفض (Basin) أو طية مقعرة.

إن الانخفاضات الأحادية Monocline or Flexture تبين على شكل خطوط كونتورية متوازية التي تزداد أو تنخفض بالارتفاع في اتجاه معين.

أما الفوالق تبين من تطابق الخطوط الكونتورية على خط معين واعتيادياً يوجد انقطاع للخطوط الكونتورية على جانبي منطقة الفالق.

إن حجم التركيب يعبر عنه بانغلاقه وامتداده السطحي إذ أن الانغلاق يُقْرَأْ من الخارطة وهو فرق الارتفاع داخل أكبر خط كونتوري مغلق محيط بالتركيب. إن المسافات بين الخطوط الكونتورية تعطي فكرة عن انحدار للطية كما هو الحال في الخرائط الطوبوغرافية، فإن المسافات بين الخطوط الكونتورية تتناسب تناسباً عكسياً مع الانحدار. أن الشكل (9 ـ 6) يمثل مثل هذه الفكرة لحقلي عين زالة وبطمة. علماً بأن المستوى المعين قد أخذ على أساس 20 ألف قدم تحت سطح البحر.

خرائط السماكة أو خرائط السمك المتماثل: Isopach Maps

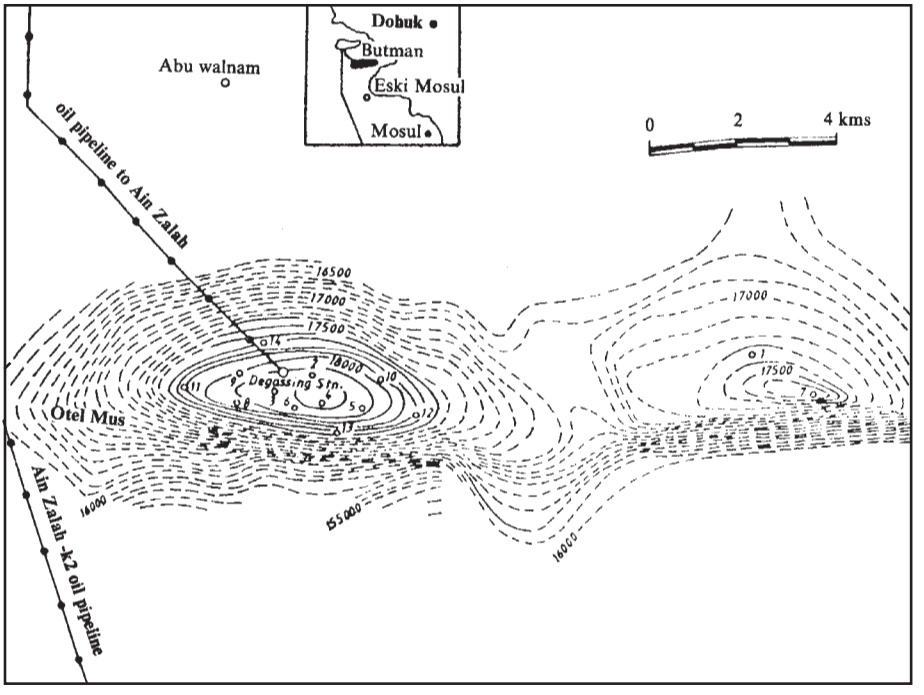
إن هذا النوع من الخرائط يمثل الاختلاف في سمك الوحدة الطبقية بخطوط كونتورية توصل بين نقاط لها سمك واحد. ولرسم هذا النوع من الخرائط نحتاج إلى طبقتين دليلتين: إحداهما السطح الأعلى، والثانية السطح الأسفل للوحدة الطبقية.

إن اختيار السطح الأعلى والأسفل للخرائط التي تمثل السمك الطبقي على أسس مختلفة في كثير من الحالات تؤخذ الفترة بين سطحي عدم التوافق وهذه الخارطة تبين الاختلافات التركيبية التي حصلت في الفترة الزمنية المحصورة، كما أن هذه الخارطة تعطي معلومات حول السطحين أما في حالات ثانية يمكن اختيار حدود ضمن تتابع طبقي مستمر حتى تبين الحركات الأرضية في وقت الترسيب.

يمكن رسم خارطة السماكة وذلك من استعمال خارطتين تركيبية كونتورية لسطحين حيث يتم طرح قيم ارتفاع السطح السفلي من ارتفاعات السطح العلوي في كل نقطة سيطرة، وبعد ذلك ترسم الخطوط الكونتورية التي تمثل النقاط التي لها سمك واحد. إن الخرائط التي بهذه الصورة تسمى أيضاً خرائط التقارب. أو الـ(Convergence map).

بعد اختيار الوحدة الطبقية لغرض رسم الخارطة فإن عملية الرسم تشبه إلى حد ما رسم الخارطة التركيبية الكونتورية حيث تثبت قيم السمك في كل نقطة سيطرة وبعد ذلك ترسم الخطوط الكونتورية بين هذه النقاط. إن الفترة العمودية (Vertical interval) بين الخطوط الكونتورية يمكن أن تصل إلى مئات الأقدام في

الخرائط الإقليمية أما في الدراسات المفصلة للوحدات الطبقية القليلة السمك تكون الفترة الكونتورية أقل من 10ft .

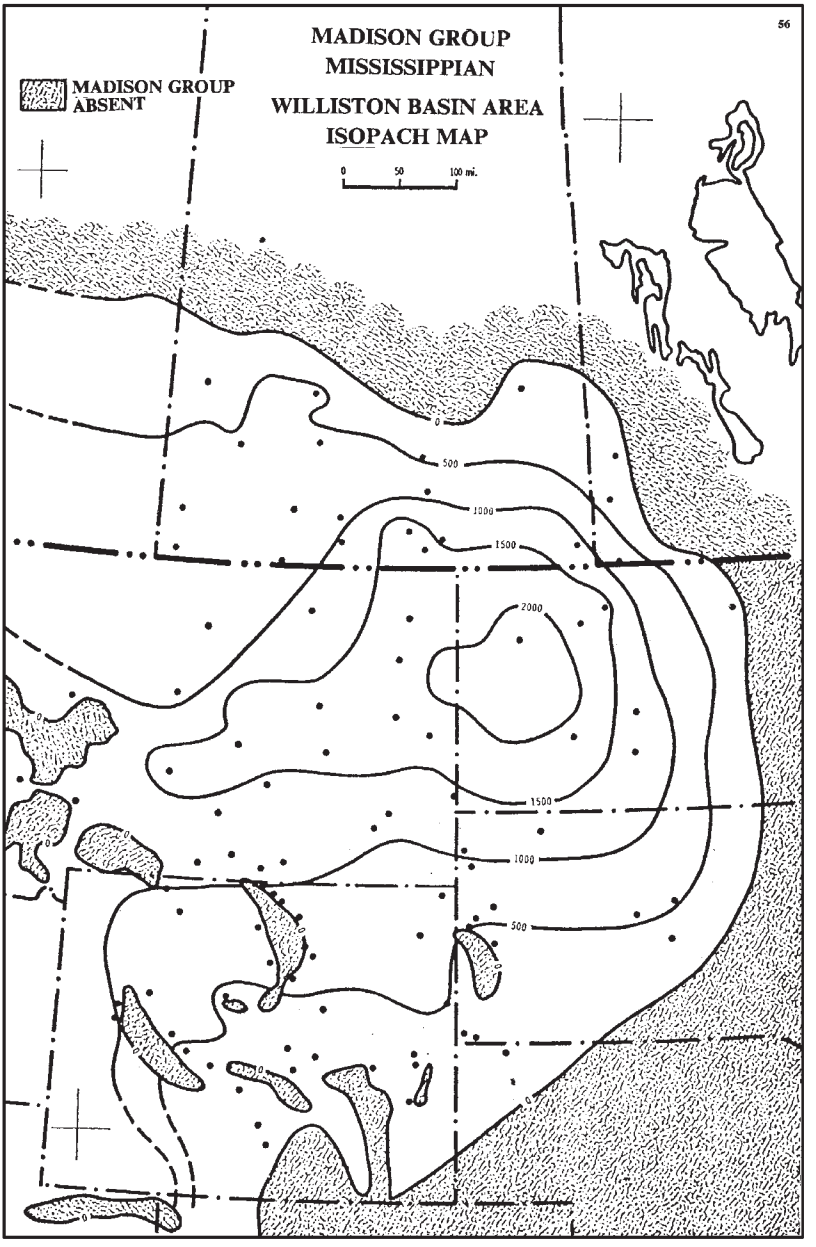


شكل (9 ـ 6) : خارطة تركيبية كونتورية لحقلي
عين زالة وبطمة (ابتداء من 20,000 قدم) تحت سطح البحر

إن طرق رسم الخطوط الكونتورية في هذه الخرائط يشبه الطرق المستعملة في الخرائط الكونتورية التركيبية في أكثر الأحيان هذا وأن خرائط السمك للطبقات تبين التراكيب الجيولوجية القديمة لذلك عند استعمالها لدراسة الحركات الأرضية المصاحبة للترسيب فإن اتجاهات أو ميلان الاتجاهات العامة للأحواض الرسوبية يكاد يختلف عن الاتجاهات التركيبية الحالية .

وعلى سبيل المثال يجوز أن تكون خارطة السمك الطبقي لوحدة صخرية الباليوزوي لا تتطابق مع التراكيب الحالية في المنطقة التي حصلت بنتيجة اللارامايد بعد تكوين الوحدة الصخرية .

إن الشكل (9 ـ 7) يمثل خارطة سماكة لصخور من زمن الكاربوني الأسفل في منخفض ويلستون ويظهر في الخارطة التركيب الدائري أو البيضوي النموذجي في خطوط .



شكل (9 ـ 7): خارطة سماكة الصخور المسيسبية
في حوض ويلستون (الولايات المتحدة الأمريكية) (Krumbein & Sloss, 1963)

السمك ضمن خارطة السمك الطبقي التي تمثل انخفاض في الحوض أثناء الترسيب كما يظهر في الخارطة الحد الفاصل بين الحوض العميق والرف الحوضي وهذه تظهر من خلال الاختلاف في المسافات بين الخطوط الكونتورية.

كما أن الشكل (9 ـ 8) يمثل تفسيراً لسماكة الطبقات في شمال العراق حسب دراسات دنكتن.

إن التغير من انخفاض بطيء إلى انخفاض سريع أثناء الترسيب يصل [إلى] أقصى حد في المنطقة التي تكون فيها الخطوط الكونتورية متقاربة وتسمى هذه المنطقة التي تكون الخطوط الكونتورية متقاربة فيها بالمفصل التكتوني (Tectonic Hinge) الذي كان فعال أثناء ترسيب الوحدة الطبقية.

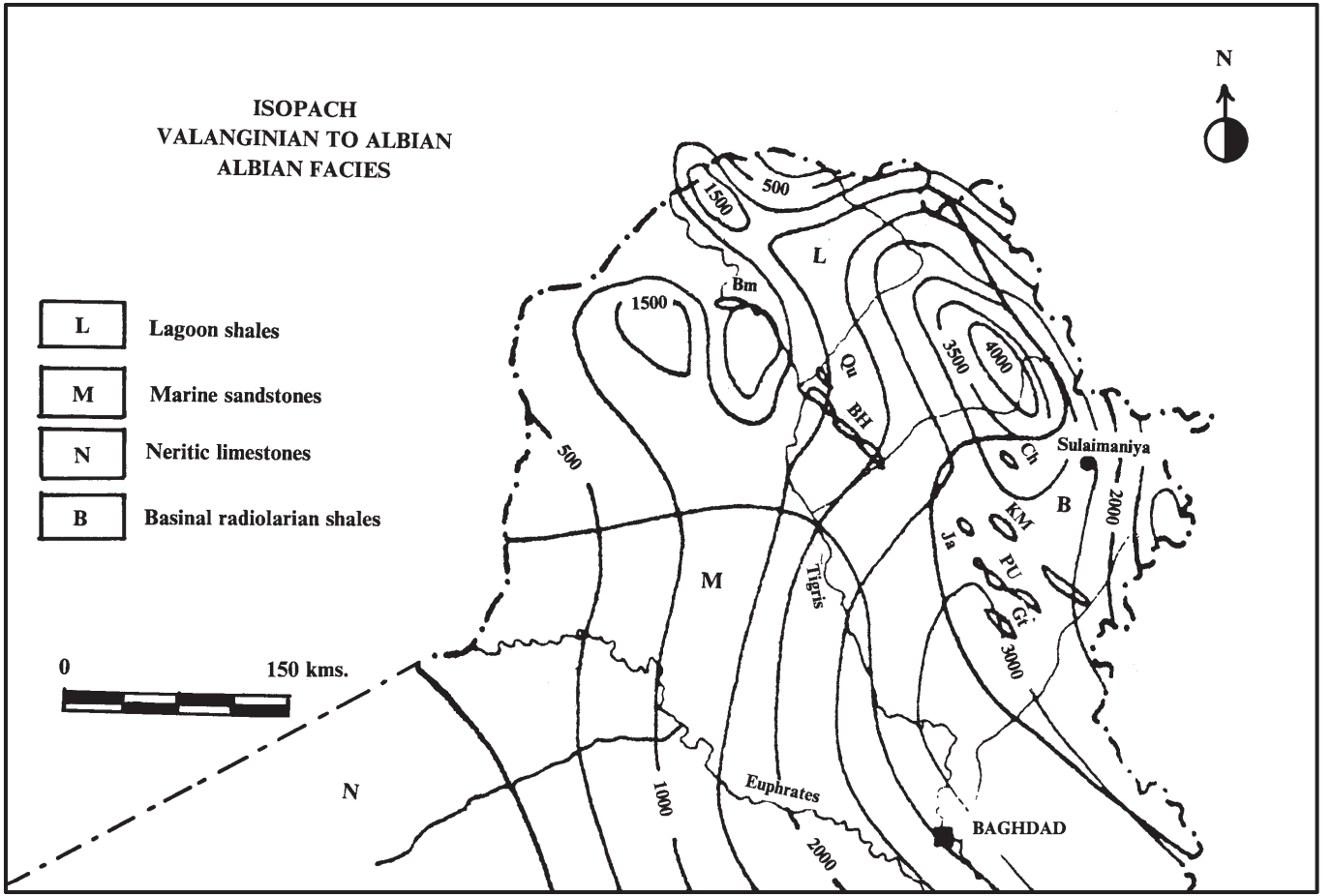
إن هذا النوع من الخرائط يتميز عن غيره من الخرائط الكونتورية وذلك يكون المستوى القياسي أو السطح القياسي الـ(Datum) يكون السطح الأعلى للوحدة الطبقية فإن الخارطة الكونتورية عندما تستعمل لتمثيل التضاريس فتوجد الارتفاعات فوق مستوى سطح البحر، أما عندما تمثل خارطة السمك للطبقات فإن سطح الطبقة العلوي يكون المستوى القياسي ويأخذ سمك الطبقات تحت هذا المستوى.

إن السبب لهذه الاعتبارات هو عند حفر الآبار نصل أولاً إلى السطح العلوي وإن هذا السطح يستعمل كمستوى قياسي عند ربط الآبار أو احتساب السمك أسفل هذا المستوى وعند ذلك يمكن التعرف على الوضع التركيبي للسطح الأسفل نسبة إلى السطح الأعلى.

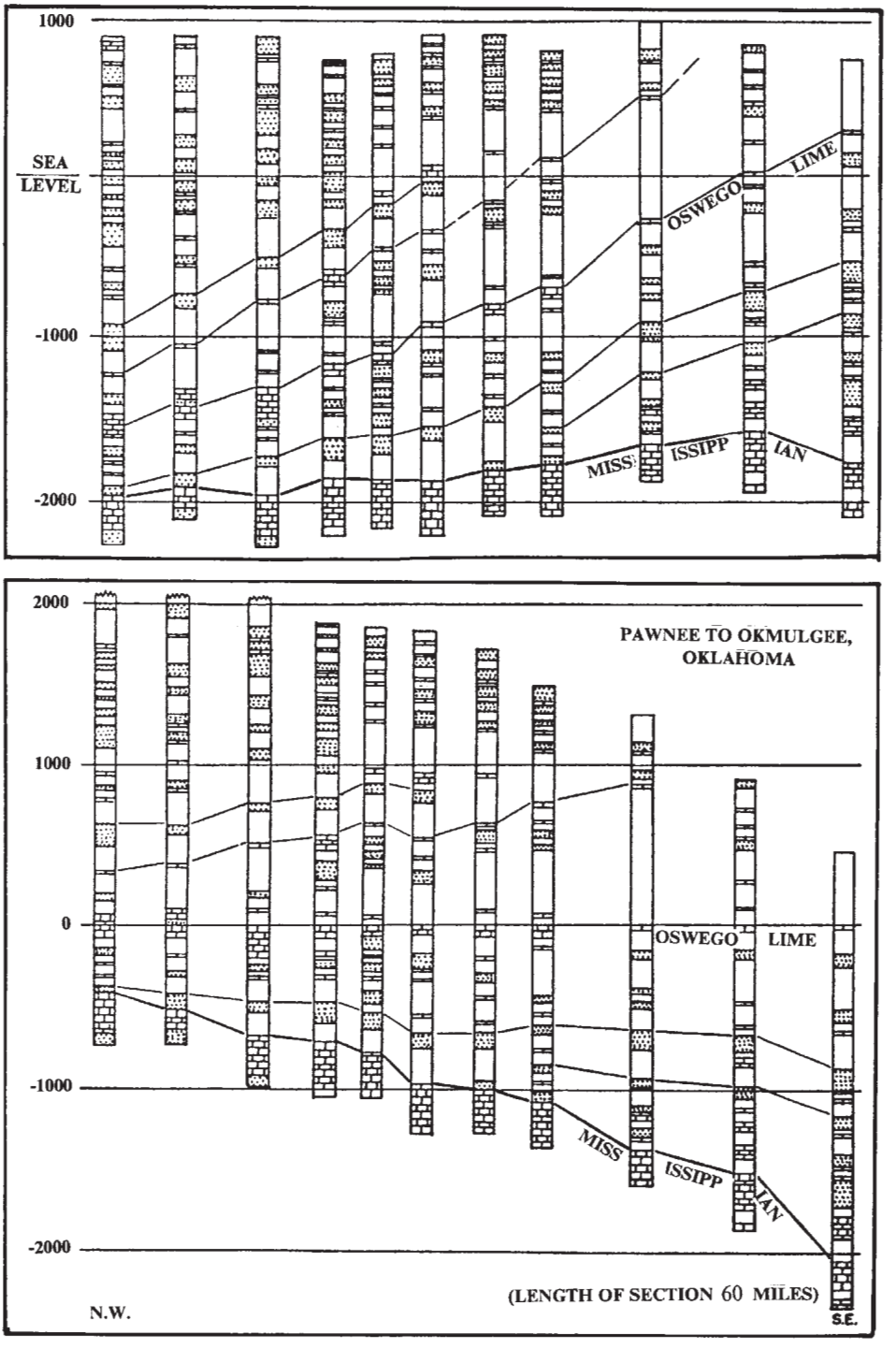
إن الشكل (9 ـ 9) المحور من Levorson (1972) يبين مقطع عرضي في أوكلاهوما ويكون في المقطع العلوي المستوى القياسي هو سطح البحر ويبين الوضع التركيبي الحالي للصخور. أما في المقطع السفلي فإن طبقة أسويجو الجيري اعتبرت هي السطح القياسي وتبين وضع الطبقات السفلى عند ترسيب الحجر الجيري السرئي.

إن لخرائط السمك الطبقي أفضلية على المقاطع الطبقية فإنها تبين التأثيرات خلال المسافات ومن رسم عدة خرائط وأخذ عدة مستويات مختلفة بالتتابع يمكن دراسة التطور التركيبي للمنطقة.

واعتيادياً تحصر المنطقة التي يتم فيها رسم خارطة تحت سطحية للمنطقة التي تكون تحت الطبقة العليا. فإذا رسمت صخور الكاربوني الأسفل وحتى الأوردفيسي المتوسط فإن الخارطة ستنتهي في المنطقة التي يظهر فيها السطح الأعلى من طبقات الكاربوني الأسفل على سطح الأرض، وبهذه الطريقة فإن تأثيرات التعرية بعد العصر البيرمي لم تدخل في الخارطة.



شكل (9 ـ 8) خارطة سماكة لصخور الفلانجينيان إلى الألبيان من شمال العراق مع توزيع سحنات الألبيان (عن Dunnington, 1958)



شكل (9 ـ 9) مقاطع طبقية للعصر البنسلفاني
في شرق أوكلاهوما (الولايات المتحدة الأمريكية) (Krumbein & Sloss, 1963)

أما الطريقة الثانية لرسم الخرائط الممثلة لسمك الطبقات هو أخذ كافة القيم المعلومة للسمك بغض النظر عن موقعها. فإن الفائدة من هذه الخرائط هي أنها تبين التوزيع الحالي للوحدات الطبقية على هذه الخارطة، هذا وأن خط السمك الذي تكون قيمته صفر يمثل المكشف الصخري للسطح السفلي للوحدة الطبقية ويمكن رسم خط الخارطة يبين الحافة الداخلية للمكشف الصخري على سطح الأرض. أما تحت السطح فإن الخط الذي تكون قيمته صفر يحدد المنطقة التي تكون الطبقة موجودة فيها. إن وجود المناطق التي تكون فيها القيمة صفر تسبب مشاكل خاصة في بعض الأحيان يكون معروفاً إن الفراغات الموجوة في الخارطة وعدم وجود الصخور هو نتيجة التعرية بعد الترسيب فمثلاً عدم وجود صخور الباليوسين في جبال القرن الكبير والتلال السوداء هي نتيجة التعرية بعد الترسيب في المناطق التي تكون الدلائل على التعرية واضحة ويصبح ممكناً توصيل خطوط كونتورية قيمتها صفراً بشكل مستمر.

أما في أحيان أخرى فإن المنطقة التي تكون القيمة فيها صفراً تكون تحت السطح وتمثل إما منطقة عدم ترسيب أو منطقة تعرية بعد الترسيب ومن ملاحظة الفترات الكونتورية ونوعية الصخور يمكن التحديد.

تفسير خرائط السماكة: Interpretation of Isopach Map

في حالة التفسير التركيبي للخرائط التي تمثل السمك للطبقات يفضل اختيار طبقات دالة لها امتدادات واسعة حتى يمكن فرض المستويات القياسية أفقياً لخرائط السمك المعتمدة على الفترة بين مستويين عدم توافق زاوي واسعة الامتدادت يمكن أن يفترض على واحدة منها يوجد مستوى أفقي عند تكوينها وبنفس الطريقة إذا كانت الفترة بين سطح عدم توافق وطبقة قليلة السمك حجر الجير المستحاثي المتوافق التي تحوي أحياء من بيئة مياه ضحلة في الأعلى يمكن أن تفرض أن الحجر الجيري كان أفقياً في وقت الترسب.

إن هنالك جزءاً مهمّاً من تفسير الخارطة للسمك الطبقي هي معرفة الحافة الأصلية لحوض الترسيب في قسم من حالات السمك الذي قيمته تساوي صفراً ذلك السمك أو الخط الكونتوري يمثل خط الساحل ولكن في أغلب الأحيان فإنه يمثل حدود التعرية. أن معرفة خط الساحل في الخارطة يعتبر مسألة معقدة وتعتمد الأساس على فهم طبيعة السحن الرسوبية قرب خط الصفر واحتمال بعدها عن ساحل حوض الترسيب. فإن استعمال خرائط السمك وخرائط السحن الرسوبية مما يساعد على تفسير المعلومات.

إن سلسلة من خرائط السمك لتتابع وحدات طبقية تعطي معلومات للاختلافات التركيبية التي حصلت في المنطقة ومنها يمكن حصر الزمن الذي حصل به التشويه. إن دراسة تفصيلية للتاريخ التركيبي مهم جداً في عمليات استكشاف النفط لأنه يعطي فكرة عن احتمالات هجرة النفط وكذلك عن تخزينه في الصخور.

من المهم أيضاً في تفسير هذا النوع من الخرائط هو تحديد الانخفاض الأدنى أثناء فترة الترسيب. إذ أن الخارطة التي ترسم للتتابع الطبقي ولا يوجد فيها قمة مرتفعة لعدم التوافق تعطي فكرة حول الانخفاض النسبي أثناء فترة ترسب الطبقات ويحتاج اختيار طبقات دالة عليا وسفلى التي يمكن فرضها أفقية عند تكوينها.

إن بعضهم يرسم خرائط السماكة المتساوية لتعكس المساحة المقاسة والملاحظة والتي تعكس التوزيع الحالي للوحدة.. في مثل هذه الخرائط قد يكون خط الصفر يعكس التكشف لقاعدة الوحدة.. في الخرائط تحت سطحية فإن خط الصفر يتابع من بئر لآخر ليعكس التوزيع المساحي الكامل للوحدة. لكن في الخرائط المرسومة من صخور متكشفة.. فإن خط الصفر قد يرسم ليشمل الصخور المغتربة Outliers. لكن المغتربات المدفونة لا يمكن تحديدها إلا بالحفر المكثف.

لما كانت السماكة تعكس المسافة بين دالتين (قاعدة الطبقة وسقفها) فقد ترسم بين سطوح تعرية أو تكون بين سطوح توافق. قد تكون سطوح التعرية قبل الترسيب أو بعده ـ إن حالات من الخلط بين خط الساحل (لا ترسب والسماكة صفر) وخط الصفر الكونتوري ـ إن العديد من الأدبيات عالجت الموضوع (كرمبيان وسلوس 1963م) (صفحة 401). وباختصار إن تحديد خط الساحل يستوجب الاطلاع على خرائط تفسيرية أخرى كخرائط الجغرافية القديمة وخرائط السحنات الحياتية وخرائط نسبة الفتات إلخ.

إن خط الصفر في خارطة السماكة الذي يمثل حدود الترسيب للوحدة الطبقية يدل على ما يلي:

1 ـ انتهاء الطبقات العليا للوحدة الطبقية على شكل وتدي.

2 ـ العلاقة بين الطبقات العليا والسفلى للوحدة الطبقية هي علاقة اعتلاء.

3 ـ جميع طبقات الوحدة تقل سماكتها تدريجياً باتجاه خط الصفر.

4 ـ توافق اتجاهات التغيرات السحنية مع تغيرات السماكة.

5 ـ يكون معدل تغير السماكة منتظماً باتجاه خط الصفر.

6 ـ توافق التغيرات المنتظمة في السحنات الحياتية مع تغيرات السماكة.

أما خط الصفر الذي يمثل انتهاء الوحدة الطبقية بسبب التعرية فإنه يتمثل بما يلي:

1 ـ وقوع خط الصفر على حافة الطبقات السفلى للوحدة الطبقية.

2 ـ العلاقة بين الطبقات العليا والسفلى للوحدة الطبقية هي علاقة تنحٍّ.

3 ـ يتغير سمك الطبقات العليا تدريجياً باتجاه خط الصفر بينما يبقى سمك الطبقات السفلى ثابتاً.

4 ـ عدم توافق اتجاهات التغيرات السحنية مع تغيرات السماكة.

5 ـ يكون معدل تغير السماكة غير منتظم وبين تغير فجائي باتجاه خط الصفر.

6 ـ عدم توافق تغيرات السحنات الحياتية مع تغيرات السماكة.

تستعمل خرائط السمك لدراسة الانخفاص في وقت الترسيب بالإضافة إلى النمو التركيبي الموضعي أثناء الترسيب. إن معرفة الأهمية لهذه الخرائط في الدراسات الطبقية بصورة خاصة والجيولوجية بصورة عامة حديث نسبياً حيث كان يعتقد أن تجمع الرمال على بعض التراكيب وتغيره جانبياً بصورة تدريجية أن يتحول إلى طفال سببه هو ترسيب الرمال في المياه الضحلة وترسيب الطَفَل في المياه الأكثر عمقاً. بعد أن تدفن الرواسب يتسبب عن ذلك الرص لهذه الرواسب ويكون رص أكثر من الرمال وعليه فالرمال تكون تراكيب أكثر مرتفعة حيث فسرت كثيراً الطَفَل من التراكيب في الولايات المتحدة الأمريكية على هذا الأساس وعلى أساس النمو التركيبي الموضعي الذي يحصل أثناء الترسيب أيضاً إضافة إلى الرص التفاضلي الذي يعتبر خطوة مهمة في معرفة العلاقات بين الترسيب والحركات الأرضية.

الخرائط الجيومورفولوجية القديمة: Palaeogeomorphological Maps

من الاستعمالات المهمة لخرائط السماكة الطبقية هو إعادة بناء الجيومورفولوجية أي أشكال التضاريس الأرضية لوحدة طبقية معينة. لذا ترسم خارطة السمك لوحدة طبقية قليلة السمك وترسم عادة فوق سطح عدم توافق رئيسي أو سطح تعرية له تضارس ملموسة وتكون مغطاة بطبقة دالة متوافقة طبقياً وتقع على ارتفاع 100 قدم إلى 200 قدم فوق سطح عدم التوافق الطبقي وعند رسم وحدة طبقية عند ذلك يمكن تبيان التضاريس المهمة أو الرئيسية. فيمكن تحديد

الـQuestas وأيضاً أنظمة التصريف المائي على سطح التعرية الأصلية كما أن هنالك استعمالات أخرى لخرائط السماكة الطبقية إذ تستعمل في دراسة السحن الصخرية حيث ترسم خطوط المناسيب للسمك وتحدد السحن على خارطة واحدة. وبهذه الطريقة يمكن تحديد العلاقة بين شكل الوحدة الطبقية بالأبعاد الثلاثة مع التغييرات الجانبية في التركيب الصخري.

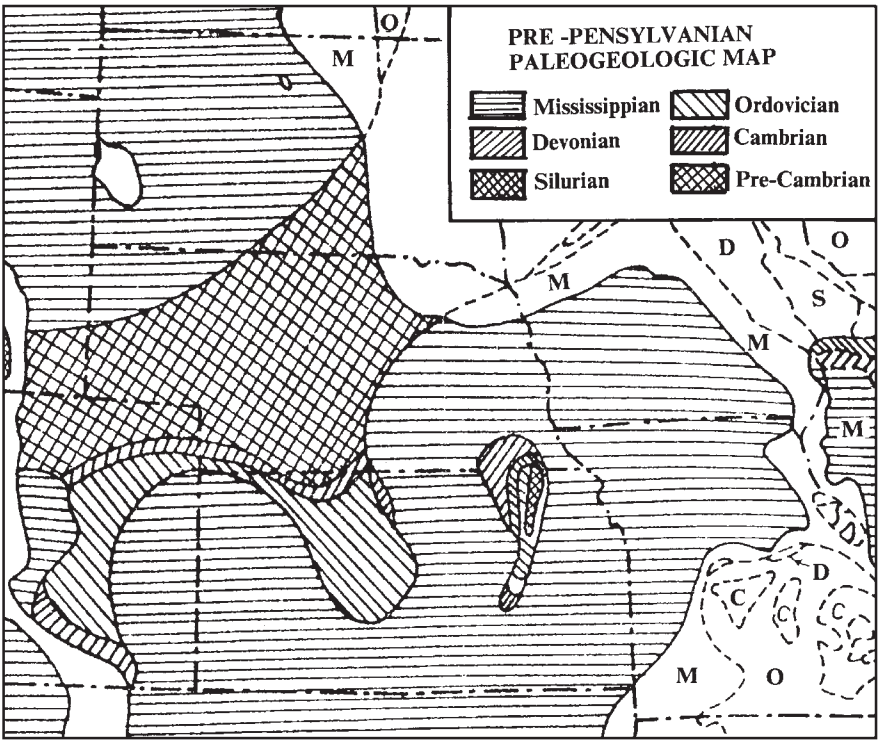
الخرائط الجيولوجية القديمة : Paleogeologic Maps

لقد حصل تقدم مهم في رسم الخرائط الطبقية عندما اكتشف الجيولوجيون في إمكانية توزع التكوينات الصخرية على سطح عدم توافق يقع تحت السطح وعلى سبيل المثال حصراً في مناطق صخور العصر الكاربوني الأعلى، فإن هذه الصخور تكون مفصولة عن الصخور الأقدم بسطح عدم توافق رئيسي. إذ يمكن رسم خارطة للمنطقة تبين التكوينات التي كانت ظاهرة على السطح عندما كانت بحار العصر الكاربوني الأعلى قد غطت سطح التعرية.

إن هذه الخرائط التي تسمى خرائط الجيولوجية القديمة استعملت من قبل Levorson (1933). وإنها مهمة في البحث عن النفط والغاز لأنها تبين أعمار ونوعية الصخور التي تكون تحت عدم توافق رئيسي. إن الخرائط التي تبين الجيولوجي تحت وحدة طبقية تسمى خرائط تحت المكشف Subcrop Maps أو خرائط جيولوجية قديمة وبنفس الطريقة يمكن رسم الوحدات الطبقية فوق جسم صخري معين وهذه الخارطة تسمى فوق مكشفية Super Crops Maps إن الخرائط المكشفية وفوق المكشفية تعطي معلومات حول العلاقات الهندسية يبين الوحدة الطبقية والكتل الصخرية التي تكون تحتها وفوقها، ولأجل الدراسة التحليلية الكاملة يجب مقارنة هذه الخرائط مع خرائط السمك الطبقي والخرائط الكونتورية التركيبية فإن مقارنة الخارطة تحت المكشفية مع التغييرات في السمك في وحدات طبقية متتالية المبينة في خرائط السمك يمكن الاستفادة منها لمعرفة الأهمية الاقتصادية لهذه الوحدات الطبقية.

إن المعلومات التي نحتاجها لرسم الخرائط الجيولوجية القديمة هي الوحدة الطبقية على سطح المستوى القياسي كذلك الفترة الزمنية قبل الكاربوني الأعلى في مثالنا السابق أعلاه ويجب أن تكون الصخور مباشرة تحت هذا العصر، فإن المعلومات تثبت في نقاط سيطرة معينة وترسم الخارطة الجيولوجية بتحديد الحدود الطبقية بين التكوينات الصخرية المختلفة وإذا وضعت الخارطة بشكل صحيح

ودقيق فإن الخارطة الجيولوجية القديمة تبين توزيع وتركيب الصخور في نفس طريقة الخارطة الجيولوجية على السطح. إن الشكل (9 ـ 10) يمثل خارطة جيولوجية قديمة وتكون حدود صخور الكاربوني الأعلى هي حدود هذه الخارطة.



شكل (9 ـ 10) خارطة جيولوجية قديمة (عن Krumbein & Sloss, 1963)

إن هذه الخارطة تبين أن صخور الكاربوني الأسفل قد تعرت في مناطق واسعة قبل ترسيب صخور الكاربوني الأعلى حيث يعتقد أن المنطقة برمتها كانت مغطاة بصخور الكاربوني الأسفل لأن صخور الكاربوني الأسفل والموجودة على الحافات هي من الحجر الجيري وعليه يعتقد أن الساحل كان خارج نطاق هذه الخارطة.

من دراسة الجيولوجي يتبين أن الحركات التركيبية حدثت في نهاية الكاربوني الأسفل وبداية الكاربوني الأعلى. كما أن الارتفاعات على بعض الحروف العالية تسبب عدم توافقات مائلة (زاوية) موضوعة بين قاعدة الكاربوني الأعلى وفي الجزء الأعلى من الكاربوني الأسفل. إن هذه التراكيب المدفونة تحت السطح والتي لم تتوضح من وضع صخور الكاربوني الأعلى الحالية ولكنها تشكل مكامن نفطية مهمة.

درس Levorson عدم التوافق الطبقي الإقليمي فوجد أن عدم التوافق يحصر طبقات في العمود الجيولوجي يختلف بعضها عن البعض بتركيبها ومكوناتها الصخرية، وفي سنة 1942م بيَّن Levorson أهمية هذه الطبقات لوجود مكامن نفطية تحت سطح عدم التوافق الرئيسي في مناطق كثيرة.

الخرائط السحنية : Facies Maps

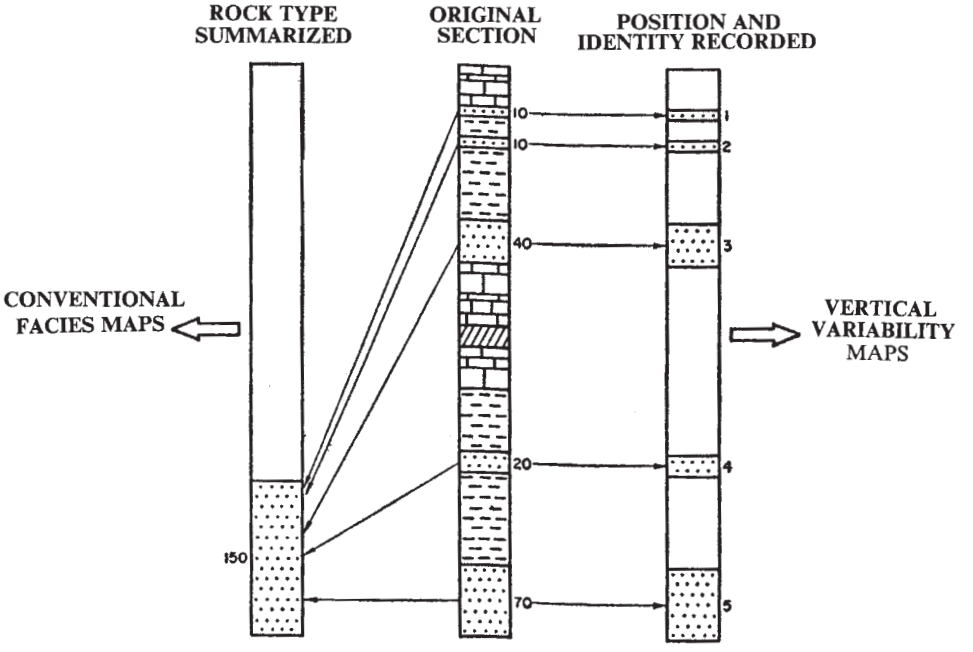
إن الخارطة السحنية تبين الاختلاف السطحي في مظاهر معينة في الوحدة الطبقية وأن المظاهر للوحدة في أية نقطة هي ملاحظة أية ميزة صخرية أو بيولوجية في تلك النقطة.

إن الخارطة السحنية التي يعتمد في بنائها على الناحية الصخرية تسمى خرائط السحن الصخرية Lithofacies.

وسنؤكد على هذا النوع من الخرائط لأن المعلومات الصخرية أكثر بكثير من المعلومات البيولوجية للوحدات الصخرية. وعلى وجه التقريب فإن لكل نوع من الخرائط السحنية الصخرية توجد خارطة سحنية حياتية مناظرة لها. كما أنه لا يمكن تمثيل كافة نواحي التركيب الصخري لوحدة ستراتغرافية بأي رمز على الخارطة. وفي هذه الحالة نحتاج إلى نوع من الخرائط الخاصة لتبيان هذه الظواهر بدقة. إن خارطة السمك للصخور تستعمل كقاعدة لتبيان توزيع السحن الصخرية وبصورة اعتيادية تحدد الوحدات الطبقية باستعمال طبقات دليلة. وفي بعض الحالات فإن قسماً من الخرائط السحنية ترسم لأجزاء من الوحدة الستراتغرافية. وعلى سبيل المثال لا الحصر فإن وجد تتابع طبقي يبلغ سمكه 500 قدماً فوق أو تحت السطح القياسي وتسمى هذه الخرائط بالخرائط الشريحية (Slice Map) ويكون سمكها متساوٍ في كل مناطقها، ولذا فإن هذه الخارطة لا تعتمد على خارطة السمك كقاعدة لرسمها في أكثر دراسات السحن الرسوبية تستعمل سلسلة من الخرائط كل منها تبين جانب معين أو ناحية معينة من الوحدة الصخرية الممثلة في الخارطة. إن الخارطة السحنية التي تبين الاختلاف المساحي في نسبة الرمل في الوحدة الطبقية لم تعطِ معلومات حول ما إذا كان الرمل موجوداً ضمن تلك الوحدة الطبقية باعتبارها طبقية واحدة أو فيما إذا كانت عدة طبقات أو كان الرمل موجوداً في أعلى أو أسفل الوحدة الطبقية ويحتاج إلى تحضير نوع خاص من الخرائط لتبيان هذه العلاقات.

وكما هو مبين في الجدول (9 ـ 2) فإنه توجد أنواع من الخرائط السحنية

الصخرية إن الشكل (9 ـ 11) مقطع طبقي موزع بن الرمل والطفل وغيرها من أنواع الصخور وهناك يعتبر الرمل هو موضوع الاهتمام ولغرض تحضير خارطة سحنية تقليدية تحسب الكمية للرمل في المقطع وذلك باحتساب كافة أجزاء الرمل الموجودة وكأنه كتلة واحدة كما هو مبين.



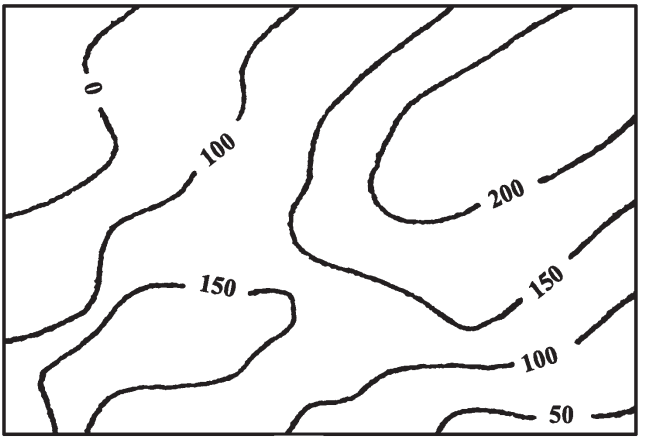
شكل (9 ـ 11) طرق جمع المعلومات عن الصخور الرملية في مقطع طبقي لعمل الخرائط الطبقية.

أ ـ الخرائط السحنية لنوع واحد من الخطوط:

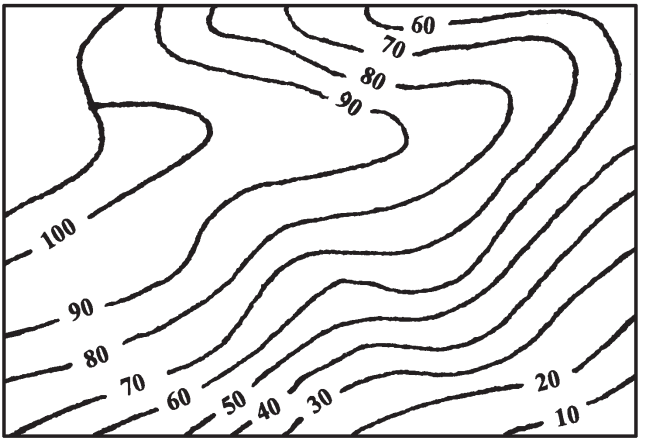
يعتمد وضع هذا النوع من الخرائط الطبقية إما على مجموع سمك أحد المكونات اللثولوجية للوحدة الطبقية أو نسبة سمك هذا النوع إلى السمك الكلي للوحدة الطبقية.

أ ـ 1: خارطة سماكة نوع واحد من الصخور: (Isolith)

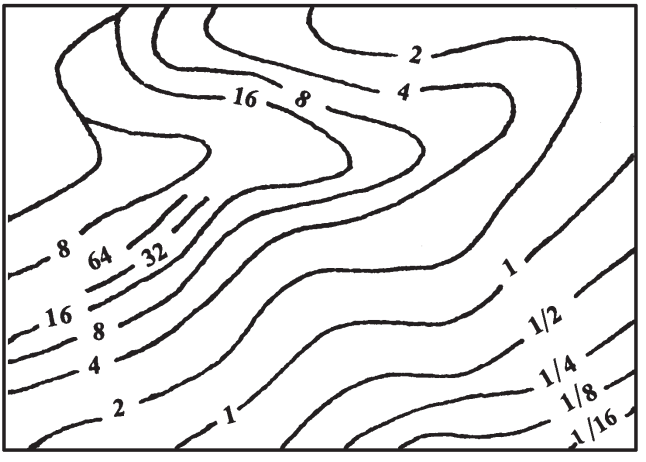
عند تسجيل مجموع سمك طبقات أحد أنواع الصخور ولنأخذ مثال على ذلك الحجر الرملي ضمن الوحدة الطبقية عند كل نقطة من نقاط القراءة على الخارطة ورسم خطوط كونتورية لهذه القيم فإن الخارطة الناتجة هي خارطة سماكة للحجر الرملي وتبين التغيرات السطحية في سمك الحجر الرملي المطلق للوحدة الطبقية (شكل 9 ـ 12).



خارطة تساوي الصخارية



خارطة النسبة المئوية



خارطة النسبة المطلقة

شكل (9 ـ 12) خارطة تساوي الصخارية وخارطة النسبة المئوية وخارطة النسبة المطلقة .

أ ـ 2 ـ خارطة النسبة المئوية:

في هذا النوع من الخرائط تصل الخطوط الكونتورية بين النقاط التي تمثل النسبة المئوية لسمك أحد أنواع الصخور إلى السمك الكلي للوحدة الطبقية وتستعمل فترة كونتورية مثل 5٪ أو 10٪ (شكل 9 ـ 12).

ب ـ الخرائط السحنية لأكثر من نوع واحد من الصخور:

يبين هذا النوع من الخرائط الطبقية العلاقة بين اثنتين أو ثلاث أو أربع من المكونات اللثولوجية للوحدة الطبقية ودرجة الخلط بينها.

ب ـ أ ـ العلاقة بين اثنتين من المكونات اللثولوجية:

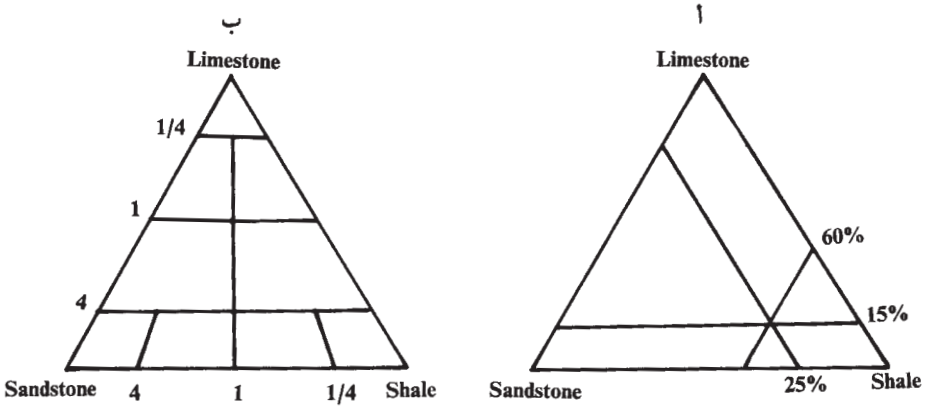
يتم عمل خارطة النسبة في هذه الحالة وهي خارطة تمثل نسبة السمك بين اثنتين من المكونات اللثولوجية مثلاً الرمل والسجيل أو المكونات الفتاتية وغير الفتاتية شكل 9 ـ 12) ومن الأمثلة الجيدة لاستخدام هذا النوع من الخرائط هو خارطة النسبة بين الرمل والسجيل حيث تكون العلاقة بينهما مهمة في دراسة المستودعات الرملية والصخور المجهزة.

ب ـ 2 ـ العلاقة بين ثلاث من المكونات اللثولوجية:

عندما تشمل الدراسة السحنية ثلاث مكونات لثولوجية مثلاً رمل وسجيل وحجر جيري تمثل العلاقة بينها باستعمال مثلث الـ100 بالمئة وفي بعض الأحيان في النظام الذي يحتوي على أربع مكونات يتم ليصبح اثنتان من المكونات مثلاً حجر الجير والمتحجرات التي تمثل مجموعة غير فتاتية لكي يسهل استعمال المثلث السحني.

- لرسم النقاط على المثلث السحني يعاد حساب المكونات الثلاث المختارة من 100٪ ويعتبر رأس المثلث الذي يمثل إحدى المكونات يساوي 100 والجانب المقابل له صفر (شكل 9 ـ 13أ) [أن] والمعتاد تسيطر كل نقاط الخارطة على المثلث.
- إن توزيع النقاط على المثلث السحني لا يبين فقط مكونات العمود الطبقي بل يزودنا بتحليل أولي للمعلومات لغرض عمل الخارطة السحنية ويعطينا فكرة عن طبيعة الخرائط السحنية التي يجب أن ترسم لكي تعطي أكبر كمية من المعلومات عن الوحدة الطبقية أو الفترة التي هي تحت الدراسة. ويقسم المثلث إلى عدد من الأقسام التي تبين نسب معينة من المكونات الثلاث (شكل 9 ـ 13ب)، فإن

التقسيمات العمودية تبين النسبة بين المكونات الفتاتية أي الرمل والسجيل، أما التقسيمات الأفقية فتعطى النسبة الفتاتية أي نسبة الرمل زائداً السجيل إلى حجر الجيري وتوضع خارطة السماكة عادة برفقة الخارطة السحنية التي تمثل خطوطها الكونتورية أما نسبة الرمل إلى السجيل أو النسبة الفتاتية أو تقسيم الخارطة إلى تسع مناطق سحنية اعتماداً على أقسام المثلث السحني الذي يعطى لكل جزء منه رمز معين يعكس قدر الإمكان المكونات اللثولوجية. (شكل 9 ـ 14).



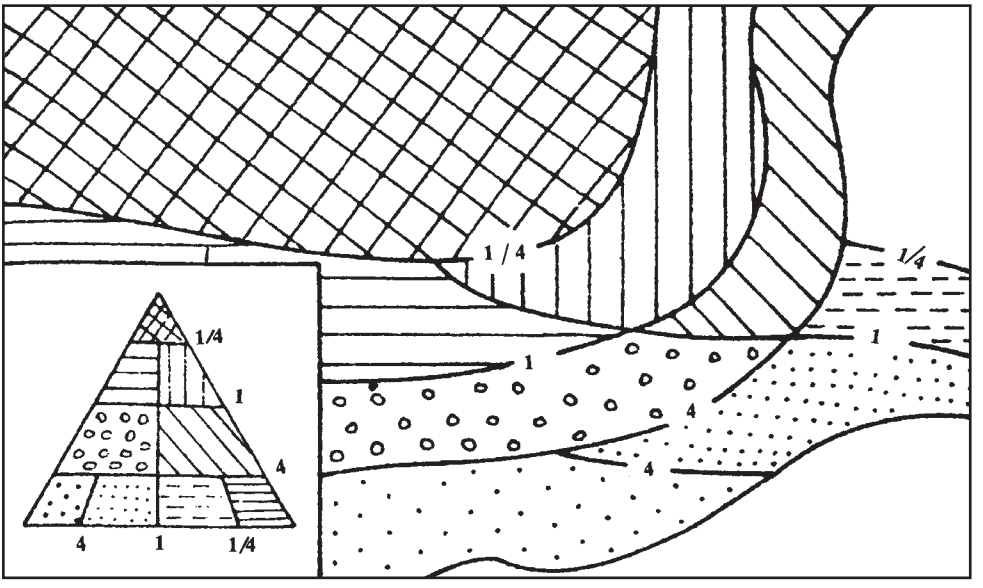
شكل (9 ـ 13)

أ ـ إسقاط أحد النقاط على مثلث الـ100٪ لثلاث مكونات حيث تمثل النقطة 60٪ سجيل، 25٪ حجر رملي و15٪ حجر جيري.

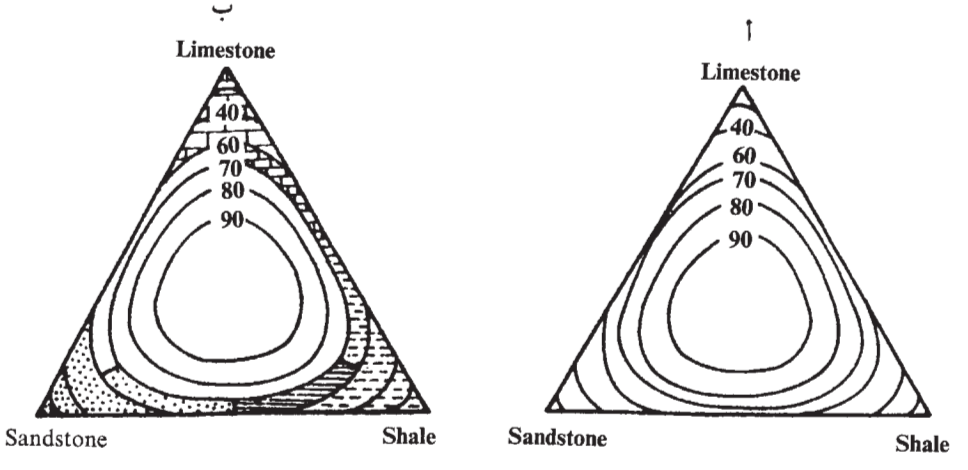
ب ـ تقسيم المثلث بواسطة خطوط النسبية التي تعكس نسبة الجزء الفتاتي إلى الجزء الغير فتاتي ونسبة الرمل إلى السجيل.

ـ أما خارطة درجة الخلط فيتم إعدادها بإسقاط النقاط على المثلث التي قسّم إلى أجزاء بواسطة خطوط تبين درجات الخلط بين المكونات الثلاث وأعلى نقطة في المثلث تمثل 33,3٪ في كل من المكونات الثلاث (شكل 9 ـ 15أ)، وقد يستعاض عن استعمال المثلث لحساب درجة الخلط في كل نقطة بواسطة معادلة حسابية. وباستعمال تقسيم آخر للمثلث يعكس النسبة بين كل اثنتين من المكونات يمكن إعداد خرائط درجة الخلط والنسبة (شكل 9 ـ 15ب).

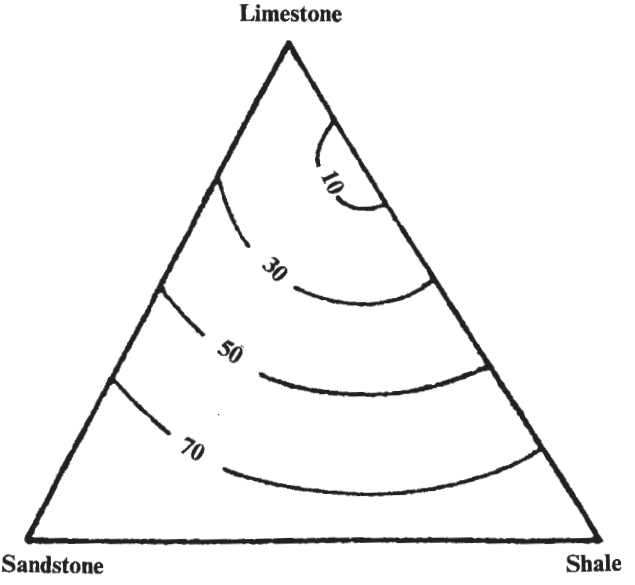
ـ ويتم إعداد خرائط الحيود السحني بتحديد اختلاف نقاط القراءة عن سحنة معينة ذات نسب معينة من المكونات الثلاث مثلاً السحنة الموجودة في المفصل التكتوني لحوض الترسيب (شكل 9 ـ 16).



شكل (9 ـ 14) خارطة سحنيات
على أساس المثلث السحني المقسم إلى نسب بين المكونات الثلاث



شكل (9 ـ 15)
أ ـ تقسيم المثلث على أساس درجة الخلط بين المكونات الثلاث .
ب ـ تقسيم المثلث إلى أقسام إضافية للنسبة بين كل إثنتين من المكونات .



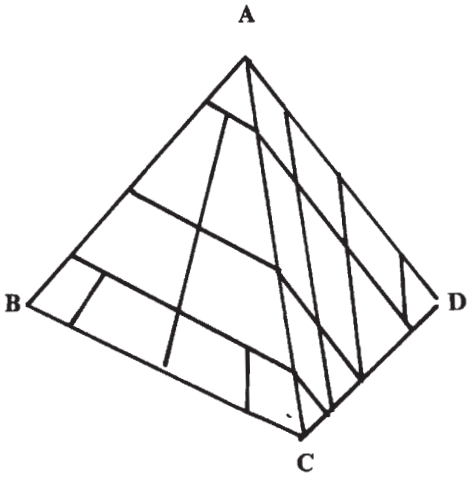
شكل (9 ـ 16) تقسيم المثلث
على أساس درجة الحيود عن السحنة الرسوبية المتخذة كأساس في الدراسة

ب ـ 3 ـ العلاقة بين أربع من المكونات اللثولوجية :

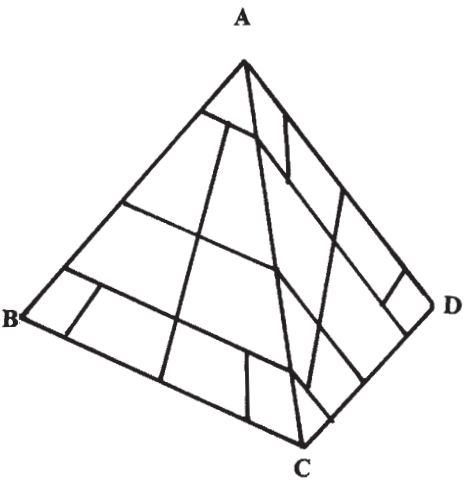
في بعض الأحيان تتطلب الدراسة الأخذ بنظر الاعتبار أربع من المكونات اللثولوجية مثلاً حالة وحدة طبقية تحتوي على كميات كبيرة من الرمل والسجيل وحجر الجيري والمتبخرات، لذا يستعمل شكل رباعي الأوجه تمثل كل من أطرافه الأربعة واحد من المكونات، ويقسم هذا الشكل إما على شكل نسب مئوية للمكونات أو نسبة بين أي من المكونات أو يشمل الاثنين معاً (شكل 9 ـ 17) ويعطى لكل قسم من الأقسام رمز معين ترسم على أساسه الخارطة السحنية. (شكل 9 ـ 18).

جـ ـ خرائط التغيرات العمودية :

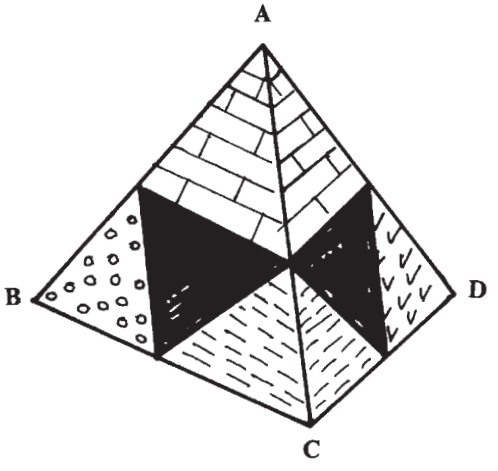
يعد هذ النوع من الخرائط الطبقية لتوضيح الاختلافات العمودية من ناحية المكونات والهندسة الداخلة ضمن الوحدة الطبقية ويمكن إعداد نوعين من هذه الخرائط : الأول اعتماداً على أحد المكونات الرئيسية للوحدة الطبقية، والثاني يشمل عدداً من المكونات اللثولوجية.



التقطيع على أساس النسبة والنسبة المئوية

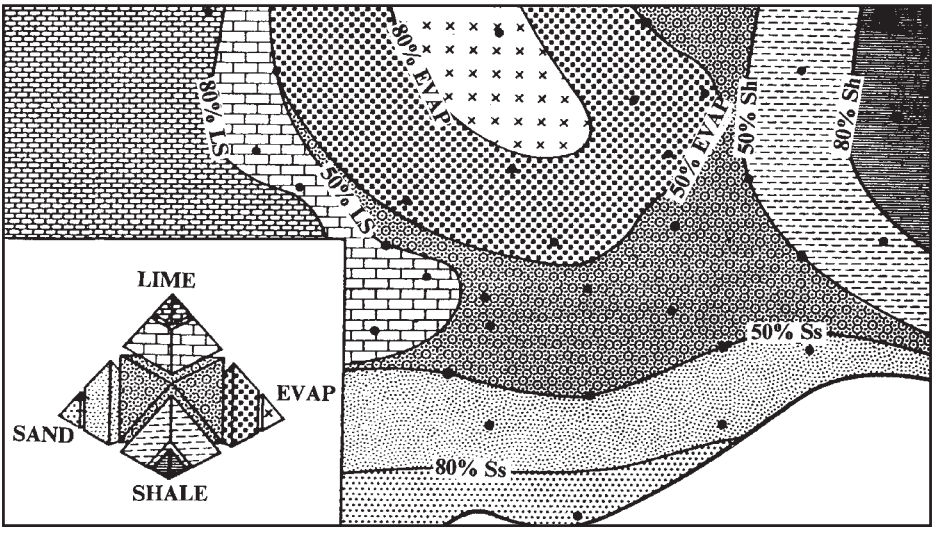


التقطيع على أساس النسبة



التقطيع على أساس النسبة المئوية

شكل (9 ـ 17): أقسام الرباعي الأوجه السحني
على أساس النسب المئوية للمكونات أو النسبة بين كل اثنين منها



شكل (9 ـ 18): خارطة سحنية على أساس
رباعي الأوجه السحني المقسم على أساس النسب المئوية للمكونات الأربع .

جـ ـ 1 ـ موقع وسمك وتكرار أحد أنواع الصخور :

يمكن عمل عدة أنواع من الخرائط التي تبين المتغيرات العمودية لأحد المكونات، فإذا كان تغير السمك في طبقات الرمل مثلاً صفة تثير الاهتمام فيحسب معدل سمك طبقات الحجر الرملي وترسم خارطة كونتورية تبين المتغيرات في معدل سمك طبقات الحجر الرملي ضمن الوحدة الطبقية المدروسة. كذلك يمكن عمل خارطة تبين تكرار طبقات الحجر الرملي ضمن المقطع وخارطة تبين موقع تلك الطبقات بالنسبة إلى قمة التتابع الطبقي المدروس.

جـ ـ 2 ـ درجة التعاقب بين الطبقات :

يكون إعداد خرائط التغيرات العمودية لعدد من المكونات أكثر صعوبة حيث يؤخذ بنظر الاعتبار الاختلافات بالسمك للطبقات المختلفة ضمن الوحدة الطبقية، مثال على ذلك الخارطة المجزأة حيث يقسم التتابع الطبقي إلى ثلاثة أقسام متساوية مثلاً وتقاس كمية الحجر الرملي مثلاً في كل جزء ويوضع المثلث السحني ممثلاً لأجزاء المقاطع الثلاثة ويقسم إلى نسب تبين الاختلافات في كمية الحجر الرملي من جزء إلى آخر.

الهندسة الداخلية والمكونات :

يتضمن هذا النوع من الخرائط دراسة نوع واحد من الصخور أو جزء معين

من الوحدة الطبقية وحتى طبقة واحدة، وقد يتم اختيار طبقة من الحجر الرملي حيث تعد خارطة تبين التغيرات السطحية لمعدل حجم الحبيبات أو درجة الفرز أو اتجاهات التطبق المتقاطع وتعد خرائط للمسامية والنفاذية لغرض الاستكشاف وتقيم المستودعات النفطية. ويتم إعداد خرائط المعادن الثقيلة لاستنتاج الصخور المجهزة واتجاهات نقل الرمال. ويمكن إطلاق اسم الخرائط الطبقية الترسيبية لمجموعة كبيرة من الخرائط التي تبين التغيرات في المكونات والهندسة الداخلية للوحدات الصخرية.

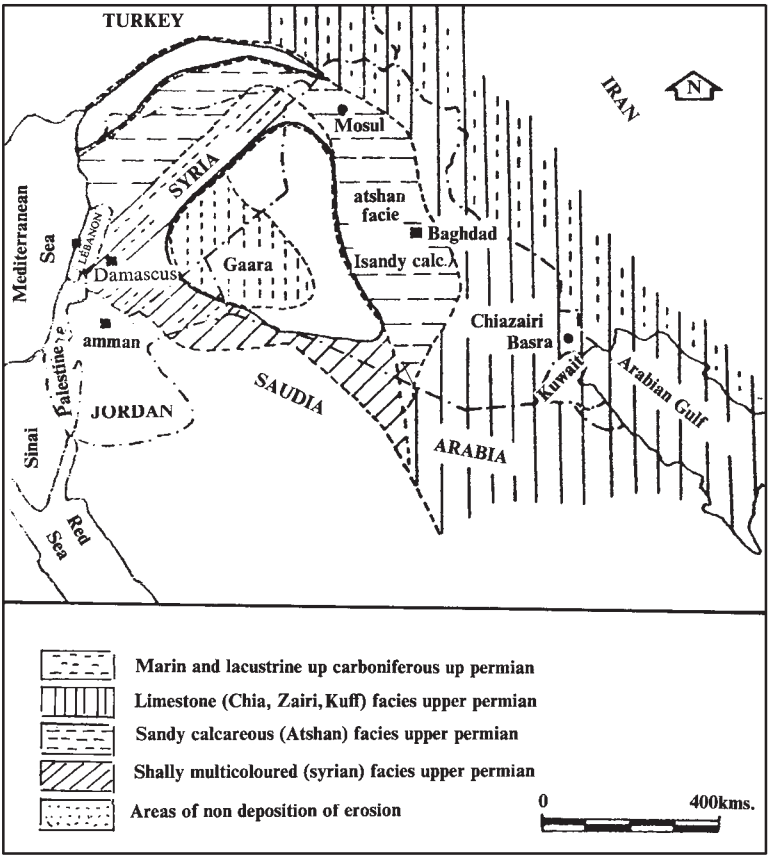
الخرائط المشتقة والمركبة والمستنتجة:

يعتبر هذا النوع من الخرائط الطبقية كنتيجة نهائية بحد ذاتها حيث تمثل مركبة لمجموعة من الخرائط أو أن أحد الخرائط تمت معاملة معلوماتها معاملة رياضية أو إحصائية والخارطة الناتجة تكون مشتقة أو مركبة، ويتم إعداد الخارطة المركبة عادة بدمج المعلومات لخارطتين أو أكثر مثلاً خارطة المثلث السحني التي تحتوي على مجموعتين من خطوط النسبة، وكذلك يمكن دمج خارطة سماكة وحدة حجر رملي مع خارطة التغيرات العمودية للنسيج وتستعمل رموز مختلفة.

يمكن إعداد الخارطة التكتونية القديمة شكل (9 ـ 19) على أساس خرائط السماكة والخرائط السحنية حيث يتم تحديد العوامل التكتونية المرتفعة والمنخفضة خلال تجمع الوحدة الطبقية، وعلى عكس الخارطة المركبة التي تعد بدمج معلومات أكثر من خارطة واحدة فإن خارطة معدل التغيير يتم إعدادها بتحليل الخطوط الكنتورية حيث يتناسب معدل تغير التراكيب والسمك أو مكونات الوحدة الطبقية عكسياً مع المسافة بين الخطوط الكنتورية ويمكن مثلاً استنتاج موقع المفصل التكتوني من مناطق أكبر معدل تغيير في سمك الوحدة الطبقية وبمحاولة مطابقة معدلات التغير في السمك مع معدلات التغير في السحنات الترسبية يمكن استنتاج في ما إذا كان التغير الرئيسي في السحنات الترسيبية يطابق المفصل التكتوني أو مزاح باتجاه الحوض أو الرف القاري بعيداً عن موضع أعلى معدل للتجلس.

أما خرائط الاتجاهات السطحية فيتم استعمال طرق تحليل الخرائط لفصل التغيرات المحلية في المعلومات الطبقية عن الاتجاهات العامة للتغيرات السطحية. إن الخارطة الطبقية هي إحدى الوسائل لاستنتاج العوامل التكتونية والترسيبية وعوامل التعرية التي ينتج عنها الشكل الهندسي ومكونات الجسم الصخري.

والعوامل الجيولوجية تكون إما منتشرة على نطاق واسع ينتج عنها تغيرات منتظمة في صفات الجسم الصخري أي تشمل كل الهيكل التكتوني الترسيبي للبيئة. أو يكون تأثيرها على نطاق محلي مثل التغيرات الثانوية في البيئة الترسيبية ومن التراكيب ضمن منطقة الترسيب الواسعة أو عمليات التعرية المحلية.



شكل (9 ـ 19) خارطة تكتونية

سحنية للكاربوني إلى البيرمي من شمال العراق (عن Buday, 1980)

إن الفصل بين معلومات الخارطة التي تمثل التأثيرات المحلية عن الاتجاه العام يدعى بتحليل الاتجاهات السطحية وبهذه الطريقة يمكن فصل الخارطة الطبقية إلى خارطتين، واحدة تبين الاتجاهات العامة والأخرى التأثيرات المحلية.

الفصل العاشر

الدراسات الطباقية السطحية وتحت السطحية

الدراسات الطباقية :

سنتطرق في هذا الفصل إلى العمليات التي يتم بواسطتها جمع المعلومات للدراسات الطباقية . . إن عملية جمع ودراسة النماذج تقع في نطاق مادة العمل الحقلي، وهي مادة دراسية يتعرض لفصولها الطالب في موضوع الجيومورفولوجي والجيولوجيا الحقلية المقررة حالياً لطلبة الصف الثاني جيولوجي، فضلاً عن مادة العمل الحقلي المقررة للطلبة الصف الثالث جيولوجي التي يقضي فيها الطالب جزءاً من الصيف الذي يلي الصف الثالث في الحقل . . . لذا فإننا سنتعرض بشكل عام لهذا الموضوع مع إعطاء الجانب المتعلق بالدراسات الطباقية اهتماماً أكثر .

التهيؤ للعمل الحقلي :

قبل الخروج إلى الحقل لدراسة منطقة ما يتوجب على الجيولوجي الأخذ بالملاحظات التالية :

جمع أكبر قدر ممكن من المعلومات المنشورة عن المنطقة التي في النية إجراء دراستها لكي تتولد لديه فكرة أولية عن تلك المنطقة .

أخذ خريطة جيولوجية للمنطقة إن وجدت أو خريطة طوبوغرافية وفي حال عدم وجود أية خريطة من النوعين المذكورين فبالإمكان الحصول على خريطة تمثل المواقع الجغرافية في المنطقة لكي تكون الدليل الأولي في العمل .

بوصلة جيولوجية(Compass) . . . مطرقة جيولوجية (Hammer) . . دفتر ملاحظات، وأقلام رصاص وقلم خاص يسمى محلياً «Magic» وذلك لاستخدامه في ترقيم النماذج الصلدة .

أكياس لوضع النماذج فيها ويفضل أن يؤخذ نوعين من الأكياس، أكياس نايلون لوضع نماذج المواد الفتاتية والهشة وأكياس من قماش لوضع نماذج الصلاة (كالحجر الجيري) .

حامض هايدروكلوريك مخفف لفحص المواد الجيرية. . . وسكين صغيرة لمعرفة صلادة المعادن (صلادة السكين 5,5)، وعدسة صغيرة (Hand lens) ومقياس، البعض يحمل معه بطاقات صغيرة مطبوع عليها رقم النموذج تاريخ العمل الحقلي وغيرها من المعلومات وتملأ من قبل الجيولوجي في الحقل. . . حقيبة حقلية لوضع احتياجات العمل الحقلي والنماذج فيها. . . ويصحب العديد من الجيولوجيين معهم إلى الحقل كاميرات تصوير ويفضل البعض استخدام الأقلام الملونة لأنها توضح التغير في لون الصخور.

ومن المفضل أن يكون الخروج إلى الحقل برفقة زميل للمساعدة في قياس المقاطع أو للمساعدة حين التعرض لأي طارىء.

وصف وقياس المقاطع:

إن الوصف الدقيق للوحدات الطباقية الصخرية وقياسها يمثل قاعدة للدراسة لكل عمل جيولوجي وتبدأ عملية الدراسة من الأسفل إلى الأعلى بوصف دقيق للوحدات الطباقية الصخرية، التراكيب الداخلية والتغيرات الحاصلة فيها. موقع الأحافير إن كانت ظاهرة للعيان والعلاقات الطباقية.

إن قياس المقاطع لا يمكن تلخيصه بشكل كامل فكل مقطع قد تكون له خصوصياته، وهناك عدة مراجع في العمل الحقلي يمكن للطالب الرجوع إليها في حال الرغبة في الاطلاع على تفصيلات أكثر ومنها كتاب «الجيولوجيا الحقلية» (Field Geology) المؤلفة لاهي (Laheee, 1961) وإذا كانت منطقة الدراسة واسعة والمطلوب إجراء مضاهاة للوحدات الطباقية فمن المفضل أن يُكَوّن الجيولوجي لنفسه معلومات عامة عن المنطقة بدراسة شاملة لعدة مقاطع بدلاً من قضاء الوقت في دراسة مقطع واحد. والأفضل أن يقيس 10 أو 20 مقطعاً بصورة عامة بدلاً من قضاء فترة الحقل بدراسة مقطع أو مقطعين بصورة تفصيلية.

إذا كان هناك خيار للجيولوجي في دراسة مقطع واحد فإن الأفضل أن يبحث عن مقطع ذي مكشف صخري جيد.

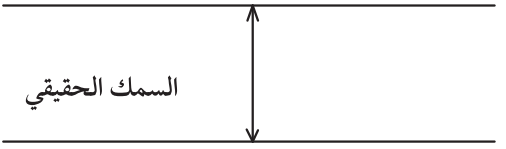
ولقياس المسافات بين المقاطع المتباعدة فبإمكان الجيولوجي أن يحسب المسافات بدقة بين خطواته ويصبح عدد الخطوات وسيلة سريعة وعملية لتحديد المسافات بين بعض المقاطع التي يتطلب استعمال المقياس فيها جهداً كبيراً.

ويُرسم تخطيط أولي للمنطقة في دفتر الملاحظات مع مقطع بسيط ليحدد المواقع والأبعاد ومواقع النماذج.

قياس سمك الطبقات الصخرية :

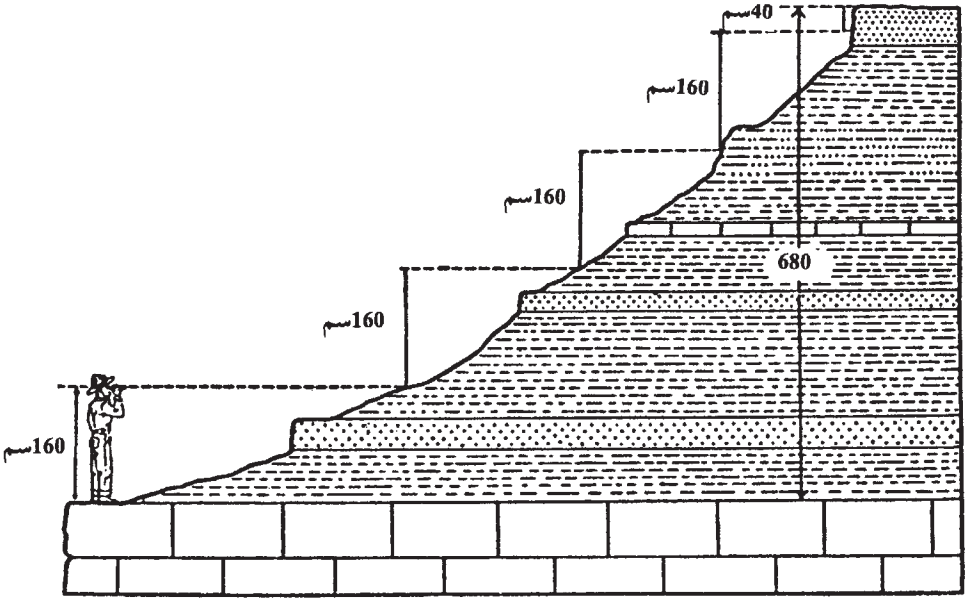
1 ـ الطبقات الأفقية :

أ ـ طبقة واحدة . . في حالة وجود طبقة أفقيه واحدة قيد الدراسة ومكشفها الجانبي واضح . . فإن البعد العمودي بين سطحي الطبقة يمثل السمك الحقيقي لتلك الطبقة (الشكل 10 ـ 1) .



شكل (10 ـ 1) قياس السمك الحقيقي لطبقة أفقية واحدة

ب ـ طبقات متعددة . . في حالة وجود عدة طبقات أفقية متعاقبة فإن بإمكان الجيولوجي أن يحسب سمك الطبقات وذلك بالتصويب بنظرة أفقياً باستخدام البوصلة أو عدسة خاصة فالنقطة التي اعتبرها مركز التصويب تمثل ارتفاعه الشخصي (وهي 160سم في الشكل 10 ـ 2) ثم ينتقل إلى تلك النقطة التي صوب نحوها وتصبح هي نقطة للتصويب على نقطة أعلى وهكذا . . وبجمع الارتفاعات يحصل على السمك الكلي للطبقات (وهو 680سم في الشكل المذكور) .



شكل (10 ـ 2) طريقة قياس سمك الطبقات الأفقية

2 ـ الطبقات المائلة:

قد تكون الطبقات مائلة والمكشف الصخري للطبقة ليس عمودياً على السطحين (لاحظ الشكل 10 ـ 3) فيكون استخراج السمك الحقيقي للطبقة باتباع الخطوات التالية:

1 ـ يقاس السمك الظاهري (وهو يمثل في هذه الحالة المكشف الصخري) للطبقة ويكون طول المكشف هو السمك الظاهري. [16م في الشكل 10 ـ 3].

2 ـ تقاس زاوية المكشف الصخري (°23 في الشكل المذكور).

3 ـ تقاس زاوية ميل (Dip) الطبقة الصخرية (°27 في الشكل المذكور).

4 ـ تحل المعادلة التالية لاستخراج السمك الحقيقي.

السمك الحقيقي: مسافة الانحدار (وهي نفسها المكشف الصخري أو السمك الظاهري) × جيب زاوية (انحدار المكشف + زاوية ميل الطبقة «Dip») أي 16× جيب °50 (°23 + °27).

جمع النماذج:

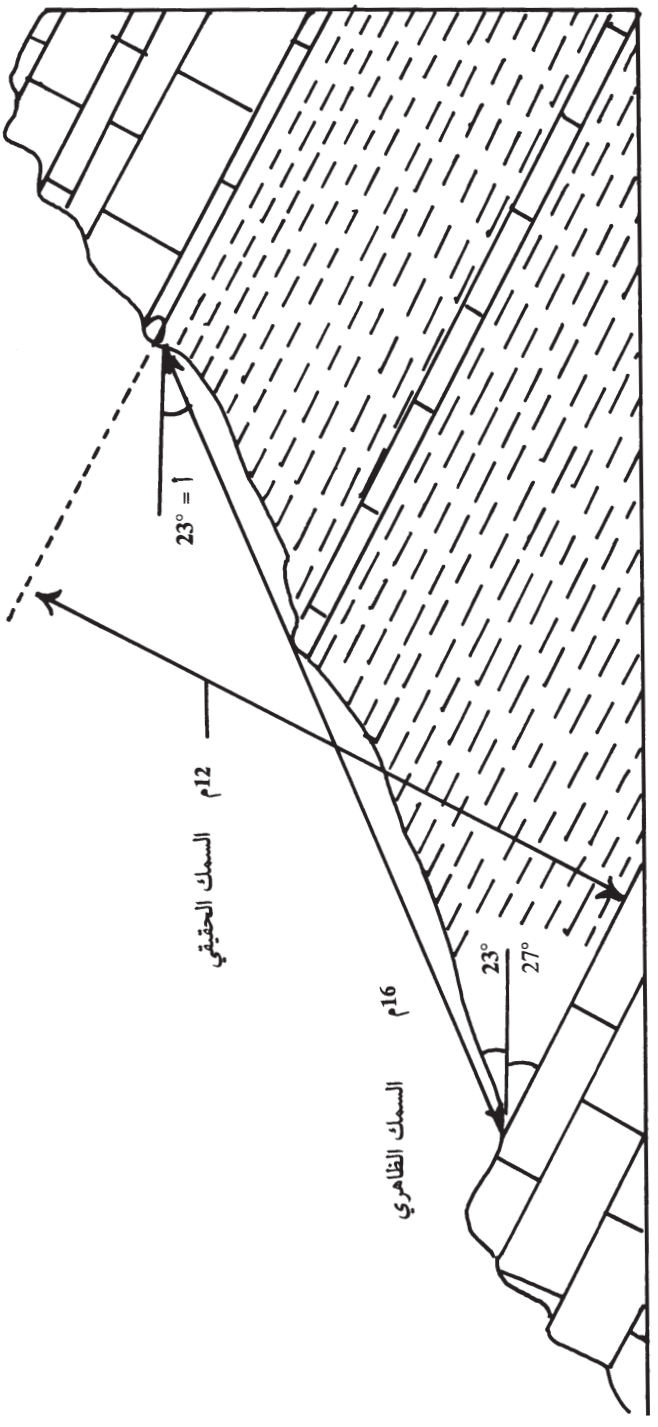
من الضروري أن يحدد الجيولوجي بدقة نقطة البداية في جمع النماذج بحيث يتمكن حين عودته للمرة الثانية إلى الحقل من تحديد نقطة البداية في عمله الحقلي الأولي.

يتم جمع النماذج من سطوح غير معرضة للتعرية وذلك بحفر خندق صغير أو تكسير السطح الخارجي للطبقة المراد أخذ النماذج منها وتؤخذ النماذج من السطح الجديد الذي يظهر بعد حفر الخندق أو تكسير الصخور.

توصف نوعية الصخور (رمل، طفل... إلخ) ولونها...

وحين جمع النماذج يعطى كل نموذج رقماً ويدون ذلك في قصاصة ورق مع النموذج داخل كيس النايلون أو القماش ويثبت في دفتر الملاحظات أيضاً رقم النموذج ووصفه.

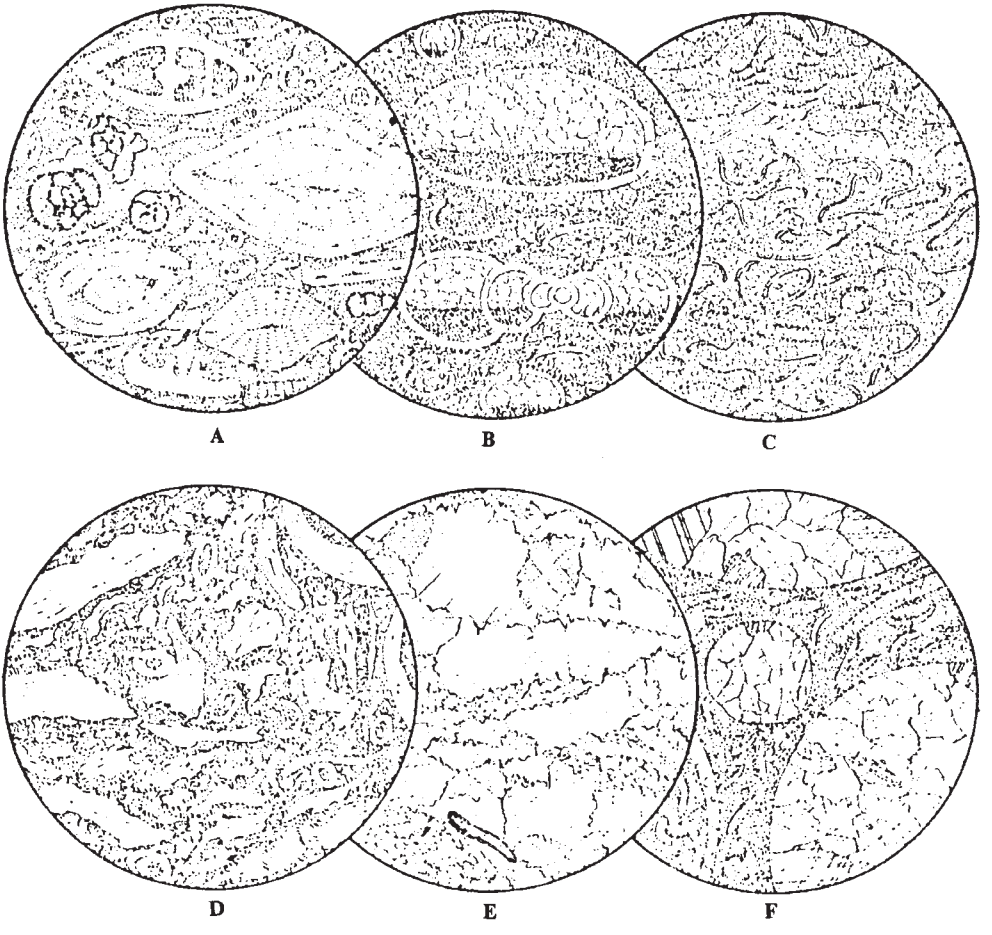
المتحجرات... يحدد وضع المتحجرات الكبيرة الواضحة للعيان في الحقل ويعين الجزء العلوي والسفلي منها... وتؤخذ نماذج من تلك المتحجرات الكبيرة للدراسة التفصيلية في المختبر.



شكل (10 ـ 3) استخراج السمك الحقيقي للطبقات من قياس السمك الظاهري وميل الطبقات . وميل المكشف الظاهري

الدراسات المختبرية:

بعد العودة من الحقل ترسم كافة المقاطع بمقاييس مناسبة. . . وتوصف النماذج الصخرية بصورة أدق حيث تعمل منها شرائح رقيقة إذا كانت صلبة أو يوصف نسيجها وبقية الصفات المتعلقة بمكوناتها ومحتوياتها من المتحجرات.

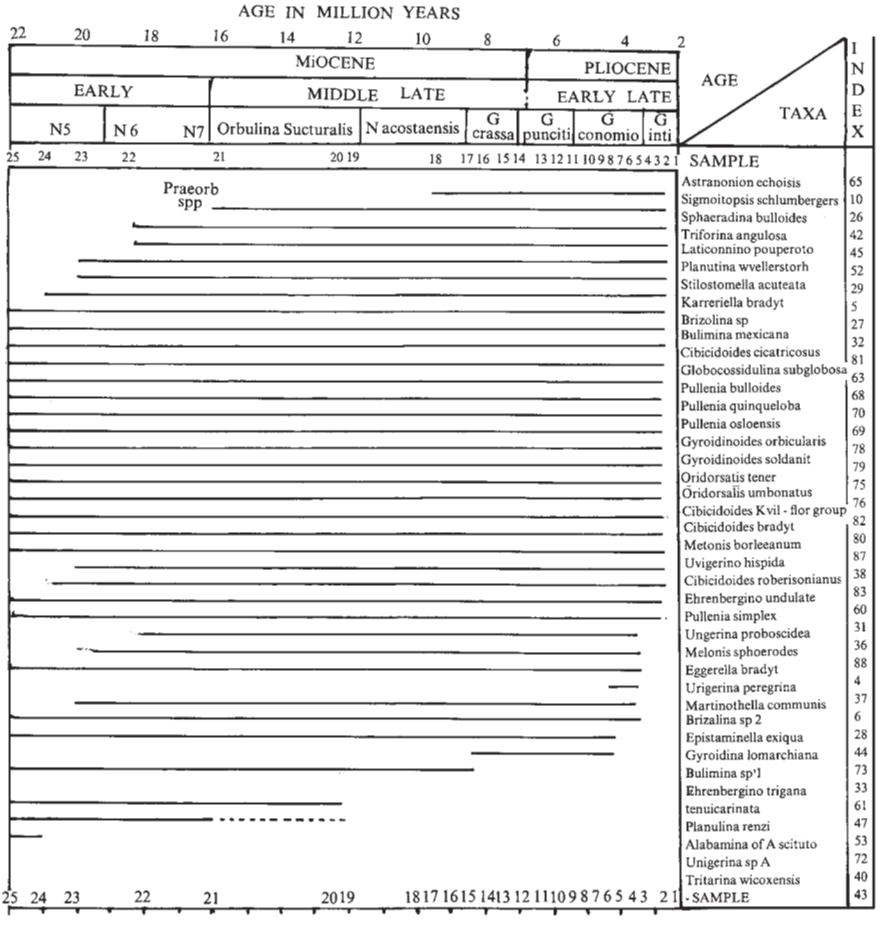


شكل (10 ـ 4) شريحة رقيقة في الحجر الجيري تظهر فيها بعض المتحجرات

تدرس المتحجرات الكبيرة في المختبر بعمل شرائح رقيقة منها وباتجاهات مختلفة وتدرس تحت المجهر وتصنف المتحجرات بالطرق الاعتيادية المتبعة في التصنيف بإيجاد نوعها وجنسها. . . إلخ لاحظ الشكل (10 ـ 4) حيث يتوضح مقطع في شريحة رقيقة من الحجر الجيري.

المتحجرات الدقيقة . . . تدرس هذه المتحجرات حسب نوعية الصخور التي تتواجد فيها فإذا كانت المتحجرات الدقيقة موجودة في نماذج صلدة كالحجر الجيري فإن المقاطع الرقيقة ستظهرها . . . وإذا كانت النماذج من الصخر الهش كالطفل فإن النموذج يوضع في الماء لمدة يوم ثم يمرر بعد ذلك خلال مجموعة المناخل التي تنظم بأحجام مختلفة حيث توضع المناخل ذات الفتحات الكبيرة في الأعلى وتتدرج المناخل في حجم فتحاتها حتى تصل إلى الدقيقة منها في الأسفل . ويغسل النموذج وهو داخل المناخل بالماء، يجفف النموذج الموجود على كل منخل ثم تستخرج المتحجرات الدقيقة منه تحت المجهر . . . وتبدأ عملية تصنيفها حسب (العائلة . . . الجنس . . . النوع) باستخدام النشريات المتوفرة عن تلك المتحجرات .

تنظم جداول توزيع المتحجرات المصنفة حسب النماذج التي استخرجت منها (لاحظ الشكل 10 ـ 5) .



شكل (10 ـ 5) . طريقة توزيع المتحجرات المصنفة حسب النماذج (Samples) المأخوذة منها

المضاهاة الطباقية الحياتية.

تطرقنا إلى هذا الموضوع في الفصل الثالث والرجوع إلى الشرح والأشكال التي توضح امتدادات المتحجرات توضح كيفية إنجاز المضاهاة الطباقية الحياتية.

الدراسة الجيوكيمياوية:

أ ـ المعادن الثقيلة:

سوف نتطرق إليها بالتفصيل حين نتكلم عن الوحدات المماثلة للوحدات الطباقية (Parastratigraphic Units).

وهي دراسة المعادن الثقيلة الموجودة في الحجر الرملي وهذه المعادن مفيدة في إجراء المضاهاة ومعرفة مصدر الصخور وأحواض الترسيب.

ب ـ البقايا غير الذائبة:

وهي دراسة تنحصر في الصخور الجيرية حيث تحدد البقايا غير الذائبة فيها بعد معاملة النموذج الصخري بحامض في المختبر.

جـ ـ تحليلات غير مباشرة:

وهي استخدام تقنية حديثة غير مباشرة لمعرفة المكونات الصخرية التي لم تظهر في الدراسات السابقة... ومن هذه الدراسات التقنية هو «التحليل الكيمياوي الطيفي الكمي» (Quantitative Spectroscopic chemical Analysis) للحجر الجيري والدولومايت والطفل.

التحليل الحراري التفاضلي: (Differential Thermal Analysis)

والأشعة السينية المنكسرة: (X-Ray Diffraction)

والطريقتان تفيدان في دراسة الطفل (Shale) وتحليل المعادن الطينية (Clay Minerals) المكونة له فالمعادن الطينية متعددة وهي مجموعة الكاؤلينايت (Kaolinite)، مجموعة المونتموريلونايت (Montmorillonite) مجموعة ألايت (Illite)، مجموعة الكلورايت (Chlorite).

تقرير المعلومات:

تدون المعلومات التي يحصل عليها الجيولوجي بصورة نهائية بتقرير يحوي على كافة المعلومات المتعلقة بالحقل والمختبر... ويرفق عادة مع التقرير مقطع

أو عدة مقاطع حسب هدف الدراسة وسوف نذكر بعض طرق رسم المقاطع.

المقاطع العمودية:

إن المقاطع العمودية هي أكثر الطرق فائدة واستخداماً في عرض المعلومات الطباقية لمقاطع مقاسة... وهي تظهر تعاقب الصخور وعلاقاتها وسمكها وتبرز صفاتها الصخرية باستخدام الرموز المتداولة. ويدون الجيولوجي المقياس العمودي للمقطع بالإضافة إلى مفتاح الرموز المستخدمة (Legend) لاحظ الشكل (5 ـ 6) الذي يمثل مقطعاً طباقياً عمودياً.

إن الرموز التي يختارها الجيولوجي للتعبير عن الصفات الصخرية هي مسألة شخصية، إلا أن الجيولوجيين في مختلف مناطق العالم قد اعتادوا على استعمال رموز خاصة للدلالة على صفات صخرية معينة، ومن الأفضل الاستمرار في استخدامها وعدم تبديلها ومثالها رموز الحجر الجيري ـ الحجر الرملي ـ الطفل ـ المارل.

كما استخدم بعض الجيولوجيين رموزاً خاصة للألوان في حالة عدم تلوين الطبقات الصخرية ويستخدم رموزاً للدلالة عليها، والشكل (10 ـ 6) يمثل تلك الحالة، حيث نلاحظ بأن الجيولوجي قد وضع إلى اليمين من مقطعه الطباقي رموزاً تمثل ألوان الطبقات وإذا كانت هناك دراسات لبقايا غير ذائبة مثلاً فبالإمكان وضعها بعمود صغير إلى جانب المقطع العمودي الرئيسي.

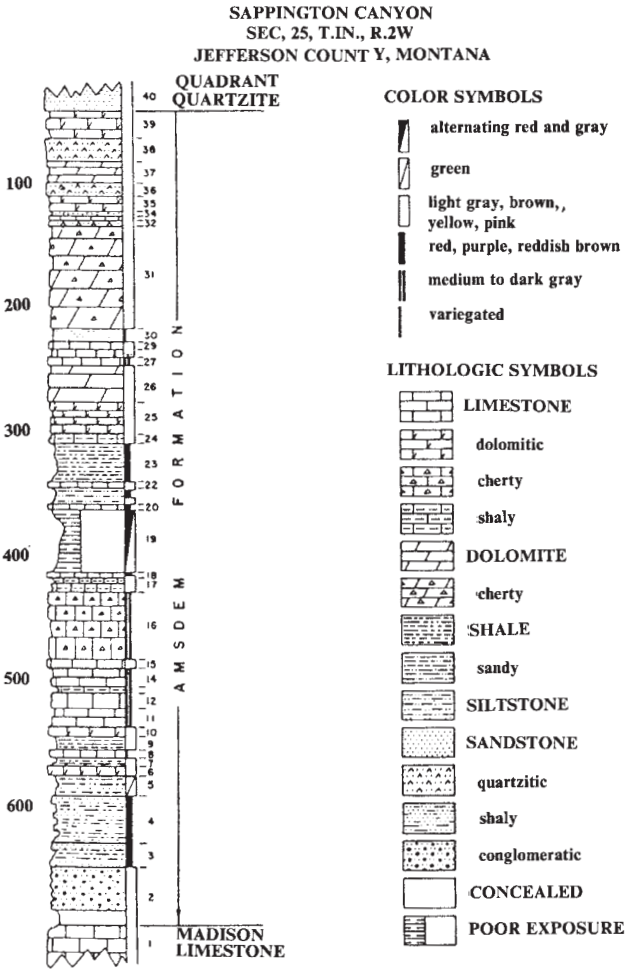
رسم المقاطع الطباقية العرضية:

إن الفرق بين المقاطع الطباقية والجيولوجية هو أن الأولى لا تظهر طوبوغرافية (تضاريس) المنطقة والعلاقات التركيبية (كالضرب وزاوية الميل)... كما أن المقياس العمودي المستخدم يكون مكبراً عادة ليظهر التفاصيل العمودية بصورة أكثر.

ترسم المقاطع عمودياً وتجاور إحداها الأخرى حسب مواقعها الجغرافية وترسم أيضاً حسب مقياس أفقي يختلف عن العمودي.

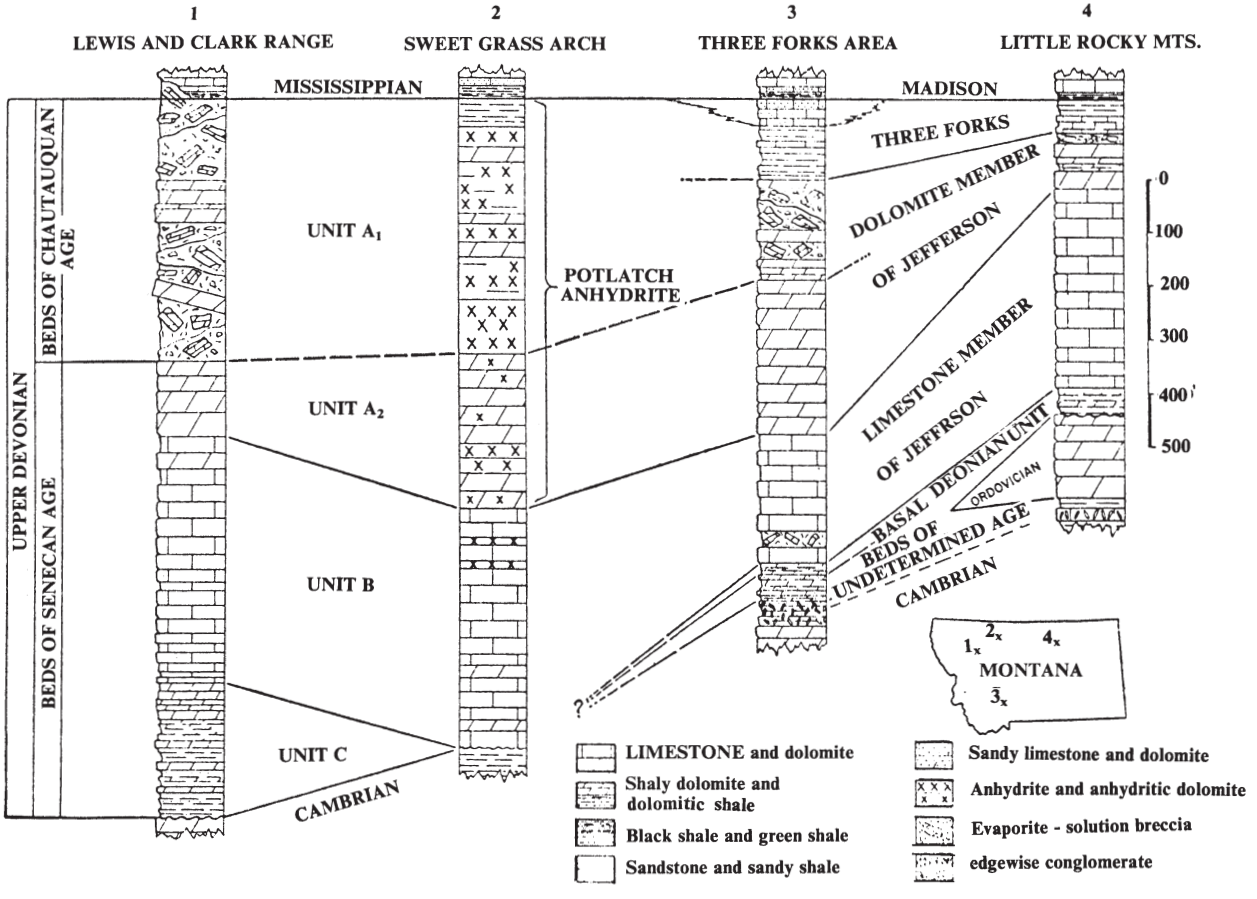
لاحظ الشكل (10 ـ 7) فإنه خالي من المقياس الأفقي إلا أن مواقع المقاطع قد حددت في ولاية مونتانا الأمريكية، كما نود أن ننبه الطلبة إلى طريقة التعبير عن مضاهاة لوحدات طباقية صخرية غير مؤكدة حيث استخدم الجيولوجي الخطوط المقطعة (ـ ـ ـ) وعلامة الاستفهام في أسفل الشكل والوحدات الطباقية المستخدمة

هي UNITS A_1 A_2 B, C وحدات غير رسمية. كما نشير إلى الشكل (10 ـ 8) حيث تم إجراء مضاهاة لوحدات طباقية صخرية في آبار في البصرة والكويت وقد استخدم مقياسان للرسم أحدهما عمودي والآخر أفقي.

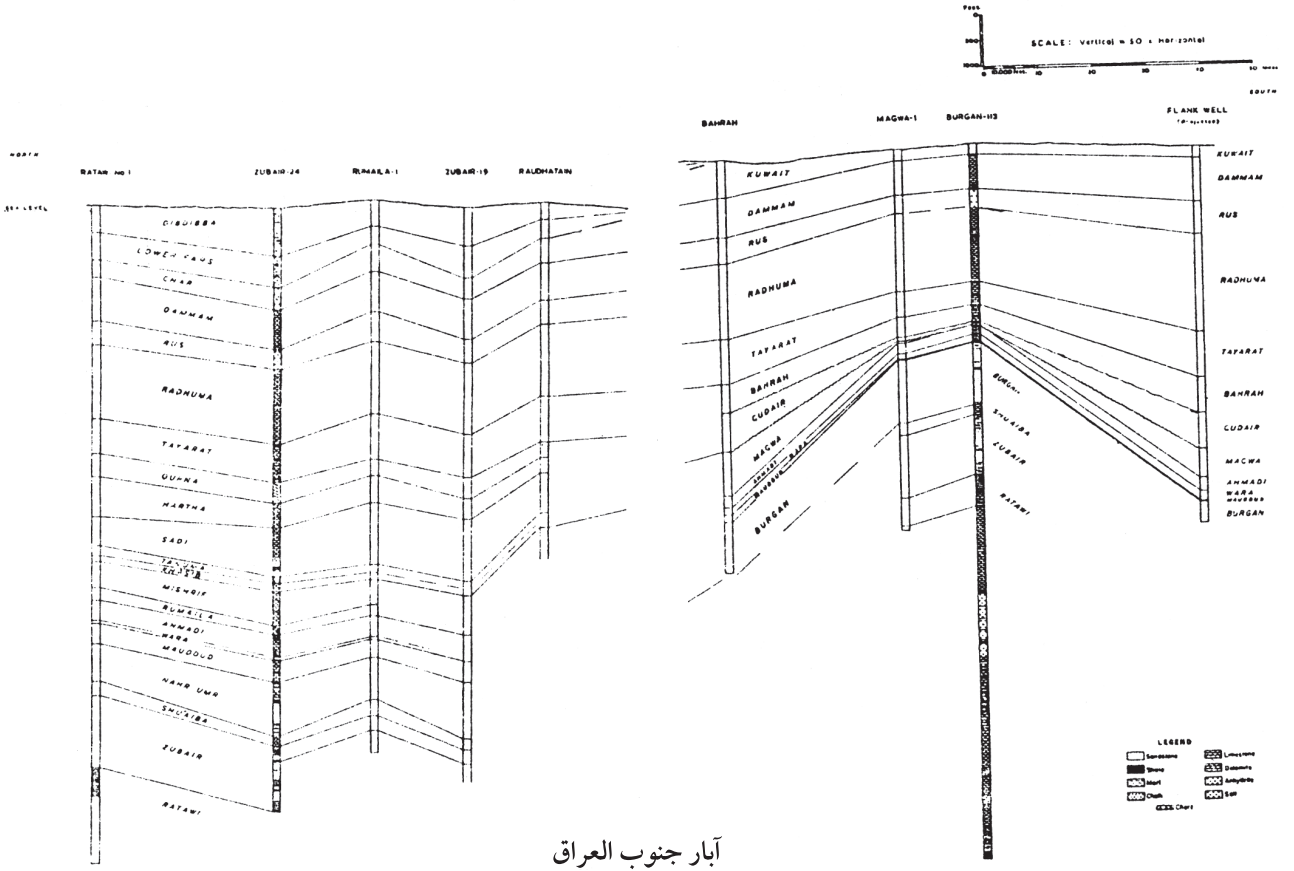


شكل (10 ـ 6) مقطع عمودي ويظهر بجانبه مفتاح الرموز المستخدمة
(المصدر Krumbein & Sloss, 1963)

أما رموز الصفات الصخرية المستخدمة في الشكل المذكور التي أشار إليها بعبارات «LITHOLOGIC, SYMBOLS» فعلى الطالب أن ينتبه بأن عبارة «LIMESTONE» مكتوبة بأحرف كبيرة وبعدها عبارة «dolomitic» المقصود بها «dolomitic limestone» حجر جيري دولوميتي ثم عبارة «cherty» وقصد بها «cherty limestone» حجر جيري صواني وكذلك في حالة الـ«DOLOMITE» الدولوميت فقد دون تحتها مباشرة عبارة «cherty» ويقصد بها «cherty dolomite» دولومايت صواني وهكذا بالنسبة لبقية الرموز.



شكل (10 ـ 7) المضاهاة بين وحدات طباقية صخرية في ولاية مونتانا في الولايات المتحدة الأمريكية (المصدر Krumbein & Sloss, 1963)



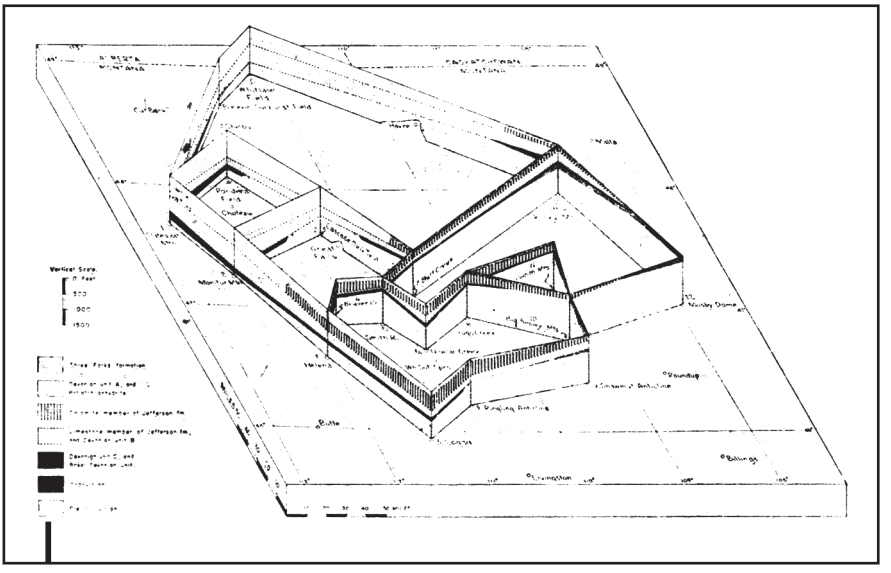
آبار جنوب العراق

شكل (10 ـ 8) إجراء المضاهاة لوحدات طباقية صخرية في آبار جنوب العراق (Owen & Nasr, 1958) .

وحينما تكون العلاقات التركيبية مهمة فإن رسم هذه المقاطع يتم باختيار حد لإحدى الوحدات الطباقية الصخرية كمستوى مرجعي (Datum Plane) وحين إكمال رسم المقاطع نلاحظ أنها تكون بارتفاعات متباينة وذلك يظهر الوضع التركيبي لها ومواقع أحواض الترسيب القديمة، والطالب يتعلم رسم مقاطع كهذه خلال دروسه العملية لمادة الطبقية.

مخطط السياج : (Fence diagram)

إن اتجاهين أو أكثر لمقاطع عمودية يمكن أن ترسم وذلك بتنظيمها حسب مقاطع عمودية مختلفة (لاحظ الشكل 10 ـ 9) وترسم بينها خطوط المضاهاة كما أن المسافات بين مواقع المقاطع العمودية تملأ بالصخور التي تمثلها بدلاً من تركها خطوطاً لوحدها كما في الشكل السابق (10 ـ 6 و10 ـ 7) وحين إكمال الرسم يظهر لنا شكلاً يشبه السياج الخارجي الذي يحيط بأرض منبسطة، لذا فقد أطلق على هذه الأنماط من الخرائط الطباقية اسم مخطط سياج «Fence diagram» وهذه الخريطة تعطي فكرة عن المنطقة برمتها ولكنها تفتقر إلى التفصيلات الدقيقة. لاحظ في الشكل المذكور طريقة رسم مقياس الرسم الأفقي في أسفل الشكل والعمودي إلى الجانب، وهناك أنواع أخرى من الخرائط الطباقية يقوم الطلبة بإنجازها خلال المادة العملية لمادة الطبقية وكذلك الترسيبية ومنها خرائط السحنات، خرائط السمك المتماثل.



شكل (10 ـ 9) مخطط سياج لنفس الطبقات في المواقع المرسومة في الشكل (10 ـ 7)

المقطع الجيولوجي:

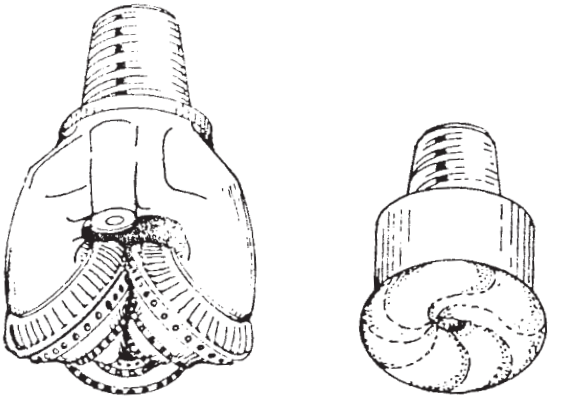
إن المقاطع الجيولوجية توضح الطبقات وعلاقتها التركيبية والتضاريس والمقطع الجيولوجي يوضح موقع وعلاقة الوحدات الطباقية في مناطق صلبة أو حوض ترسيبي، وأن المعلومات التي تدون على تلك المقاطع الجيولوجية لا تظهر فيها تفصيلات دقيقة للوحدات الطباقية الصخرية أو الصفات الصخرية.

دراسة تحت سطح الأرض: (Subsurface)

لقد تطورت الأساليب التقنية التي تعطي معلومات عما يقع تحت الأرض منها الدراسات الجيوفزيائية واستخدام الرادارات وغيرها من التقنيات الحديثة ورغم ذلك فإنه لا غنى للجيولوجي عن القيام بالحفر ووضع يده على نماذج تمثل الأعماق المدروسة. وسنبدأ بطرق الحفر.

1 ـ الحفر المطرقي، الحفر بالدق: (Cable tool)

تتم عملية الحفر بهذه الطريقة باستعمال أداة حادة مثبتة في نهاية سلك ترفع تلك الأداة إلى الأعلى ثم تترك لتنزل بقوة الجاذبية وتتكرر هذه العملية حتى تتكسر الصخور وترفع الصخور المتكسرة بواسطة مجرفة خاصة.



شكل (10 ـ 10) نوعين من أنواع لقم (bits) الحفر. إلى اليمين (أ) لقم ألماس (Diamond) وإلى اليسار (ب) النوع الذي يسمى ثلاثي المخاريط (Tricone) (المصدر HYne, 1984)

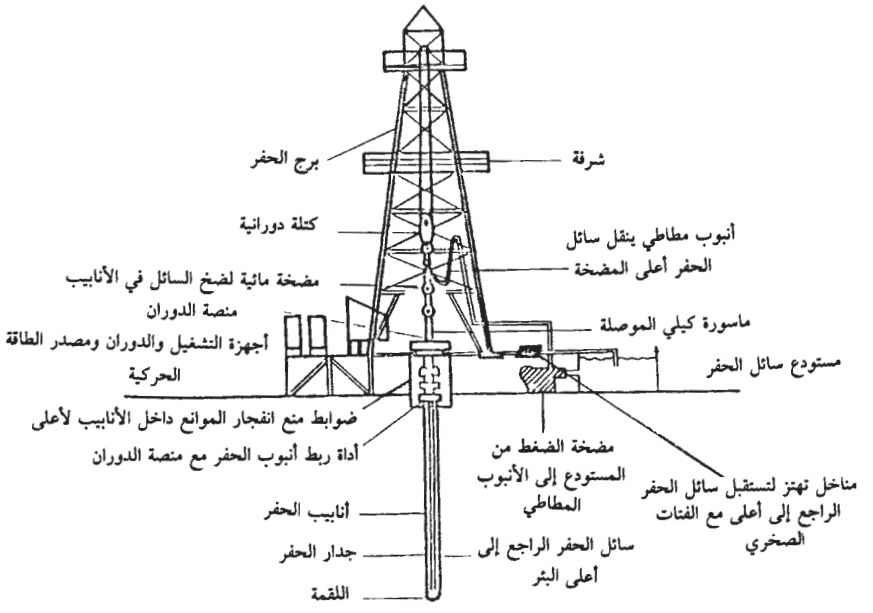
2 ـ الحفر الرحوي، الحفر بالدوران: (Rotary drilling)

يعتبر جهاز الحفر بهذه الطريقة متطوراً عن الطريقة الأولى وتتكون أجهزة الحفر من أنبوب في نهايته قطعة دائرية الشكل مكونة من أسنان حديدية أو من قطع

من الماس الصناعي مثبتة على تلك القطعة الحديدية (شكل 10 ـ 10) ويرتبط الأنبوب بجهاز حفر يحمل على سيارة أو يبنى برج على رصيف التنقيب للحفر ويعتمد حجمه على العمق المراد الوصول إليه تحت السطح (لاحظ الشكل 10 ـ 11) وتنجز عملية الحفر بدوران الأنبوب شاقولياً. ويصبح داخل البئر أثناء الحفر طين وماء ويستعاد الطين والماء مع القطع الصخرية إلى خارج السطح والنماذج التي تصل إلى السطح تكون على نوعين:

أ ـ قطع صغيرة مكسورة تسمى «الفتات» (Cuttings) وتحصل عليها في حالة وجود طبقات صخرية هشة كالرمل أو الطين.

ب ـ قطع صلبة بحجم اللقمة (Bit) تسمى لباب (Cores) ونحصل على هذه اللباب في حالة استعمال لقم ذو قطع ماسية وكانت الطبقات التي يخترقها أنبوب الحفر من الصخور الصلبة كما يقوم الحفار والجيولوجي بتسجيل معلوماتهم عن الحفر في أوراق بيانية خاصة يطلق عليها سجلات البئر (Well logs). ومن هذه المعلومات تسجيل معلومات عن الوقت الذي تستغرقه الحفارة في النزول كل قدم أو كل متر، والجيولوجي يقوم بتسجيل المعلومات عن النماذج التي خرجت من البئر بتصنيفها حسب الأعماق وفحصها أولياً مع طين الحفر أو اللباب الذي يدفع أيضاً إلى السطح.



شكل (10 ـ 11) مخطط مبسط لبرج الحفر
وأجهزة الحفر الرحوي (المصدر عبد اللّه السياب ومحمد حسن 1979)

بخروج النماذج إلى السطح يقوم الجيولوجي أو الحفار بوضع النماذج في صناديق ويثبت على كل نموذج العمق الذي جاءت منه، ثم تتم عملية دراسة النماذج في المختبرات حسب نوعية الدراسة المطلوبة.

كما نود الإشارة إلى أن قطع «الفتات» (Cuttings) التي تصل إلى السطح لا تمثل العمق الحقيقي الذي وصل إليه جهاز الحفر بل إنها تقع فوق الموقع الحقيقي له بعدة أقدام وذلك بسبب الفترة التي تستغرقها النماذج للوصول إلى السطح.

بعد جمع النماذج من الآبار المحفورة يتم فحصها حسب طبيعة النماذج.

أ ـ فحص الفتات:

تؤخذ نماذج الفتات عادة كل ثلاثة أمتار وتوضع في أكياس وترقم حسب الأعماق ولفحص نماذج الفتات فيجب غسلها أولاً من طين الحفر وفي حالة وجود صخور طينية ضمن طبقات الصخور فإنها تتبدد مع مجرى طين الحفر أثناء عملية الحفر ويبقى الطين الذي يغلف الحبيبات الفتاتية فقط والفتات المغسول لا يحتوي على أية نسبة من الطين. تجرى الدراسات الطبقية الصخارية على الفتات المغسول أما دراسة المحتوى الحياتي فتجري على الفتات غير المغسول قد يحتوي الفتات المأخوذ من عمق ما على مواد مخلوطة من أعماق أخرى نتيجة الانهيارات في جوانب البئر ويحدث هذا عند المرور بطبقات صخور هشة غير متماسكة ويمكن التعرف وفرز المواد الناتجة من الانهيارات اعتماداً على حجمها الكبير نسبياً أو احتوائها على متحجرات لا توجد في الأعماق التي يمثلها الفتات المدروس ولأجل التعرف على التتابع الصخري بصورة دقيقة يجب الاستعانة بالمجسات الكهربائية بالإضافة إلى فحص الفتات.

ب ـ فحص اللباب:

تفحص نماذج اللباب في صناديق وبطول يتراوح بين 80سم إلى متر واحد ويسجل على الصندوق الأعماق والجزأيْن الأعلى والأسفل. إن الخدوش التي تحصل لسطح اللباب الخارجي نتيجة للحفر الرحوي قد يشوه الصفات اللثولوجية الأصلية وتعالج هذه الحالة إما بواسطة غسل اللباب أو استعمال حامض الهيدروكلوريك المخفف. ومن الطرق المفيدة قطع اللباب بصورة طولية ويفحص السطح المقطوع الرطب الذي تكون التراكيب المختلفة واضحة فيه، ومن المفيد استعمال حامض الهيدروكلوريك المخفف عند فحص لباب الصخور الجيرية حيث يمكن ملاحظة الفرق بين الحبيبات ومادة التسميت الكلسية.

سجلات الآبار : (Well Logs)

قبل التطرق إلى أنواع سجلات الآبار نبدأ موضوعنا بتعريف عام للسجل (Log) وهو : تثبيت المعلومات بشكل تخطيطي على جدول عمودي بحسب الأعماق لصفة من الصفات (أو لعدة صفات) للصخور تحت سطح الأرض.

وعملية تسجيل المعلومات في البئر تسمى (Well logging) والمعلومات المسجلة قد تكون للمكونات الصخرية أو الصفات الفيزياوية في بئر كسجل المقاومة (Resistivity log) وسجل إشعاع گاما (Gamma Log). كما يثبت بعض الحفارين سجل عن تقدم الحفر حسب الأعماق وسجل عمق المياه أو النفط، أو أية معلومات غيرها لها علاقة بحفر الآبار فالسجل (Log) إذن هو تدوين للمعلومات حسب الأعماق إما يدوياً أو آلياً (ميكانيكياً) فقد يكون بسيطاً يضم جدولاً عمودياً مسجلاً فيه صفات اللباب بحسب الأعماق وقد يكون أكثر تعقيداً بتسجيله صفات هذا اللباب كالنفاذية أو المسامية ومحتويات الطبقات من ماء أو غاز أو نفط . . . إلخ.

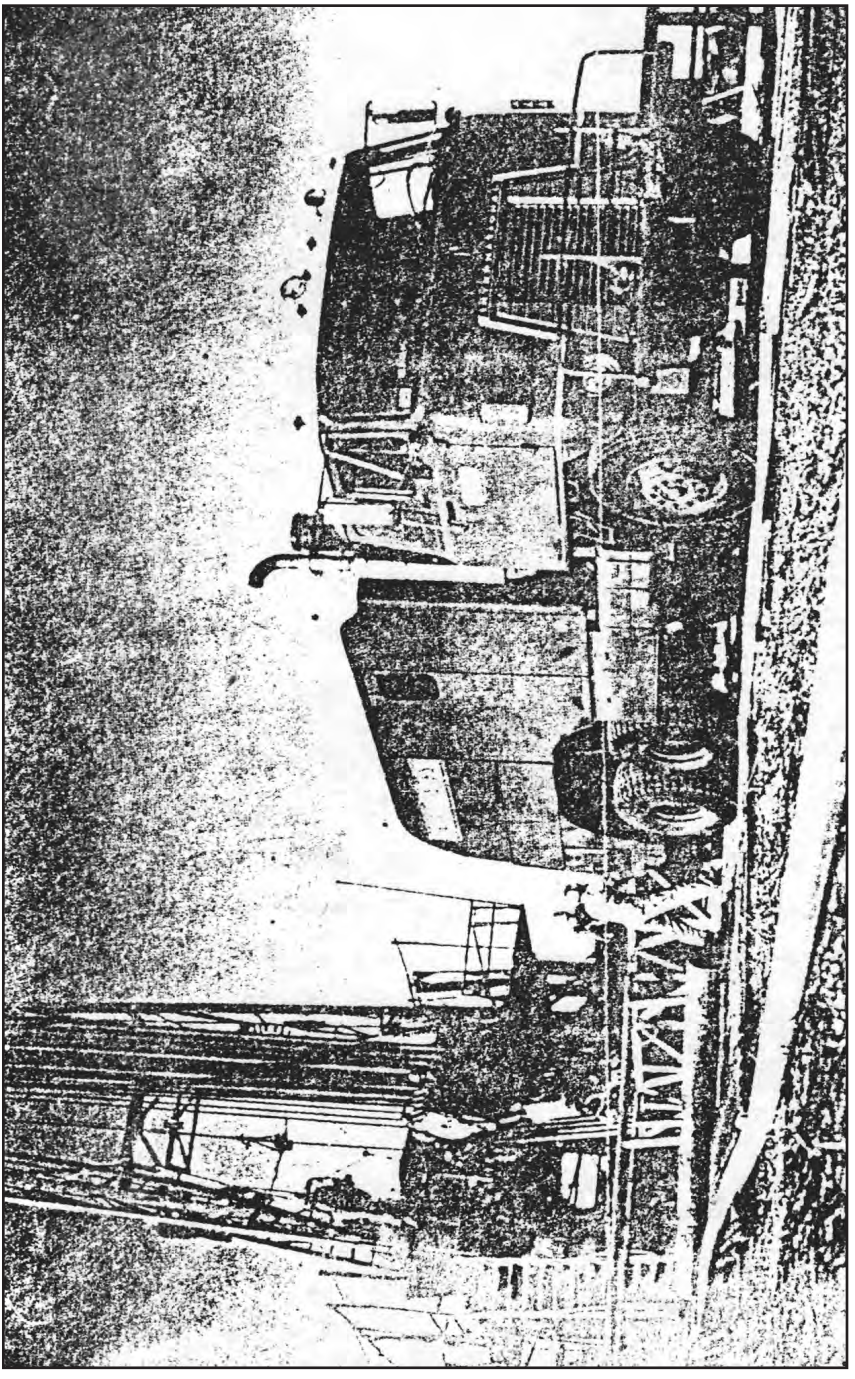
تتكون وحدات التسجيل النموذجية للبئر (Well log Units) من سيارة كبيرة (لاحظ الشكل 10 ـ 12) ومولدة كهربائية ومثبت على السيارة رافعة (ونش) (Winch) وسلك وأجهزة التقاط (مسبار) (Sondes) ويوجد داخل السيارة أجهزة تسجيل للمعلومات بواسطة قلم يتحرك آلياً على ورق بياني أو جهاز تسجيل (Galvanometer) خاص يؤشر التغيير على فيلم متحرك وينظم تسجيل الجهاز حسب الأعماق المرغوبة، فمثلاً إنج لكل 50 قدماً، أو إنج لكل 100 قدم. أو أي مقياس آخر.

هناك أنواع مختلفة من الأقطاب (Sondes) بعضها مكون من قطعة عازلة وبها أقطاب (Electrodes) أو تكون بشكل صندوق صغير يحوي على أجهزة إلكترونية وتنزل أجهزة الالتقاط داخل البئر للتسجيل.

الخطوط الأفقية على الورق البياني تمثل الأعماق والعمودية تمثل قيم القراءات لذا فإن تقاطع خطوط التسجيل (Logs) العمودية ـ المسجلة بواسطة القلم أو الفيلم ـ مع الخطوط البيانية الأفقية يعطي المعلومات التالية :

1 ـ سمك الطبقات الصخرية ـ وتحدد بتقاطع الخطوط البيانية الأفقية مع خط التسجيل العمودي.

2 ـ المضاهاة بين الطبقات من بئر إلى آخر.



شكل (10 ـ 12) سيارة تسجيل معلومات (سجلات الآبار) (المصدر Schlumberger, Doc.8, 1958)

3 ـ ما تحويه الطبقات من ماء أو مواد هايدروكاربونية أو معدنية بحسب الأجهزة المستعملة للتسجيل (Logs).

4 ـ تخمين القيمة الإنتاجية لهذه الطبقات.

إن أولى التجارب التي أجريت لتحديد موقع الخامات تحت الأرض كانت في الولايات المتحدة الأمريكية عام 1893م حيث أجريت تجارب لتحديد موقع خامات النحاس باستخدام الفرق في درجة الإيصال الكهربائي للتفريق بين خامات النحاس والصخور المجاورة لها.

وفي عام 1915م استخدم شلومبرجر (Schlumberger) جهازين مغناطيسيين للبحث عن المعادن وما زالت مستخدمة حتى الآن. وهما إبرة الميل (Dip needle)وجهاز قياس المغناطيسية لشميدت (Schmidt magnatometer)).

السجل الميكانيكي للبئر : (Mechanical Well logging)

ويقصد به العمليات التي تتم بواسطة أجهزة مختلفة تقوم بتسجيل المعلومات وما تحويه بحسب الأعماق. ومن هذه السجلات الميكانيكية نتطرق إلى الأنواع التالية :

السجلات الكهربائية : (Electrical logs)

أول استخدام لسجل الآبار استعمله شلومبرجر عام 1929م وهو أحد الأنواع الرئيسية من سجلات الآبار. وهو تسجيل لمقاومة الصخور (Resistivity log) أو معكوس المقاومة (أي التوصيل) (Conductivity) وكذلك الجهد الذاتي المتكون داخل البئر (SP. log) وقد أدخلت التسجيلات الكهربائية في الدراسات النفطية قبل أكثر من خمسين عاماً.

والأنواع الأخرى من سجلات الآبار تقوم بتسجيل (قياس) شدة الإشعاعات الطبيعية للتكاوين وتسمى سجلات گاما (Gamma Ray logging) أو تسجل لأشعة گاما المتكونة داخل الطبقات نتيجة ضرب الطبقات بنترونات ويطلق عليها سجل النيوترونات (Neutron logging) وبالإمكان تشخيص حدود الطبقات بالاستناد إلى هذه السجلات وإجراء المضاهاة بين الطبقات من بئر إلى بئر آخر.

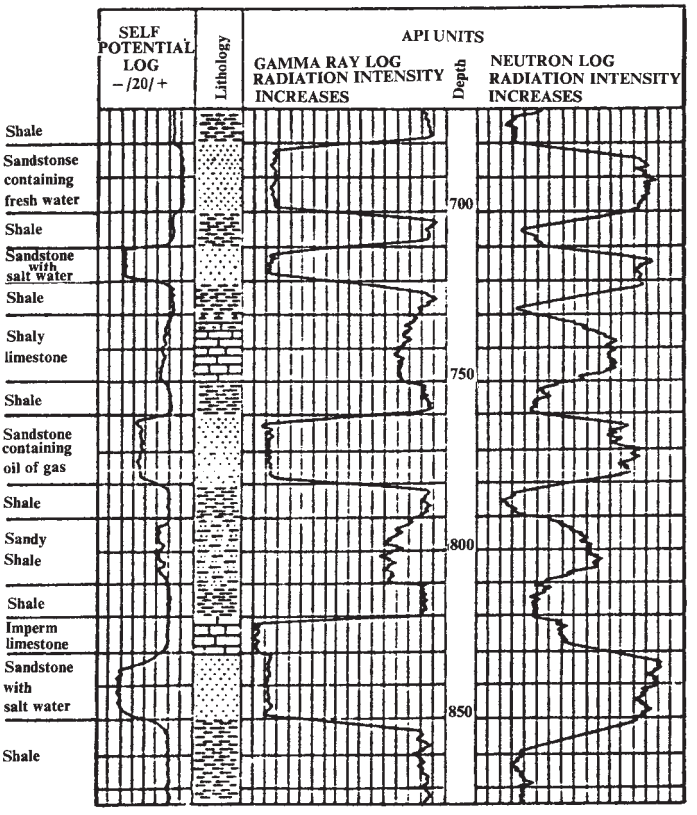
وأول استخدام لسجلات المواد المشعة كان في عام 1909م.

سجل الجهد الذاتي : (SP. Log)

إن مبدأ عمل سجل الجهد الذاتي (Spontaneous Potential or Self Potential) التي تختصر في الكتابة إلى «SP»ـ يستند إلى قياس فرق الجهد بين قطب كهربائي في

السطح وقطب كهربائي في داخل البئر وفي أثناء التسجيل يتم سحب القطب الكهربائي داخل البئر من الأسفل إلى الأعلى وتنشأ فولتية كهربائية ذاتية بسيطة داخل البئر في مناطق سطوح الاتصالات بين الطبقات النفاذة (Permeable) من الوحدات الصخرية كالحجر الرملي والحجر الجيري مثلاً وبين الصخور الأقل نفاذية كالطفل (Shale) كما أن هناك عاملاً آخر يساهم في تكوين فولتية كهربائية داخل البئر هو الفرق بين درجة ملوحة المياه الموجودة في الطبقات الصخرية وملوحة ماء أو طين الحفر.

أما سجل الجهد الذاتي (SP Log) (لاحظ الشكل 10 ـ 13) فيكون شاقولياً (قراءته صفر) أمام الطبقات الطينية في البئر ويسمى ذلك الخط خط الطفل(Shale line) ويكون شاقولياً أيضاً حينما تكون ملوحة طين الحفر مساوية لملوحة مياه الطبقات، أما شكل منحني الجهد الذاتي أمام الطبقات النفاذة التي تحتوي على مياه ذات ملوحة أعلى من ملوحة طين الحفر فإنه ينحرف إلى اليسار وينحرف المنحنى إلى اليمين أمام الطبقات التي تحوي مياه عذبة (أي ذات ملوحة أقل من ملوحة طين الحفر).



شكل (10 ـ 13) سجل الجهد الذاتي في اليسار
وسجلين لأشعة گاما ونيوترون لنفس الطبقات الصخرية (المصدر Miller, 1970)

إن فائدة سجل الجهد الذاتي هو :

1 ـ تشخيص الطبقات النفاذة (Permeable) .

2 ـ تحديد حدود هذه الطبقات .

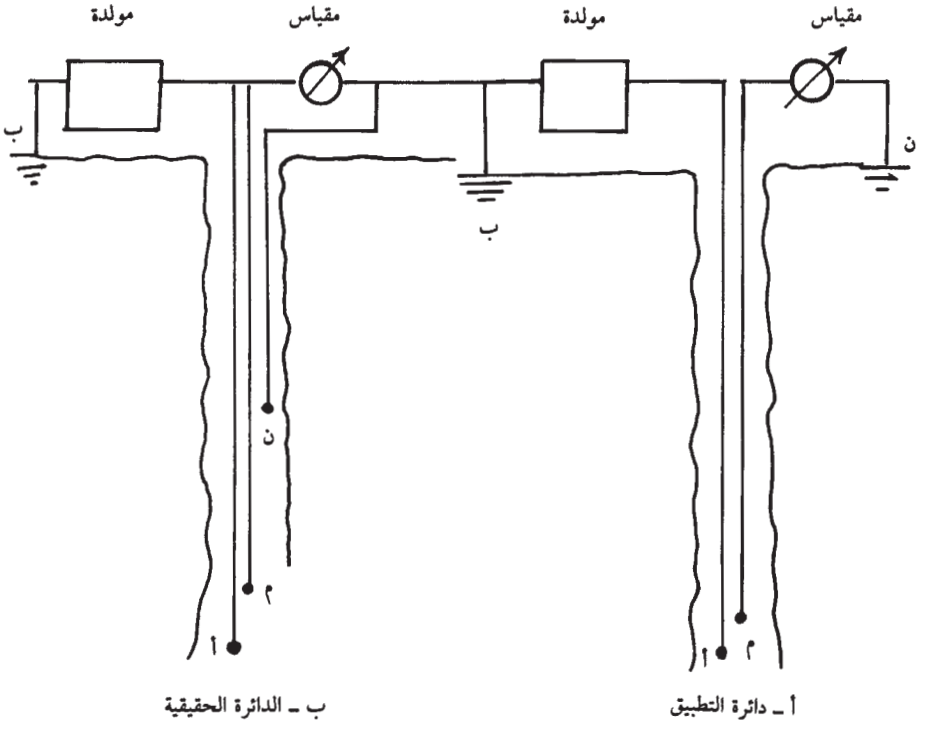
3 ـ مضاهاة هذه الطبقات .

4 ـ استخراج قيمة مقاومة المياه الموجودة داخل الطبقات .

منحنيات المقاومة : (Resistivity Curves)

إن طريقة التسجيل الكهربائي تستخدم أقطاباً بواسطتها ترسل الكهربائية ويقاس فرق الجهد بينهما وتستخدم هذه الطريقة فقط في آبار تحوي على أطيان موصلة للكهربائية .

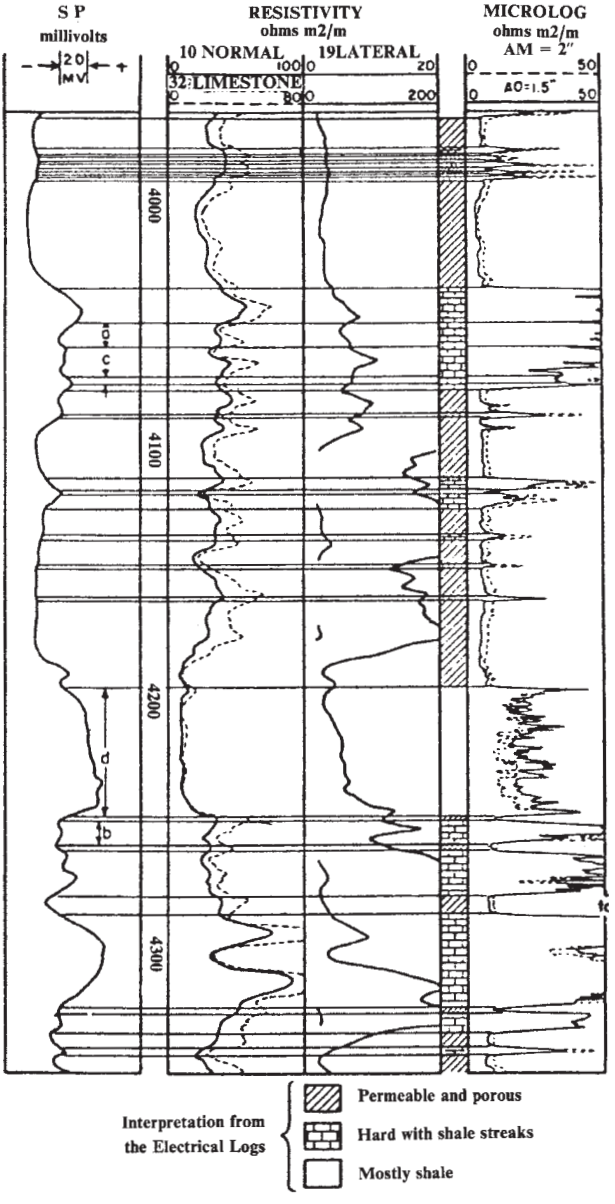
الشكل (10 ـ 14أ) يوضح الوضع الاعتيادي به قطبان أ وم داخل البئر والقطبان ب ون على السطح .



شكل (10 ـ 14) طريقة وضع الأقطاب في سجل المقاومة (المصدر Schlumberger. Doc. 8) .

وفي الشكل (10 ـ 14ب) تتوضح الدائرة الكهربائية المستخدمة فعلاً . .

فالقطب ن يوضع على بعد كبير من القطبين أ وم: لذا فكلما زادت المقاومة داخل البئر قلت قيمة التيار وبالعكس. ويوضح الشكل (10 ـ 15) سجل المقاومة.



شكل (10 ـ 15) سجلات الجهد الذاتي
والمقاومة والسجل الدقيق (المصدر Schlumberger, Doc. 8).

إن سجل (منحني) المقاومة يعطينا ثلاث معلومات أساسية مهمة لتقدير كمية المواد الهايدروكاربونية وهي، النفاذية، المسامية، التشبع.

إن المقاومة الكهربائية للصخور تعتمد بصورة رئيسية على نوعية السائل وكميته . . . لذا فإن كمية الماء هو المعيار للمسامية (Porosity) في الصخور، فالمسامية إذن لها علاقة بالمقاومة وبصورة عامة فإن طبقات مساميتها 10٪ هي أكثر مقاومة من تلك التي مساميتها 30٪ ـ بشرط أن يحتوي كلاهما على نفس السائل ـ فالحجر الرملي المسامي الذي يحوي على ماء مالح بكثرة يكون موصل للكهربائية وتكون مقاومته للتيار المرسل داخل البئر أقل . . ونفس الحجر الرملي لو كان به نفط فإن مقاومته ستكون أكبر للتيار لأن النفط مادة غير موصلة للكهربائية كالماء المالح .

سجلات الإشعاع :

إن السجلات الإشعاعية على نوعين :

1 ـ تلك التي تقيس الإشعاعات الطبيعية المتواجدة في التكاوين . سجلات أشعة گاما (Gamma Ray Logging) .

2 ـ الإشعاعات التي تصدر من التكاوين أو محتوياتها نتيجة لضرب الصخور بالنيوترونات وتسمى سجلات النيوترون (Neutron Logging) .

إن أشعة گاما هي عبارة عن أمواج إلكترومغناطيسية ذات طاقة عالية تصدر من نويات (جمع نواة) الذرات إما نتيجة لاصطدام (ضرب) النواة أو لأنها عناصر غير ثابتة .

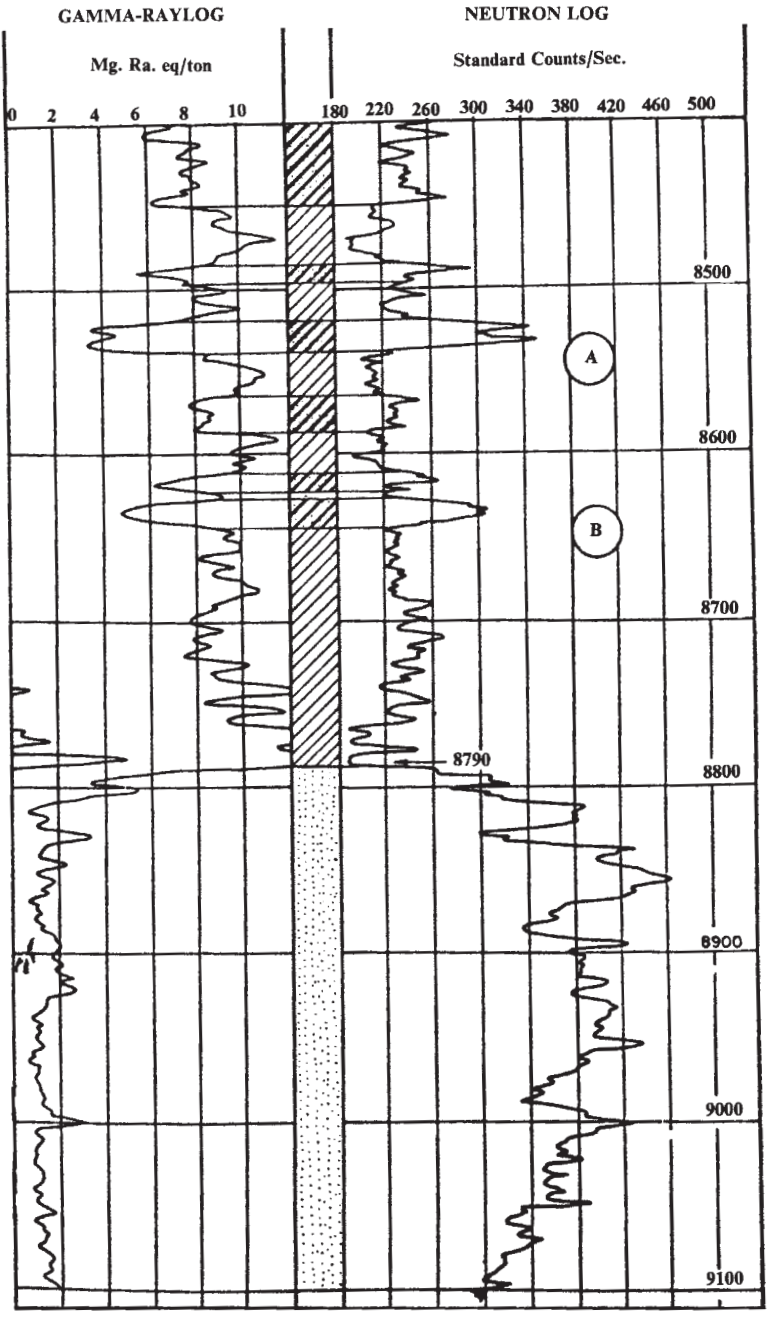
والوحدة المستعملة لقياس أشعة گاما هي مليون إلكترون فولت (Mev) وهي مختصر للكلمات الإنكليزية (Million electron volts) ومعظم الطاقة هذه تقع في مدى يتراوح بين 0,1 وإلى 10.

إن الأشعة السينية X- Ray هي أيضاً أمواج إلكترومغناطيسية ولكنها ذات طاقة أقل من طاقة أشعة گاما التي تنطلق من نواة الذرة .

سجل أشعة گاما : (Gamma Ray Log)

يتكون من جهاز يعمل كهربائياً ينزل داخل البئر ويبدأ التسجيل أثناء سحب الجهاز من الأسفل إلى الأعلى .

الجهاز يسجل أشعة گاما الموجودة بشكل طبيعي في الصخور، وتسجل كمية الإشعاع كذبذبات تنتقل إلى السطح على جهاز تسجيل حيث تحول الذبذبات إلى فولتية كهربائية وتسجل على فيلم خاص .



شكل (10 ـ 16) سجلات أشعة گاما ونيوترون. (المصدر Schlumberger Doc. 8)

إن أشعة گاما تنطلق من عناصر غير ثابتة كاليورانيوم، الثوريوم، البوتاسيوم التي توجد بكميات يمكن قياسها في جميع الصخور. وقد لوحظ بأن الطفل (Shale) يحوي عادة على أعلى تركيز من هذه العناصر غير الثابتة لهذا فهو أكثر

إشعاعاً من الحجر الجيري والرملي والدولومايت والملح والانهيدرايت . . . لذا فإن سجل أشعة گاما يحدد تركيز عالي وجود الطفل في الطبقات الصخرية تحت الأرض .

ونظراً لشدة أشعة گاما فإن بالإمكان تسجيل وجود هذه الأشعة في الصخور في آبار ثم تبطينها (Cased) أو في آبار غير مبطنة وكذلك بغض النظر عن طبيعة السائل الموجودة في البئر . أما السجل (المنحني) (لاحظ الشكل 10 ـ 16) فإنه ينحرف إلى اليمين كلما كانت الأشعة الموجودة في الصخور عالية .

إن فائدة سجل أشعة گاما هو لتشخيص طبقات الطفل وتمييز وجوده عن غيره وتعيين حدود الطبقات والمضاهاة في آبار مبطنة .

كما أنه يستعمل بصورة خاصة في آبار حفرت بطين ذي ملوحة عالية ـ حيث لا يتمكن سجل الـSP من تعيين الحدود بشكل دقيق . فإن سجل أشعة گاما يسجل طبقات الطفل أو تلك التي بها كمية من الطفل .

سجل منحني النيترون : (Neutron Curve log)

لهذا السجل تسمية ثانية هي سجل الهايدروجين (Hydrogen log) وهذا السجل هو للأشعة الثانوية المتكونة نتيجة لضرب الطبقات الصخرية تحت السطح بالنيوترونات وله علاقة مباشرة بمسامية الصخور التي يجري فحصها .

يتكون من مصدر لإطلاق نيوترونات وهذا المصدر قد يكون إما أميرسيان ـ بريليوم (Americian-Beryllium) أو بلوتونيوم ـ بريليوم (Plutonium-Beryllium) أو بريليوم ـ راديوم (Beryllium-Radium) .

النيوترونات هي جسيمات (Particles) متعادلة كهربائياً ولكل منها كتلة مساوية تقريباً لكلتة ذرة الهايدروجين وتنطلق بسرعة تصل إلى 10,000كم/ ثانية وتنطلق مرة في كل جزء من ألف من الثانية وبمعدل عدة ملايين في الثانية الواحدة وبطاقة تصل إلى (4Mev) (4 مليون إلكترون فولت ـ وهي وحدة لقياس طاقة گاما)، وباندفاع النيترونات داخل الطبقات الصخرية تصطدم بنويات ذرات العناصر المكونة للمواد الصخرية المتواجدة بشكل غازات أو سوائل داخل الفجوات وكل اصطدام يؤدي إلى خسران النيترون لجزء من زخمه حتى تصل سرعته إلى سرعة تمثل سرعة الحركة الحرارية (Thermal motion) للمواد التي حوله والتي تبلغ حوالي 2كلم/ ثانية عند هذه السرعة يصبح النيترون سهل الامتصاص (أو الوقوف) من قبل معظم المواد . ووقوف جسيمة النيترون يؤدي إلى انطلاق أشعة گاما، هذه الأشعة هي

التي تسجل على جهاز مثل عداد كايكر ـ مولر (Geiger-Muller Counter) أو أي تسجيل آخر. وقد لوحظ أن أشعة گاما المتولدة نتيجة لوقوف (امتصاص) النيترون هي ذات طاقة أعلى من طاقة أشعة گاما المتولدة (المتواجدة) طبيعياً داخل الصخور.

ولما كانت ذرات الهيدروجين ذات كتلة تماثل النيترون لذا فهي أكثر الذرات المؤثرة في إيقاف النيترون المنطلق.

تنطلق النيترونات من المصدر بكميات عالية كما أوضحنا وتبدأ بالتوقف نتيجة لاصطدامها بنويات ذرات المواد الموجودة حولها ولما كانت ذرات الهيدروجين هي أكثر تأثيراً من غيرها في إيقاف النيترونات لذا فإن زيادة نسبة الهيدروجين سيؤدي إلى تقليص عدد النيترونات التي تتجاوز مسافات معينة... أي إن كثافة النيوترونات تقل لوغاريتمياً (عكسياً) مع كثافة الهيدروجين. يوضح جهاز التقاط Detector أشعة گاما على بعد يتراوح بين 18 ـ 20 أنج (45 ـ 50سم) من مصدر النيوترونات.

لذا فإن شدة النيترونات التي تصل إلى مسافات بعيدة من المصدر يعتمد على كثافة الهيدروجين الموجود في الصخور. فكلما قلت كمية الهيدروجين في الصخور كلما زادت كمية النيوترونات التي تصل إلى مسافة أبعد من المصدر وبذلك تزيد شدة أشعة گاما المسجلة استناداً إلى ذلك.

وبالإمكان تلخيص طريقة التسجيل بالقول أنه كلما زادت كمية الهيدروجين كلما قلت كمية النيترونات وبذلك تقل كمية أشعة گاما المسجلة.

لهذا السبب أطلق على هذا السجل اسم «سجل الهيدروجين» (Hydrogen Log) (الشكل 10 ـ 16) وهو يقيس المسامية الكلية (Total porosity) في الصخور/ سواء أكانت مملوءة بالنفط أو بالماء بفرض أن كليهما يحملان نفس الكمية من الهيدروجين... اختلاف المحتويات يؤدي إلى تشخيصه (أي السجل) للنفط أو الماء أو أحدهما ضد طبقات مملوءة بالغاز (الهواء).

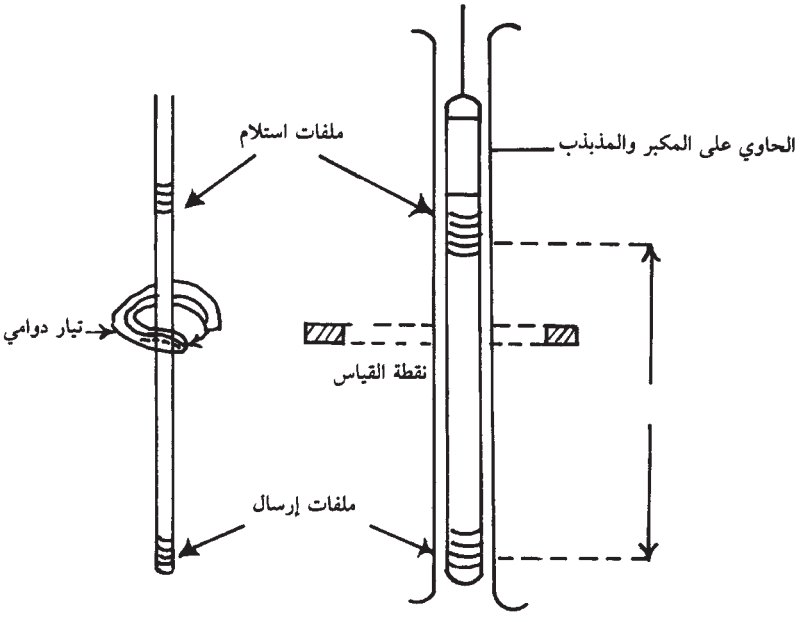
إن الغاز الطبيعي (Natural gas) يحوي كمية من الهيدروجين أقل من كميته في الماء والنفط. إن تركيز الهيدروجين في الماء والنفط لا يختلف كثيراً لكي يظهر ذلك باختلاف معدلات التسجيل. لذا فإن الطبقة التي تحوي نفط أو ماء فإن معدلات التسجيل هي مقياس للمسامية.

إن تركيز الهيدروجين في الغاز هو أقل بكثير من تركيزه في النفط أو

الماء . . . لذا فهي طبقات ذات مسامية متماثلة فإن التكوين الذي يحوي على غاز سيعطي قراءات أعلى من تكوين خالٍ من الغاز .

سجل الحث (التوصل) : (Induction Logging)

ابتدأ استخدام هذه الطريقة منذ عام 1946م وهي طريقة لقياس التوصيل Conductivity معكوس المقاومة (Resistivity) للتكاوين بواسطة تيار كهربائي مستحث (Induced) ومتناوب (لاحظ الشكل 10 ـ 17) .



شكل (10 ـ 17) جهاز سجل الحث (محور Schlumbeger.Doc. 8) .

ولما كانت الطريقة تعتمد على الاستحاثة فإن ملفات (Coils) معزولة تستخدم بدلاً من الأقطاب الكهربائية . . . والبئر ممكن أن يحوي على سائل طين به ماء، طين ونفط غاز أو هواء (بئر خالي) والبئر يجب أن يكون بدون بطانة .

إن ميزة هذا النوع من السجل أنه يمكن الجيولوجي من فحص طبقات رقيقة وذلك نظراً لقابليته على التأثير بمنطقة صغيرة السمك وواسعة القطر .

إن استعمال سجلات الحث والجهد الذاتي والمقاومة سجل الحث ـ الكهربائي يسمى «Induction Electrical Logging» وهي الطريقة الحديثة للتسجيل الكهربائي في طين الحفر الحاوي على ماء عذب .

(الشكل 10 ـ 17) يوضح تخطيطاً مبسطاً لنظام تسجيل التوصيل ويتكون من ملف إرسال (Transmitter Coil) وملف استلام (Receiver coil) ربطاً على قضيب

عازل. . . والمسافة بين الملفين هي المسافة «L» في الشكل المذكور.

ويرسل تيار متناوب ذو قيمة ثابتة وتذبذب ثابت إلى ملف (Transmitter Coil) من «مذبذب» (Oscillator) إن المجال المغناطيسي المتناوب بسبب هذا التيار يكون «استحاثة» «induces» «أحزمة تيار» (Current loops) الذي يسمى أحياناً «تيار دوامي أو دائري» (Eddy current) في التكوين الذي يحيط بالقطب (Sonde). . . إن هذه التيارات بدورها تشكل مجالاتها المغناطيسية الخاصة بها التي تكون قوة دافعة كهربائية يشار لها بعبارة «إشارة» (Signal) في ملف الاستلام إن شدة التيار المستحث (Induced) في التكوين يتناسب مع قدرة التكوين على التوصيل لذا فإن الإشارة(Signal) التي تحدث نتيجة للحث في ملف التوصيل يتناسب مع درجة توصيل التكوين ولذا تتناسب عكسياً مع مقاومته.

إن الإشارات تكبر وتحول إلى تيار مباشر وتنقل إلى السطح حيث تسجل على أجهزة تسجيل.

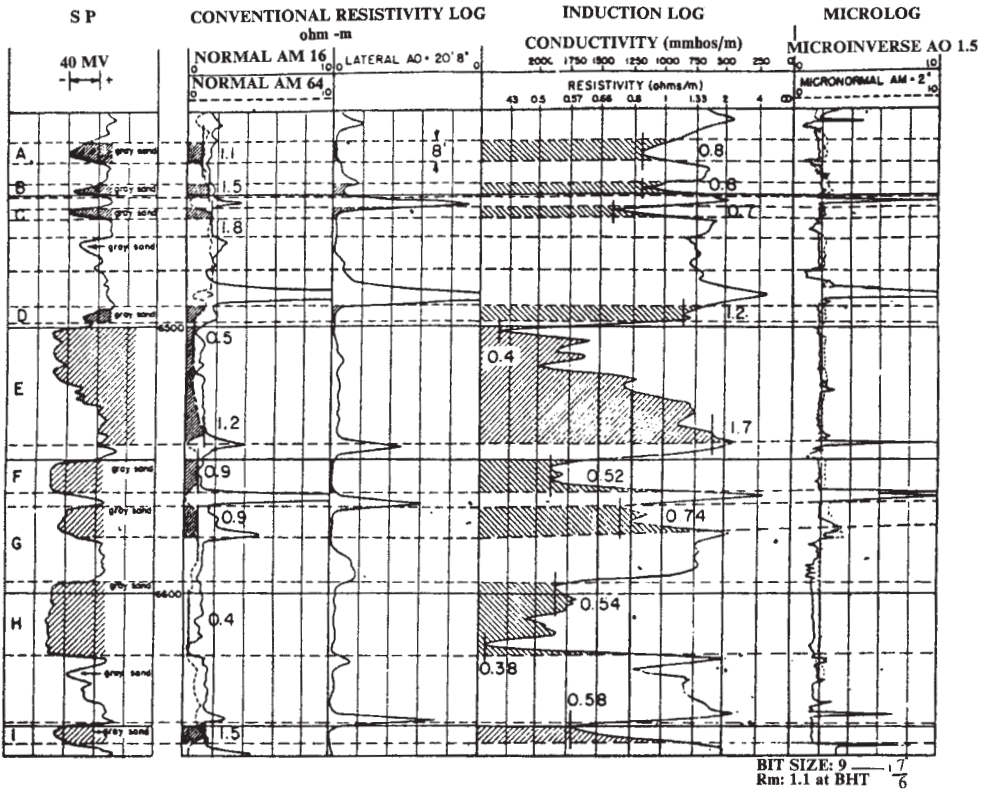
مقياس سجل التوصيل:

لما كان التوصيل هو مقلوب المقاومة ($\frac{1}{R}$) ولما كان مقياس المقاومة هو «أوم متر» (Ohm-meter) لذا فإن وحدة التوصيل هي «1/ أوم ـ م» (1/Ohm-m) أو «مو ـ متر» (mho-meter).

لذا فإن استخدام الأوم/ متر فإن جميع قيم المقاومة التي تزيد عن أوم ـ متر واحد يجب أن يعبر عنها بأجزاء عشرية ولتجنب ذلك فقد استخدمت أجزاء بآلاف من الـ«مو» (mho). ولذا فإن قراءات سجل التوصيل يعبر عنها بجزء من الألف من المو/ متر (millimhos/meter) وتكتب «mmho/m» لذا فإن تكاوين لها مقاومات 18، 100، أو 1,000 أوم ـ م لها توصيل 100، 10، 1 ملي مو/ متر على التعاقب. لاحظ الشكل (10ـ18).

سجل الصوت: (Sonic Logging)

يسجل الوقت الذي تستغرقه موجة صوتية لكي تقطع مسافة معينة من التكوين. . . وتسجل هذه الأوقات باستمرار حسب الأعماق أثناء سحب قطب الصوت من البئر إلى الأعلى، والوقت يتناسب عكسياً مع سرعة الصوت في التكوين الجدول (10 ـ 1) يوضح سرعات الصوت والأوقات التي تقابلها بجزء من المليون لكل قدم (Microseconds per foot) لعدة مواد صلبة وسوائل. . بعض هذه القيم هي معدلات وقد تتغير بحسب الأعماق.

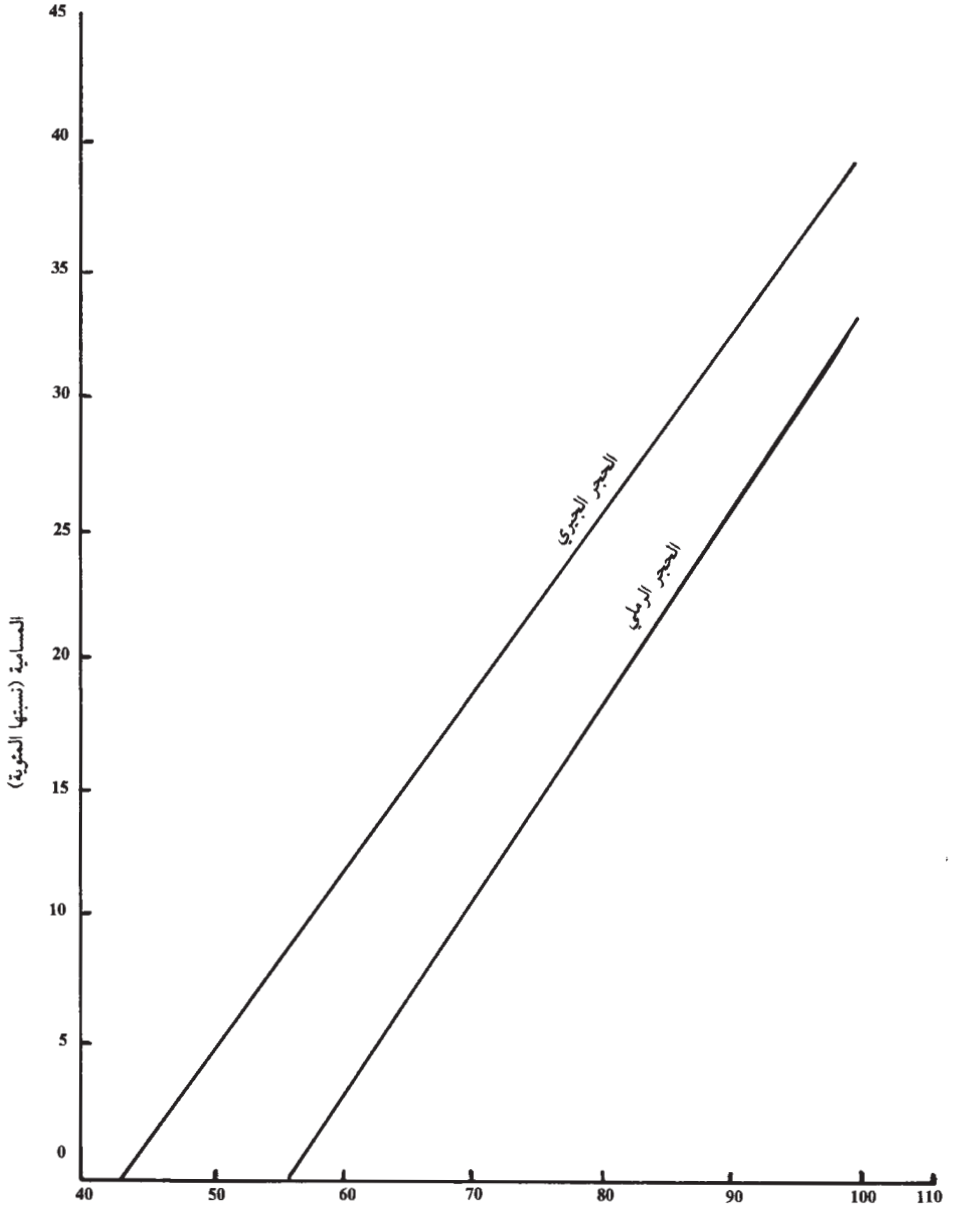


شكل (10 ـ 18) سجلات المقاومة (إلى اليسار) والحث (في الوسط)
والسجل الدقيق (إلى اليمين) في تعاقب لطبقات رمل وطين (المصدر Schlumberger, Doc 8)

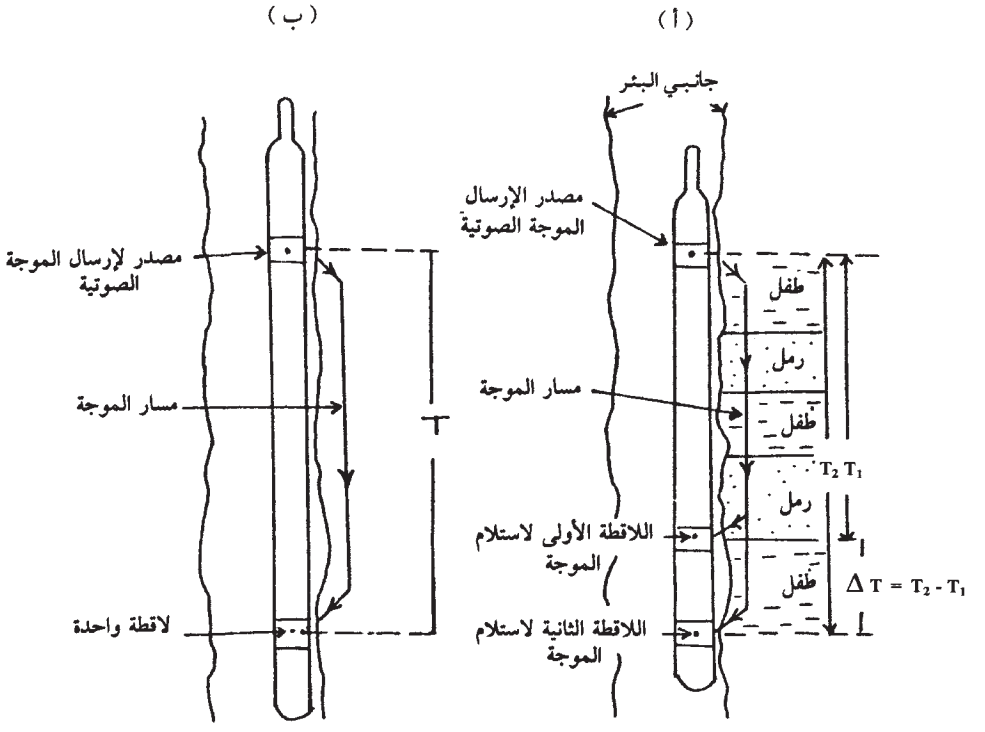
الجدول (10 ـ 1) سرعة الصوت،
والفاصلة الزمنية ΔT للقدم الواحد، لعدة مواد

المادة	سرعة الصوت، س (قدم بالثانية)	الزمن الذي يستغرقه لقطع قدم واحد، $\Delta T = \frac{[10^6]}{\text{السرعة (س)}}$ والوحدة هي جزء من ألف من الثانية/ قدم]
الهواء	1088	919
النفط	4300	232
الماء (مع طين)	5000 ـ 5300	200
الطفل	6000 ـ 16,000	167 ـ 62,5
ملح (صخري)	15,000	66,7
الأحجار الرملية	يصل إلى 18,000	55,6
أنهايدرايت	20,000	50
الأحجار الجيرية	يصل إلى 23,000	43,5
دولومايت	24,500	40,8

إن سرعة الصوت في تكاوين تحت الأرض تعتمد على نوع الصخور وصفات المرونة للصخور والفجوات في التكاوين ومحتوياتها من السوائل والضغط. والشكل (10 ـ 19) يوضح العلاقة بين المسامية والزمن. الشكل (10 ـ 20) يوضح نوعين من الأقطاب التي يمكن أن تستعمل في سجلات الصوت... على اليسار نموذج أبسط يتكون من مولد (إرسال) (Generator) للصوت في الأعلى وجهاز استقبال واحد (Receiver) يقع على مسافة ثابتة إلى الأسفل من الجهاز المولد (الإرسال) وتصنع المادة التي تربط بين الإرسال والاستقبال بالشكل الذي تكون سرعة الصوت فيها أبطىء من سرعة الصوت في التكاوين لكي تتأخر موجة الصوت التي تمر به.



شكل (10 ـ 19) العلاقة بين المسامية والزمن في الأحجار الجيرية والرملية



شكل (10 ـ 20) جهازي سرعة الصوت . . يظهر في الشكل
مقطع طولي في بئرين وبداخلهما جهازي تسجيل الأول (أ) ذو لاقطتين والثاني (ب) ذو لاقطة واحدة
في الشكل (ب) فإن T يمثل الزمن الذي يقطعه الصوت بين الإرسال والاستلام والمسافة بين المولدة واللاقطة ثابتة .
في الشكل (أ) فإن ΔT تمثل فرق الزمن بين لاقطتين المسافة بينما ثابتة أيضاً (قدم واحد) .

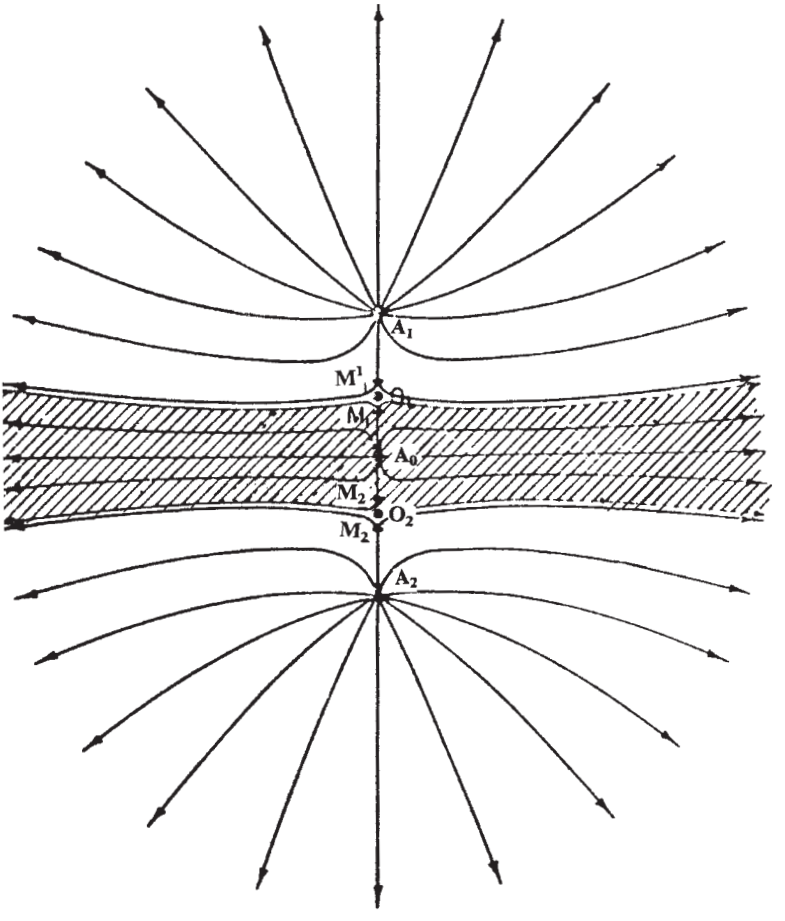
وقد وضح السهم الذي إلى اليمين طريق مسار موجة الصوت . . . كما أن الشكل إلى اليمين (أ) يوضح نوع سجلات الصوت ذات «جهازي الالتقاط» واللاقطتين يمكن أن تكون ببعد قدم واحد أو 3 أقدام ومن الناحية العملية فإن الفرق في وصول الموجة (النبضة) (Pulse) بين اللاقطتين هو الذي يسجل . . . . لذا فإن الفرق في زمن وصول الموجة إلى اللاقطتين هو (ΔT) هو يمثل الوقت الي استغرقته الموجة الصوتية لقطع مسافة قدم واحد وهي المسافة بين اللاقطتين وهو معكوس السرعة .

السجل الجانبي : (The Laterolog)

هو سجل قياس المقاومة (Resistivity) باستخدام أقطاب والتيار يرسل بتوجيه خلال الوحدات الصخرية كطبقة ذات سمك محدد مسبقاً (لاحظ الشكل 10 ـ 21)

لذا فإنه يقيس جزءاً من الصخور ذات بعد عمودي قليل وعادة لا يتأثر بعمود الطين في البئر.

وفائدته مقارنة بأجهزة قياس المقاومة الأخرى (الاعتيادية) هو:

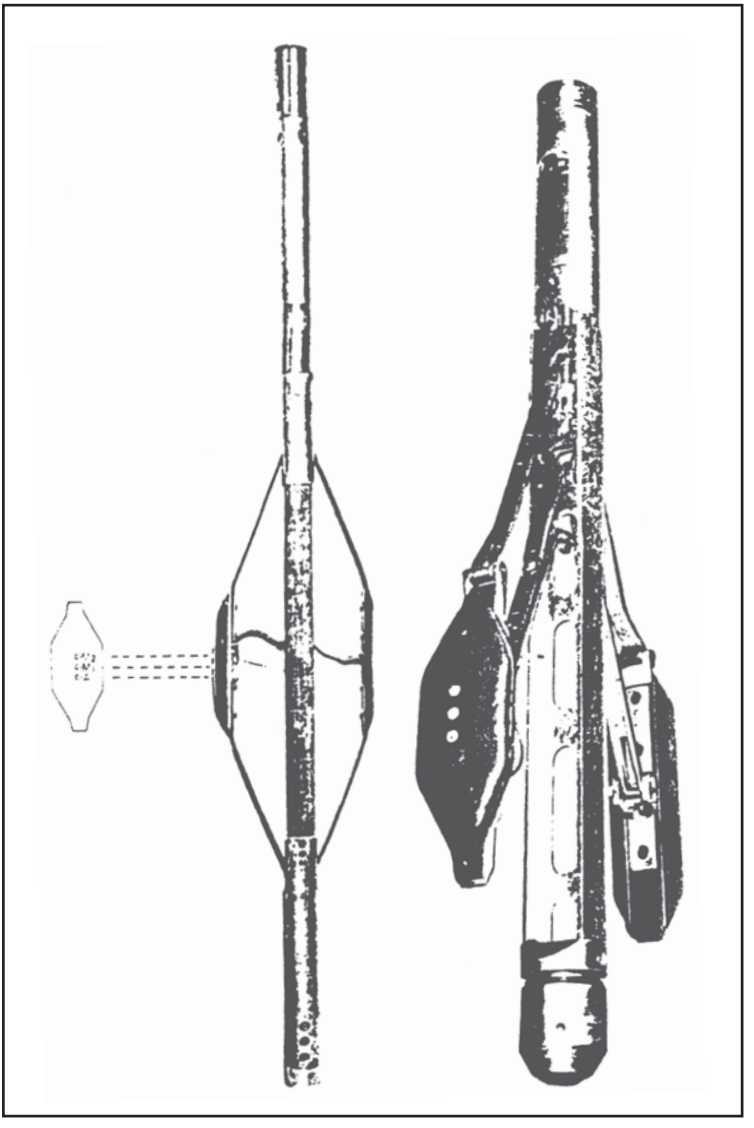


شكل (10 ـ 21) انتشار خطوط التيار في وسط متجانس
وتمثل المنطقة المظللة طبقة قياس التيار الجانبي (المصدر Schlumberger, Doc. 8)

1 ـ تحديد الفرق بين الطبقات بشكل أكثر دقة كما أنه أكثر دقة في تحديد حدودها.

2 ـ النتائج أقرب إلى المقاومة الحقيقية للطبقات الرقيقة خاصة في حالة وجود طبقات حفرت بواسطة ماء ذي ملوحة عالية.

هناك نوعان من السجلات الجانبية (Laterology) تستعمل في الحقل أحدهما برقم 3 والآخر برقم 7.



شكل (10 ـ 22) جهاز تسجيل السجلات الدقيقة (المصدر Schlumberger, Doc. 8)

السجلات الدقيقة: (Microlog)

إن تطوير السجل الكهربائي أدى إلى استنباط الـ(Microlog) والمنحني يرسم من قبل أقطاب على اتصال بجدران البئر داخل وسادة (Pad) وذات مسافات قريبة جداً من 1 ـ 2 بوصة (أنج) (لاحظ الشكل 10 ـ 22) هذه المسافة القريبة تشخص الطبقات الرقيقة والتغييرات في الصفات الصخرية. . . ولذا فإن الـ(Microlog) يظهر تفصيلات دقيقة أكثر من السجلات الكهربائية الاعتيادية. لاحظ الشكل (10 ـ 18) فالطبقات ذات المسامية العالية يشخصها هذا السجل وذلك لأن دخول طين

الحفر فيها يشخص بسرعة من قبله . . . إضافة إلى ذلك فإن نسبة المسامية يمكن حسابها في الغالب باستعمال جهازين من الـ(Microlog) كما له فائدة أخرى ففي حالة كون التكوينات ذات مقاومة أكثر من الطين (طين الحفر) كما في حالة وجود طبقات من الحجر الجيري فإن الـSP يسجل وجود طبقات نافذة ولكنه لا يعطي الحدود بشكل دقيق لهذه الطبقات خاصة عندما تكون رقيقة كما أن الـ(Microlog) مفيد في طبقات ذات تماسك متوسط كما في حالة تعاقب رمل ـ طَفَل للتمييز الدقيق للطبقات .

سجل قياس المقطع : (Section Gauge Logging)

هو سجل لقطر البئر . . فأثناء الحفر فإن الطبقات التي تشكل جوانب البئر قد يتساقط قسم منها والبعض الآخر ينهار مما يؤدي إلى توسع في قطر البئر وبإنزال جهاز خاص فإننا نتمكن من قياس قطر البئر ومساحة قطر البئر وذلك بحركة الجهاز إلى الأعلى داخل البئر والقطر الحقيقي للبئر يسجل باستمرار على فيلم بواسطة مسجل على السطح .

إن قياس قطر البئر مهم للأسباب التالية :

1 ـ يفيد في حساب حجم البئر وبذلك تحسب كمية التبطين التي يحتاجها البئر .

2 ـ يعطي قيم حقيقية لقطر البئر الذي يعتبر ضرورياً لتحليل دقيق للسجلات الكهربائية الأخرى وسجلات الإشعاع .

وهناك نوعان من قياس المقطع تستعمل في الحقل أولهما سجل قياس المقطع الاعتيادي (S.G.) والثاني سجل السمك الدقيق (Microcaliper) وكلاهما يمكن استخدامهما على نفس السيارة وسجلات التسجيل .

الفصل الحادي عشر

طباقية التتابع

Sequence Stratigraphy

مقدمة

حاول عدة باحثين منذ القدم استخدام شتى الطرق لتفسير تتابع العمليات الجيولوجية ضمن التعاقبات الطباقية، وفي السنوات الأخيرة من هذا القرن تم التركيز على دمج بعض الفروع الجيولوجية عند دراسة نفس المقطع الطباقي ليخرجوا بنتائج وتحاليل جيدة، وهذا المبدأ الذي اعتمدت عليه الكثير من الدراسات الجيولوجية ألا وهو مبدأ تلاقي الأدلة، لذلك ظهر هذا العلم القديم بمبادئه والحديث بأسلوبه ومصطلحاته ليحلل ماضي الكرة الأرضية بدقة جيدة، فقد عرف الباحث (Posamentier et al., 1988) بأن دراسة العلاقات بين الصخور ضمن منظور الطباقية الزمنية التي تكون تتابعاتها بشكل دوري (Cyclic) ومتكونة من وحدات مرتبطة منشئياً.

مفاهيم أولية:

إن العلوم الجيولوجية هي من العلوم البحتة التي تعتمد على تراكم المعلومات خلال الدراسات جميعها، فعلى سبيل المثال أي مقطع طباقي، سواء أكان مكشف سطحي أو تحت سطحي، يمكن أن يدرس من ناحية صخارية ومستحاثية وجيوكيميائية وجيوفيزيائية. . .إلخ وكل دراسة تعطي نتائج معينة، والفائدة العظمى عندما تجمع جميعها كل معضلة ما، لذلك جاء هذا العلم لربط جميع هذه المعلومات مع بعضها البعض، حيث قادت إلى استكشاف الكثير من الموارد الاقتصادية المهمة. إن ربط مثل هذه الفروع الجيولوجية يتطلب معرفة الأساس الرابط لها، وبما أن العامل الأساس المؤثر على ترسيب الطبقات الرسوبية هو مستوى سطح البحر فاعتبر هو الأساس لدراسة طباقية التتابع التي تمثل الاختلافات لمستواه خلال تاريخ الكرة الأرضية. هذا لا يجعلنا أن نقلل من أهمية

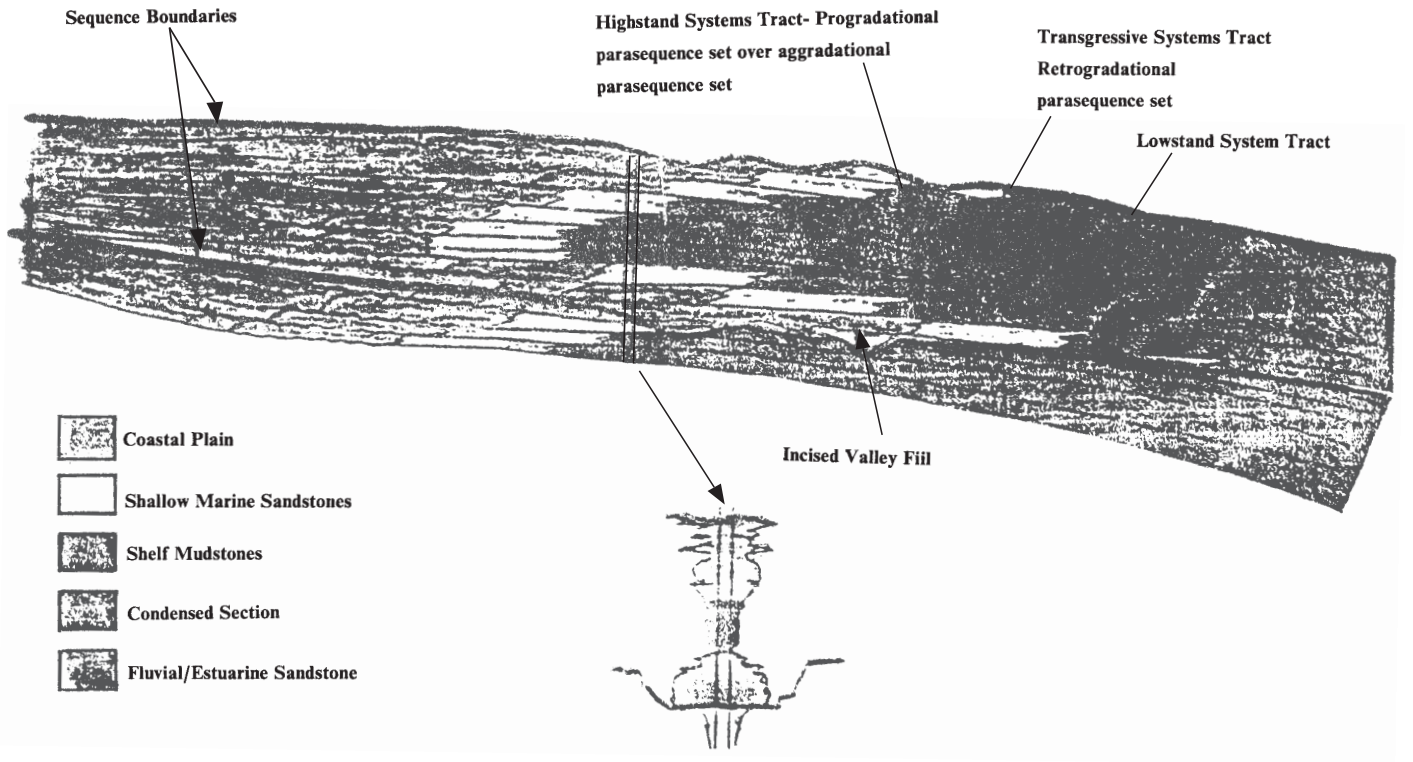
عوامل عديدة تؤثر جميعها بالتالي على هذا المستوى. ولقد أشار عدة باحثين على عوامل مختلفة لبناء الصورة النهائية لطباقية التتابع ومنهم الباحث (Sarg, 1988) الذي حددها بما يلي:

زمانياً (chronostratigraphy) لوصف وتفسير تتابع العمليات الجيولوجية ضمن التعاقبات الطبقية.

إن العملية الرئيسية المسيطرة هي ارتفاع وانخفاض مستوى سطح البحر النسبي. وحيث إن التغيرات العالمية لمستوى سطح البحر (Eustasy) وعلاقتها بالطباقية الزلزالية (Seismic Stratigraphy) لها الأثر البالغ في إرساء قواعد طباقية التتابع وتطورها من خلال استنباط الهيئات الرسوبية والعلاقات الطباقية من المقاطع الزلزالية (Vail et al., 1977) وكذلك المقاطع تحت السطحية والمكاشف الصخرية على مقياس أصغر.

معمارية التتابع:

إن ترتيب مكونات التتابع المثالي لتشكيل وحدة يمكن تمييزها يدعى بمعمارية التتابع (Mulholland, 1998) ومن الضروري فهم العمليات المسؤولة عن نشوء قطع التتابع. ويجب أن نتذكر بأن طباقية التتابع هي دراسة العلاقات الصخارية ضمن إطار طباقي ـ زماني لطبقات متعاقبة بشكل دوري (Cyclic) ومرتبطة منشئياً ومحددة بسطوح تعرية أو عدم ترسيب (Pasamentier et al., 1988; Van Wagoner et al., 1988) والوحدة الطباقية الأساسية في التحليل هي التتابع (Sequence) (شكل 11 ـ 1) الذي بدوره يتكون من مسارات أنظمة (System Tracks) لتجمعات سحنية مرتبطة تأصلياً (نظام رسوبي) ومحددة بسطوح عدم توافق (unconformities) أو ما يضاهيها من سطوح توافق شكل (11 ـ 1). العمليات الجيولوجية التي تنشأ التتابع هي التغيرات في ارتفاع وانخفاض مستوى سطح البحر العالمي (Eustaty) والتكتونية (ارتفاع وانخفاض الحوض الترسيبي علاوة عن التعرية والترسيب (معدل الترسيب) الذي يعتمد على المناخ. وهذه العمليات تعمل معاً لتعطي فضاء استيعاب (Accommodation space) الذي يملأ بالرواسب القادمة من داخل أو خارج الحوض الترسيبي وتؤدي إلى نشوء منظر طبيعي أرضي (Landscape) ذو بيئات معروفة. وهذه تدعى بالسهل الساحلي، الساحل، الدلتا والمناطق المغمورة المسماة وجه الساحل، مقدمة الدلتا والمنطقة البحرية البعيدة وبيئة المراوح تحت البحرية.



شكل (11 ـ 1) النمط الطباقي في تتابع من النوع ـ 1 (الانخفاض النسبي
لمستوى سطح البحر إلى المقام الواطىء لخط الساحل يؤدي إلى تعرية واضحة لسطح البحر الجديد المكشوف)

معظم النشاطات الترسيبية تحدث بالقرب من خط الساحل الذي قد يهاجر أحياناً باتجاه اليابسة أو باتجاه البحر اعتماداً على الموازنة بين العمليات المتعددة عند الحدث. والمصطلحات التالية هي الأكثر شيوعاً لوصف هجرة خط الساحل (shoreline).

- التقدم (Transgression): هجرة خط الساحل نحو اليابسة بسبب ارتفاع مستوى سطح البحر (البحر يتقدم فوق اليابسة).
- التراجع (Regression): هجرة خط الساحل باتجاه البحر بسبب انخفاض مستوى سطح البحر (البحر يتراجع بعيداً عن اليابسة).
- التراجع الخلفي (Retrogradation): هجرة خط الساحل باتجاه اليابسة بسبب قلة إدخال الرواسب (اليابسة تتراجع عن البحر من خلال تباطىء أو عدم الترسيب، التعرية، التضاغط والتجلس).
- التدرج الأمامي (Pregradation): هجرة خط الساحل نحو البحر بسبب زيادة التدفق للرواسب (اليابسة تتقدم نحو البحر من خلال الترسيب السريع).

إن غاية طباقية التتابع بالأساس هي التفسير الجيولوجي الأمثل لإحداث العمليات الجيولوجية والاستجابة لها (Process/response). وتتبنى طباقية التتابع إطاراً طباقياً.

عناصر التتابع:

تقسم التتابعات إلى ثلاثة عناصر رئيسية هي: حد التتابع، أشباه التتابع، ومسارات الأنظمة.

حد التتابع: (Sequence Boundary)

تم التنويه أعلاه بأن التتابع يكون محدداً من الأعلى والأسفل أو القمة والقاعدة بسطح عدم توافق أو ما يضاهيها من سطح توافق. وسطح عدم التوافق يمثل انخفاض لمستوى سطح البحر وانحسار نشيط لخط الساحل فعلى الحافة البحرية المتضمنة للرصيف القاري والمنحدر فالانحسار هذا يؤدي بالغالب إلى هجرة خط الساحل إلى حافة الرصيف القاري أو ما بعده، معرضاً الرصيف للعمليات تحت الهوائية وتجوية بالغة بواسطة الأمطار والأنهار... إلخ وينتج عن هذا نشوء ما يسمى بالنوع -1 (Type-1) من حد التتابع (شكل 11 ـ 1). أما في حالة المنزلق البحري (Ramp) ذو الطوبوغرافية الواطئة وبدون نقطة لانكسار الرصيف

(Shelf Break)فإن خط الساحل ينحسر باتجاه أسفل المنزلق. واعتماداً على انحدار المنزلق قد يكون أو لا يكون هناك ظروف ملائمة لعمليات تعرية مؤثرة. فإذا كان الرصيف أو المنزلق مستوياً وبدون تعرية نشيطة فيدعى حد التتابع من النوع -2 (Type- 2) (شكل 11 ـ 2) في الاتجاه البحري ما بعد الوقفة الواطئة لخط الساحل (بعيداً عن الساحل ـoffshore).

هناك عادة تعرية ضئيلة أو قد تنعدم. ولذلك فإن السطح الطباقي الزمني الذي يتمثل بالرصيف التعري ينتقل بعيداً عن الساحل ليتداخل مع سطح ترسيب بحري مستمر يدعى بالتوافق المضاهي (Correlative Conformity) والذي يمثل جزءاً من حد التتابع. وعلى السطح المتعري وبصورة غالبة داخل وديان التعرية تظهر رواسب الأنهار والأخوار مترافقة مع الوادي المتعري واستقرار مستوى القاعدة قريباً من الساحل. وهذه الرواسب بصورة جماعية تدعى مسار النظام الواطىء (Low Stand Systems Tract).

وفي حالة حد التتابع من النوع ـ 2، فليس هناك انخفاض لمستوى البحر النسبي عند خط الساحل الواطىء وانعدام حدوث تعرية بالغة وعليه لا يترسب مسار النظام الواطىء، وبدلاً عن ذلك فإن حزمة التتابع (Parasequence) تستمر بالتجمع الواحد فوق الآخر وتبدأ بالنزوح من أنماط تعاقبات التدرج الأمامي (Progradation) إلى أنماط تعاقب متراكبة أو تكدسية (Aggradational) (انظر الشكل 11 ـ 1، 11 ـ 2).

هناك من الباحثين أمثال (Van Wagoner et al., 1990) يجادل على أن سطح عدم التوافق الواطىء هو الاختيار الأفضل لحد التتابع بينما آخرين أمثال (Galloway, 1989) عدها ضمن التتابع اعتماداً على سطح التقدم، إلا أن الاختيار الأول هو الراجح للأسباب التالية:

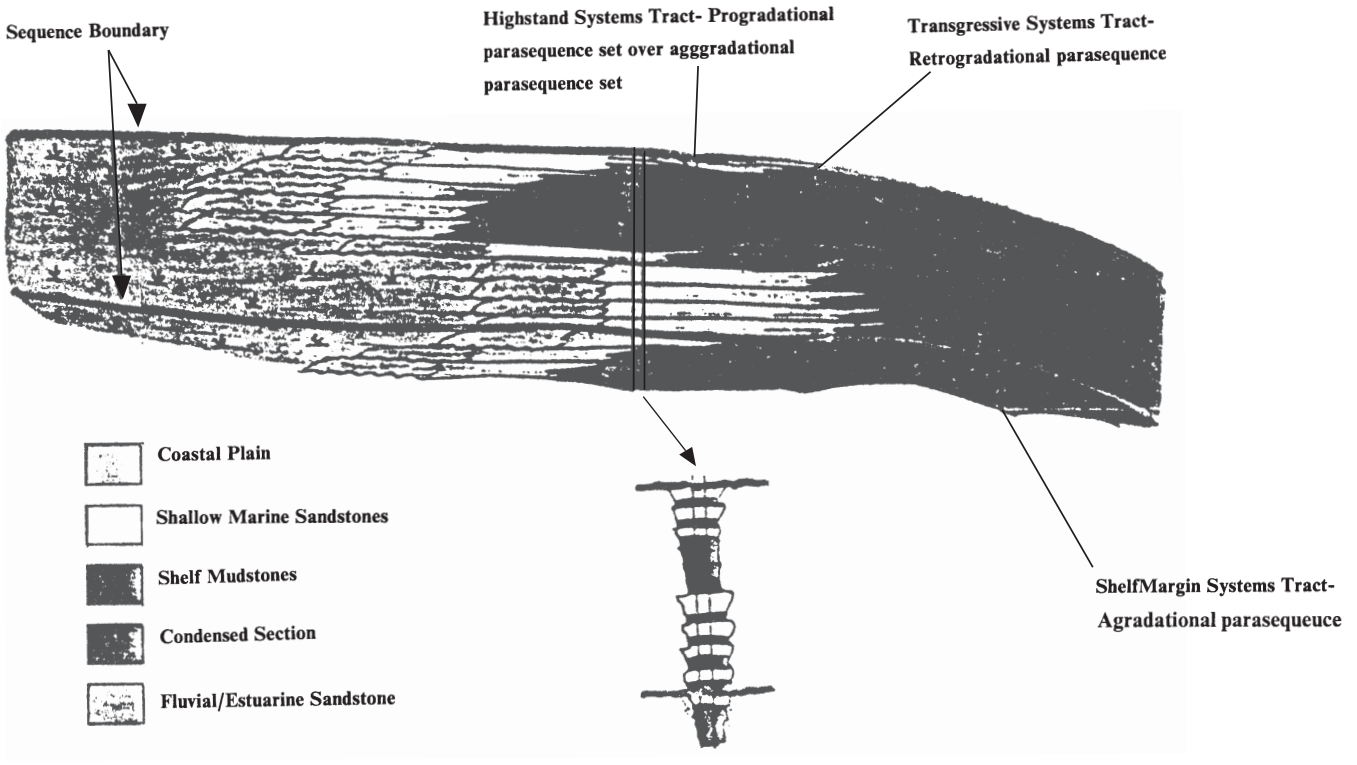
1 ـ يمثل سطح منفرد ومتسع يفصل جميع الصخور العليا من الصخور السفلى وبذلك يمتلك أهمية طباقية زمنية.

2 ـ ينشأ بصورة غير معتمدة على تجهيز الرواسب.

3 ـ تكون وحيدة بينما هناك عدة سطوح تقدم رئيسية ضمن التتابع.

4 ـ من السهولة تمييزه ويشخص بعلامات التعرية الإقليمية البالغة الأثر وهيئة التراكب الفوقي (onlap) لخط الساحل.

5 ـ مسارات الأنظمة (System Tracts) مبينة بصيغة قابلة للتنبأ ضمن التتابع.



شكل (11 ـ 2) النمط الطباقي في تتابع من النوع ـ 2
(ليس هناك انخفاض لمستوى سطح البحر عند المقام الواطىء لخط الساحل .
ولذلك ليس هناك تعرية)

6 ـ عناصر التتابع بصورة عامة متوافقة مع بعضها البعض بينما حسب مفهوم التتابع الطباقي المنشئي (Galloway, 1989) فإن عدم التوافق الداخلي سوف يؤدي إلى انقطاع في هندسية التطبق.

7 ـ سطوح عدم التوافق هي سطوح طباقية ـ زمانية ولذلك فهي أقل تعرضاً لسوء التفسير بسبب التغايرات السحنية أو إحداث قاطعة للزمن (Time Transgressive Events).

أشباه التتابع : (Parasequences)

تم صياغة هذا المصطلح من قبل (Van Wagoner, 1985) ليحل محل دورة (Cycle) لوحدات التضحل نحو الأعلى (Shoaling upward stratal unit) والغاية كانت للحفاظ على ما استخدمه (Vail, 1977) من كلمات دورة وشبه الدورة (Paracycle) لفترات زمنية لأحداث متعاقبة، وثانياً لتأكيد العلاقة بين شبيه التتابع والتتابع. وشبيه التتابع وطبقاته الرسوبية ذات السماكات المتغيرة هو اللبنة الرئيسية للتتابع ويعد مدى الوحدات المتسلسلة التي تكون التعاقب.

تتابع : (Sequence)

حزمة شبيه التتابع/ تابع : (Parasequence set)

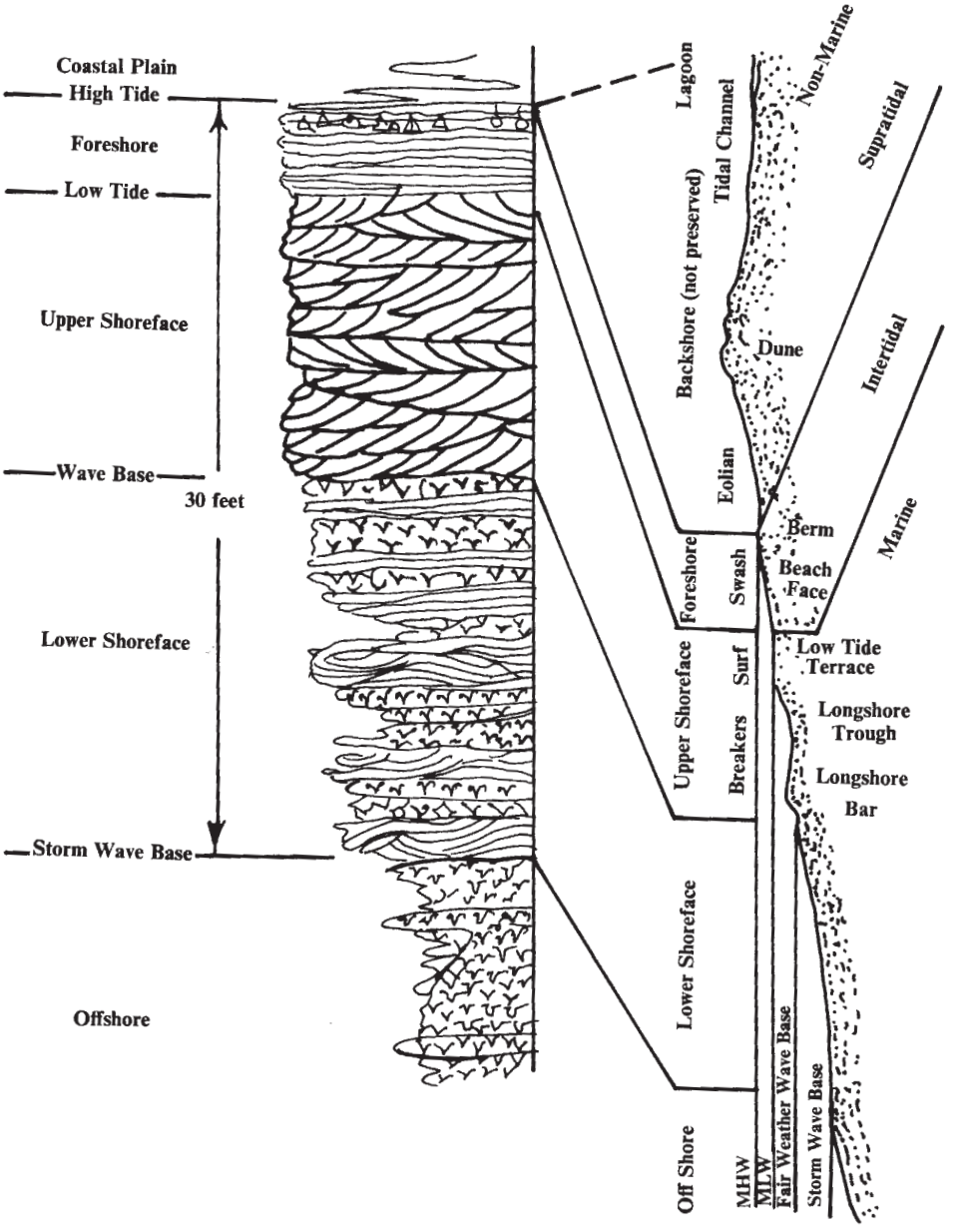
شبيه التتابع/ تابع : (Parasequence)

حزمة طبقية : (Bedset)

طبقة : (Bed)

رقائق : (Lamina)

وقد تم التعرف على أشباه التتابعات في السهل الساحلي، الدلتاوي، الساحل، الأخوار وبيئات الرصيف، بينما لا يمكن التعرف عليها بسهولة في المقاطع النهرية التي تفتقر للتداخل البحري، أو بيئات المياه العميقة عندما يكون عمق الماء غير ذي أهمية ومعظم أشباه التتابعات الفتاتية ـ السيليكاتية هي متدرجة للأمام ومتضحلة باتجاه الأعلى لتعطي ترابط سحنات متخشنة نحو الأعلى (upward coarsenong). إن فترة التدرج الأمامي (Progradation) تنتهي عندما يرتفع مستوى البحر النسبي، ويتقدم فوق شبيه التتابع. وسطح الفيضان البحري (Marine Flooding Surface) الناتج بتقارب مع سطح طباقي ـ زماني مغطى مساحة جغرافية محددة. والشكل (11 ـ 3) هو رسم مخطط لشبيه تتابع ساحل بحري مثالي.



شكل (11 ـ 3) تتابع عمودي مثالي لشبيه التتابع لخط الساحل
يوضح العلاقة بين السحنات والأنطقة البيئية على خط الساحل.

وهناك رسوم مماثلة وشائعة في الأدبيات الجيولوجية والتي تضفي مدى من التغيرات على النمط العام لوحدات تطبق التدرج الأمامي المتضحلة نحو الأعلى وسحناتها الضمنية وتراكيبها الرسوبية. أشباه التتابعات الكاربوناتية تظهر طمغات متشابهة للعمليات/ الاستجابة (سحنات . . . نحو الأعلى تنتهي بحدث التعمق) ولكن بعمليات ترسيبية ونواتج مختلفة.

أشباه التتابعات وحدودها (سطح الفيضان البحري) وبسبب مميزاتها الترسيبية يمكن التعرف عليها بسهولة في اللباب، المكاشف السطحية والمجسات البئرية، إلا أنها عادة تكون قليلة السمك لكي تشخص زلزالياً.

مسارات الأنظمة : (Systems Tracks)

أشباه التتابعات تميل إلى تواجدها ضمن أحزمة منشئية تسمى أحزمة التتابعات (Parasequence Set)، وحيث إن كل واحدة منها لها علاقة متشابهة لشبه التتابع السابق. هناك ثلاثة ترتيبات عمودية للأحزمة (شكل 11 ـ 4). السابق.

التراجع الخلفي ـ التدرج الخلفي : (Back-stepping or Retrogradational)

متراكبة عمودياً ـ تكدسية : (Vertical Stacking-Aggradational)

التراجع الأمامي ـ التدرج الأمامي : (Forward-Stepping or Progradational)

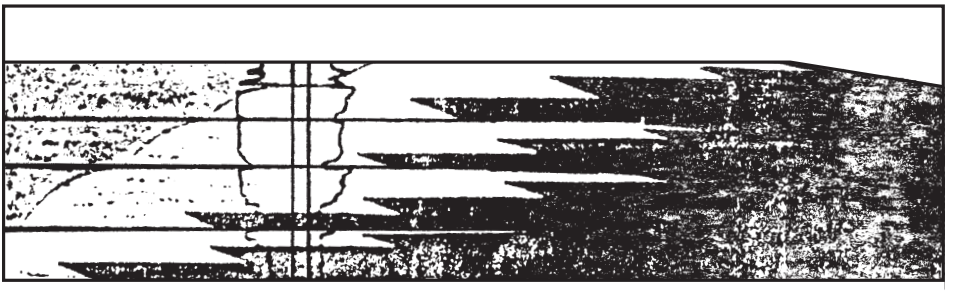
هذه الأنماط الثلاثة لتراكب أحزمة أشباه التتابع (شكل 11 ـ 4) وعلاقة بعضها مع البعض تنتج الوحدة الطباقية الأكبر التالية في سلسلة معمارية التتابع وهي مسار الأنظمة (انظر شكل11 ـ 1 و11 ـ 2).

مسارات الأنظمة تنسب إلى منحنى مستوى البحر النسبي الذي يقولب التتابع. في أعقاب المقام الواطىء (Lowstand) لمستوى البحر الذي أدى إلى انكشاف قاع البحر ونشوء سطح عدم التوافق الإقليمي والذي يسمى حد التتابع (Sequence Boundary) فإن سطح البحر يأخذ بالارتفاع وعندما يفعل ذلك فإنه يتقدم نحو اليابسة وتنزح رزم رواسب التدرج الأمامي (أشباه التتابعات) باتجاه اليابسة. يرتفع وينخفض مستوى البحر على هيئة طيف معقد ذو ترددات عديدة مختلفة. والنتيجة هي تكوين أشباه تتابعات مرتبطة عمودياً والتي يسيطر على أبعادها أحداث مستوى البحر ذات التردد العالي مع أنماط تعاقب عمودي ـ تراجعي خلفي بسبب التردد الواطىء للارتفاع الكلي لمستوى البحر.

التدرج الأمامي

Progradational Parasequence Set

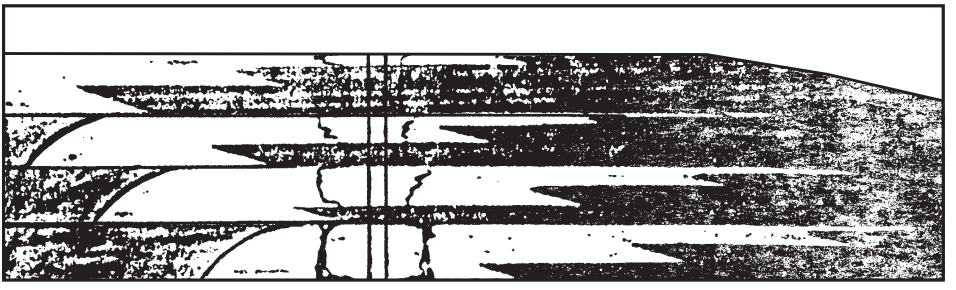
Deposition > Accommodation



التراجع الخلفي ـ التدرج الخلفي

Retrogradational Parasequence Set

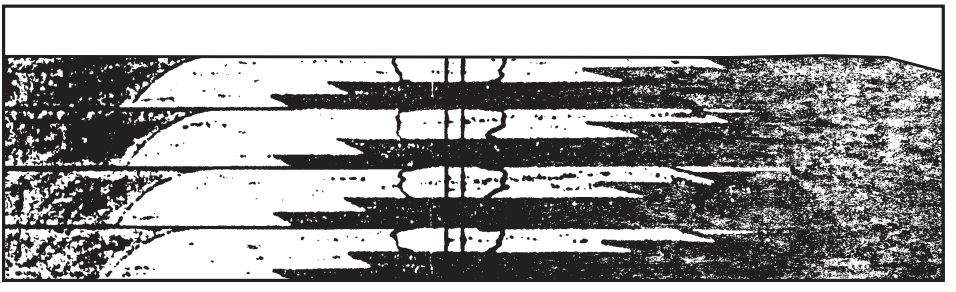
Deposition < Accommodation



التكدسي ـ المتراكب عمودياً

Aggragradational Parasequence Set

Deposition = Accommodation



شكل (11 ـ 4) مسارات الأنظمة

وهذه الحزمة لشبيه التتابع المتدرجة خلفياً ـ رجعياً تسمى مسار النظام التقدمي (Transgressive Systems Tract-TST). وهذا يتموضع إما على قمة مسار النظام الواطىء (LST) للتتابع من نوع ـ 1 أو مسار نظام حافة الرف (SMST) للتتابع

من نوع ـ 2. وعندما يتباطىء الارتفاع العام لمستوى البحر ويصل المقام العالي (Highstand) فإن تقدم خط الساحل نحو اليابسة والتموضع الساحلي الفوقي (Coastal-onlap). يصلان ذروتهما. ومع استمرارية تجهيز الرواسب للساحل، إلا أن معدل ارتفاع مستوى البحر الآن يساوي معدل الترسيب (مع تذبذبات عالية التردد التي لا تزال تكون أشباه التتابعات) وتراكب شبيه التتابع يصبح تكدسياً أو متدرجاً أمامياً. وعندما يبدأ مستوى البحر بالهبوط فإن معدل الترسيب يفوق الحيز أو الفضاء المتوفر لتجمع الرواسب وتتقدم أشباه التتابعات باتجاه البحر أكثر فأكثر متبعة خط الساحل المتراجع. وحزمة شبيه التتابع التكدسية ـ المتدرجة أماماً الناتجة تدعى مسار النظام العالي (Highstand System). وفي نهاية المطاف فإن معدل هبوط مستوى البحر يفوق معدل الترسيب فيصبح الرف/ الرصيف منكشفاً والأنهار تشق وديانها إلى خط الساحل الجديد، وهكذا ينتهي التتابع بحد تتابع علوي جديد.

إن مسارات الأنظمة هي حزم شبيه التتابع لها نمط تراكب مشترك وتسمى حسب علاقتها مع حالة مستوى سطح البحر: مقام واطىء، تقدم ومقام عالي. والبحار المتراجعة، المنحسرة تمثل جزئياً بمسار النظام العالي المتأخر وجزئياً بسطح عدم التوافق الناشىء.

السحنات : (Facies)

إن علاقات السحنات الجانبية قد تكون معقدة جداً. وعلماء الرسوبيات يستخدمون كل دليل عند محاولتهم تشخيص البيئات الرسوبية. وهذه تتضمن تفسيرات التراكيب الرسوبية، المتحجرات الأثارية، الصخارية والتعاقب الترسيبي لمحاولة تمييز، على سبيل المثال، الحواجز الممتدة بموازاة خط الساحل عن رمال الساحل ذات الطاقة العالية في المكاشف السطحية وتحت السطح. إلا أن مثل هذه المهمة تذهب سدى في أغلب الدراسات الزلزالية ـ الطباقية.

ودراسة (Van Wagoner et al., 1990) تظهر بأن التتابعات عامة تكتنف أربع سحنات، اثنتان منها بحرية واثنتان غير بحرية. السحنات البحرية هي الرف الخارجي ـ وأطيان المنحدر والرمال البحرية الضحلة. أما السحنات غير البحرية فهي الرمال النهرية/ المستنقعية (بدون محاولة للتفريق بينهما) والرمال ـ أطيان وفحم سهل الساحل. وهذه السحنات تشخص بسهولة في المكاشف وأنماط المجسات البئرية:

- البحرية الخارجية ـ طَفَل.
- البحرية الضحلة ـ أشباه تتابعات رملية متخشنة نحو الأعلى.
- نهرية/ مستنقعية ـ صخور رملية متنعمة نحو الأعلى.
- سهل الساحل ـ عامة تداخلات معقدة لصخور الرمل/ الطفل، قليلة السمك.

وحاوية على الفحم، ويمكن إضافة سحنة واحدة أخرى هي المقطع المكثف (Condensed Section) وطفل بحري بعيد عن الساحل يتطابق مع سطح الفيضان الأقصى (Maximum-Flooding Surface-MFS) وقمة مسار النظام التقدمي (TST) والمقطع المكثف عبارة عن مقطع جائع (Starved-Section) غني بالأحياء الطافية وذات شعاع عالٍ مسجل بمجسات أشعة گاما. وفي طباقية التتابع يظهر بضآلة على هيئة أكثر من خط يفصل مسار التقدم عن مسار النظام العالي. وفي الطباقية الزلزالية يظهر كسطح متموضع للأسفل (Downlap). وهو من الأهمية لأنه قد يتوفر غطاء خزان جيد، صخور مصدرية متميزة، كما أنه غني بالفورامنيفرا لاستنباط التاريخ الطباقي ـ الحياتي وكذلك فهو مستوى مثالي لمقاطع جس الآبار، وعلماء الطباقية الزلزالية العاملين في البيئات المائية العميقة يهتمون بمميزات الرواسب العكرة، مراوح قاع البحر ورواسب المنحدر. وهذه ممكن ربطها بالتتابعات وتذبذبات مستوى البحر. والمواضيع هذه قد تم تغطيتها في المجلد (AAPG Memoir 26, 1977).

الحدود: (Boundaries)

وهي عبارة عن سطوح دالة ـ محددة لها مؤشرات طباقية ـ زمانية وتمثل المفهوم الأساسي لطباقية التتابع. وحسب رأي (Vail et al., 1977) فإن سطوح عدم التوافق وما يضاهيها من سطوح توافق هي حدّا التتابع العلوي والسفلي في حين عد (Galloway, 1988) سطحي فيضان بحري أقصى (MFS) كحدا التتابع وبذلك تقع سطوح عدم التوافق ضمن التتابع. والرأي الأول هو الراجح في الأدبيات الجيولوجية.

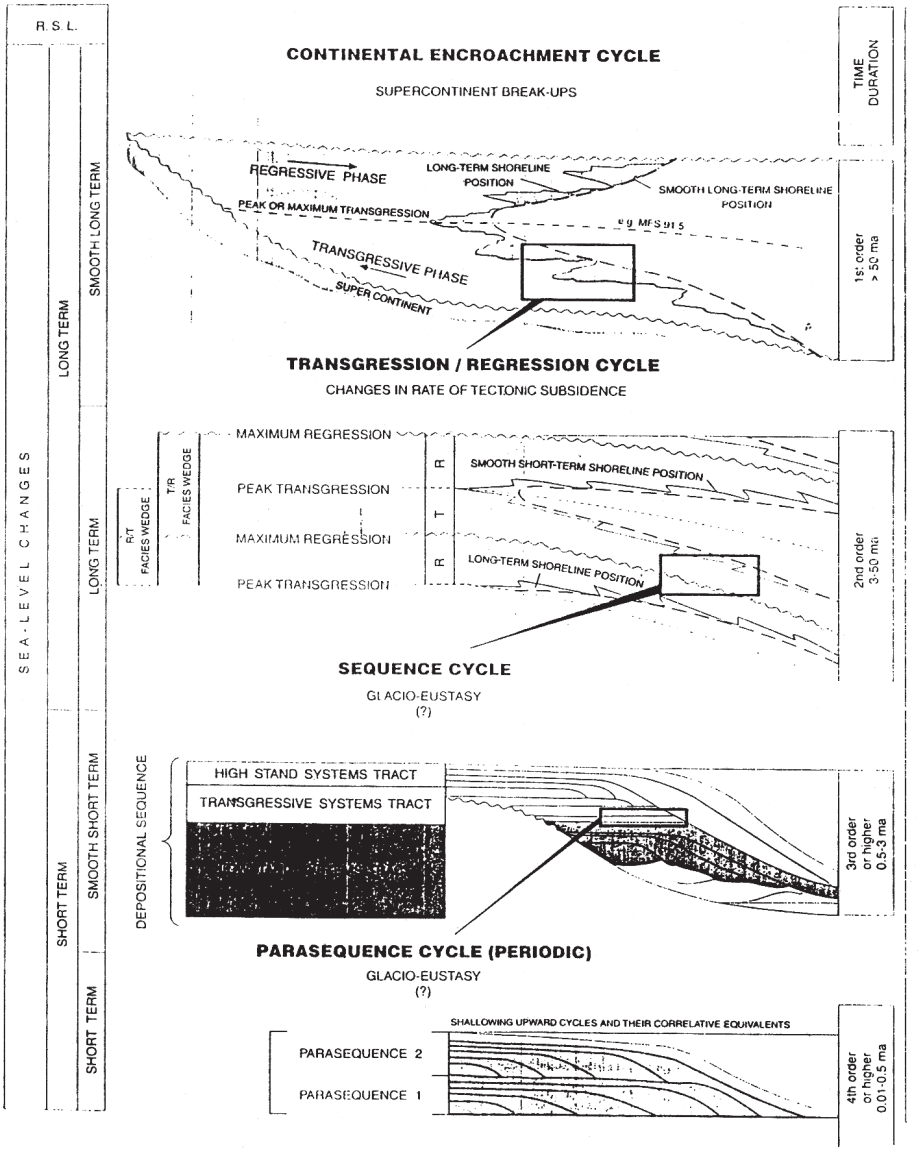
وهذا يجب التنويه بأن حالات التموضع الفوقي (onlap) والتموضع الانكفائي (offlap) والتموضع السفلي (Downlap) والتموضع الرأسي (Toplap) والتقاطع التعروي (Erosional Truncation) والتوافق هي العلاقات التي تسمح بالتعرف على التتابعات في البيانات الزلزالية. وهذه العلاقات الحدودية نفسها قد تم ملاحظتها في مقاطع المجسات والمكاشف الجيدة وبالمثل تستغل كأدوات تفسير وحدود

التتابع يمكن تأشيرها من خلال التموضع الرأسي والتقاطع التعروي للطبقات التحتية والتموضع الفوقي للطبقات العليا. المقاطع المكثفة/ سطوح الفيضان القصوى قابلة للتشخيص من خلال التموضع السفلي للطبقات العليا في موقع الرف (على قاع الحوض، التموضع السفلي قد يمثل إسفين المقام الواطىء/ ترسيب لمروحة قاع البحر). وكذلك التتابعات والوحدات الطباقية الثانوية قد أعطيت أسماء أو شفرات للتعريف ولكن ليس للحدود، ولو أن الممارس كالعادة يتعقب هذه الحدود على المقطع الزلزالي، ويرفق أسماء فريدة لكل حد تتابع متكرر في الدراسة.

والجدل المقنع هي أن حدود التتابع وسطوح الفيضان البحري هي سطوح طباقية ـ زمانية، وعليه فلها نفس الأهمية في دراسة اللباب، المكاشف، مجسات الآبار والخط الزلزالي. التتابع الطباقي هو طباقي ـ زماني أو طباقي ـ عمري وعلى العكس من الطباقية الأقدم والتي بالغالب هي طباقية ـ صخارية وتعني طباقية السحنات القاطعة للزمن. وأكثر الإرباك في تسمية التكوينات وتفسير السحنات في الأدبيات القديمة يمكن أن تعزى لفشل المضاهاة على طول سطوح الطباقية ـ الزمانية/ العمرية (Chronostratigraphic Surface).

رتب التتابعات:

التتابع الترسيبي يمثل دورة كاملة للترسيب محددة من الأعلى والأسفل بسطوح عدم توافق تعروية. والتتابع له أكبر فترة استغراق تقاس بين تضاهي التوافقات لحدود سطوح عدم التوافق ولذلك فإن الفترة التي يستغرقها التتابع تحدد مع الأحداث المسيطرة على نشوء وتحطيم فضاء الاستيعاب (التجلس التكتوني وتذبذب سطح البحر العالمي). ولذلك فمن المفيد تصنيف التتابعات نسبة إلى رتب فترة الاستغراق، وبصورة شائعة يشار إليها بالرتبة الأولى، الثانية، الثالثة، الرابعة.. إلخ. وتبعاً لذلك فإن ملأ الحوض يمكن تقسيمه إلى متسلسلة تتابعات، كل واحد منها يمثل ناتج لدرجة معينة من الدورة التكتونية تذبذب سطح البحر وفي الشكل (11 ـ 5) المقتبس عن (Duval et al., 1992, in Emery and Myers, 1996) يمكن توضيح أربع رتب للدورة الطباقية. فدورة اكتناف القارات تعرف بأكبر مقياس (أكبر من 50 مليون سنة) لدورات التموضع الفوقي الخارجي والتموضع الخارجي للقارات العظمى. وهناك دورتان من هذه فقط خلال دهر الحياة الظاهرة (Phanerozoic) تبعاً لمنحنى مستوى البحر الموضوع من قبل (Haq et al., 1987). وقد عدت دورات اكتناف القارات هذه من الرتبة الأولى ومسيطر عليها بالتغيرات في حجم الحوض وعلاقته بدورات تكتونية الصفيح (Tectono-eustasy).



شكل (11 ـ 5) رتب الدورة الطباقية

دورات الرتبة الثانية (3 ـ 50 مليون سنة) هي اللبنات البانية لتتابعات الدرجة الأولى وتمثل مراحل معينة في تطور الأحواض. وهذه تعزى إلى تغيرات في معدل التجلس التكتوني في الحوض أو معدل ارتفاع مصدر الرواسب.

دورات الرتبة الثالثة (0,5 ـ 3 مليون سنة) وهي دورات التتابع الأساس في دراسات التتابع الطباقي وسبب ذلك يعود إلى أنها غالباً تظهر بمقياس تحليل جيد في البيانات الزلزالية. ويمكن التعرف عليها من خلال تمييز الدورات المنفردة لنشوء فضاء الاستيعاب وتدميره. والدورات هذه تعزى إلى ميكانيكيات تكتونية وكذلك التثليج ـ تذبذب مستوى سطح البحر العالمي (Glacio- eustasy).

والتتابع المركب هو مصطلح يستخدم لوصف تتابعات الدرجة الثانية ـ الثالثة والتي تتكون بدورها من تتابعات أعلى رتبة.

دورات الرتبة الرابعة (0,1 ـ 0,5 مليون سنة) دورة شبه التتابع وتمثل دورات منفردة لسحنات التضحل نحو الأعلى ومحددة بأسطح تعمق مفاجئة وحادة. وهذه يمكن ربط علاقتها جزئياً بعمليات ذاتية ضمن نظام الترسيب.

الخلاصة :

إن التتابع الطباقي مسؤول عن تفسير العمليات الجيولوجية والاستجابة لها. والعمليات الرئيسية المسيطرة هي الارتفاع والانخفاض لمستوى البحر النسبي والذي هو دالة للحركات الأرضية المؤثرة. وعندما يرتفع مستوى البحر، فإن خط الساحل يتحرك نحو اليابسة وعندما يهبط فإن خط الساحل يتحرك باتجاه البحر. والأنماط الرسوبية هي نسبياً بسيطة وعلى الدوام متعلقة بحالة مستوى البحر وحركته. وعند فهم كيفية تأثير مستوى البحر على أنماط الترسيب، فإن المفسر يمكنه استخدام دورانية مستوى البحر لترتيب الطبقات بأنماط متكررة بسيطة. وتمييز هذه الأنماط على شكل تتابعات، مسارات أنظمة وأشباه تتابعات تقود إلى إيجاد المزيد من النفط والغاز والفحم الحجري بخطورة أقل وبالتالي كلفة أوطأ.

إن الموديل الأساسي للتتابع هو حصيلة عدد من العمليات المعقدة والتي كل منها تعمل نوعاً ما بصورة مستقلة. والنتيجة هي أن التغاير في معمارية التتابع على الأغلب غير محدد وليس أي منها يشابه الموديل تماماً. وعلى أية حال إذا كانت العناصر قابلة للتمييز والعمليات التي كونتها مفهومة، فإن التتابعات يمكن التعرف عليها في ما إذا كانت رقيقة أو سميكة، كاملة أو ناقصة، ومن الرتبة الثالثة أو

الرابعة فتاتية سيليكاتية البوكاربوناتية في أي حوض بكل وسيلة جيولوجية أو مع أية صخور معمرة. وطباقية التتابع تعلمنا البحث عن الاستمرارية في تعاقبات الصخور ولفرز سطوح عدم التوافق ذات الصلة بالفوالق وتغيير السحنات أو حدود التتابع. من هذه الثلاثة، حدود التتابع غير المشخصة أكثر من غيرها يعزى لها العديد من التفسيرات الفاشلة. وحدود التتابع غالباً ودائماً تترك وراءها توقيع طباقي.

المعجم

A

Abundant	وافر
Abyssal	أبيسال، أعماق كبيرة
Accessory Minerals	معادن ثانوية
Acme - Zone	نطاق ذروة، قمة
Age	عمر
Alluvial	فيضية
Anaerobic	خالية من الأوكسجين
Angular Unconformity	عدم توافق زاوي
Aphotic	خالية من الضياء
Aqueous	مائي
Assemblage - Zone	نطاق ـ تجمع
Atoms	ذرات
Atmosphere	غلاف غازي (هوائي)
Authigenic Minerals	معادن ذات المنشأ المعاصر
Arial geologic map	خرائط جيولوجية سطحية

B

Bank	حواجز واطئة
Bar	قضيب
Bathyal	باثيال، أعماق
Bathymetric	قياس الأعماق
Bathypelagic	البحرية العميقة

Bed	طبقة
Benthonic	قاعية
Biblical Flood	طوفان نوح
Biocoenoses	مشتركة
Biofacies	سحنة حياتية
Biolevels	مستويات حياتية
Bioseries	سلسلة حياتية
Basin	حوض
Biosome	كتلة حياتية
Biosphere	غلاف حياتي
Biostratigraphy	علم الطبقات الحياتية
Biozone	نطاق حياتي
Bits	لقم
Burried	مدفون
Book of Genesis	كتاب الخليقة
Boulders	جلاميد
Boundary Stratotype	حدود المقاطع النموذجية
Brachiopods	المسرجيات
Bryozoa	الطحلبيات

C

Cable tool	حفر مطرقي
Carnivorous	مفترسة
Cased	مبطنة
Cave (Spelean)	كهف
Cellular	خلوي
Cenozoic	الحياة الحديثة. الحيوانات الحديثة
Cephalopods	الرأسقدميات
Channel	قناة

Chert	صوان، جرت
Chrono-	بادئة معناها زمن
Chronostratigraphic Unit	وحدة طباقية زمنية
Chronozone	نطاق زمني
Circa	بادئة معناها حوالي أو تقريباً
Clay	طين
Clay Minerals	معادن طينية
Class	صف، صنف
Cleavage	انفصام
Coagulated	تجمع
Cobbles	جلاميد صغيرة
Code of Stratigraphic Nomenclature	قواعد التسمية الطباقية
Control points	نقاط السيطرة
Conventional	اعتيادية
Convergence	تقارب
Column	عمود
Common	شائع
Compass	بوصلة
Composition	مكونات
Concretion	تصلبات
Concurrent - Range - Zone	نطاق ـ مدى ـ مشترك
Conductivity	توصيل
Conformable Relationship	علاقة توافقية
Consecutive - Range - Zone	نطاق ـ مدى ـ متعاقب
Continental	قاري
Continental shelf	الجرف القاري
Core	لباب
Correlation	مضاهاة
Cosmic radiation	الأشعة الكونية

Counter	عداد
Criteria	دليل، معيار
Cross - bedding	تطبق متقاطع
Current loops	أحزمة تيار
Cutting	فتات

D

Departure	حيود
Derived	مشتقة
Datum Plane	مستوى مرجعي
Delta	دلتا
Deltaic	دلتاوي
Desert	صحراء
Detector	جهاز التقاط، كشف
Diachronous	مختلفة العمر
Differential Thermal Analysis	تحليل الحرارة التفاضلية
Dip needle	إبرة الميل
Dolomitization	تدلمت، تحول إلى دولومايت
Domes	قباب

E

Ecology	بيئة
Entropy	درجة الخلط
Equal	متساوي
Eddy Current	تيار دوامي (دائري)
Electrical	كهربائي
Electrical log	سجل كهربائي
Electrode	قطب
Eolian	ترسبات ريحية

Eon	أيون، أبد
Epeirogenic	الحركات القارية
Epi-	بادئة معناها سطحي
Epibole	نطاق ذروة
Epoch	حين
Era	دهر
Erosional vacuity	فراغ تعرية
Eurypterids	عقارب البحر
Evaporites	متبخرات
Evolution	تطور
Evolutionary -Zone	نطاق تطوري
Exfoliation	تقشر

F

Facies	سحنة
Fault	فالق
Fence	سياج
Fence diagram	مخطط سياج
Formation	تكوين
Fossils	أحافير
Field Geology	جيولوجيا حقلية
Flourescent X - Ray	الأشعة السينية الوميضية
Fluvial	نهري

G

Galvanometer	جهاز تسجيل الكهربائية
Gastropods	قواقع
Genus	جنس
Geomagnetic reversals	انعكاسات مغناطيسية الأرض

Glacial	جليدي
Glaciation	تقدم الثلاجات
Generator	مولد
Geochronologic Units	وحدات الزمن الجيولوجي
Geologic Climate Units	وحدات المناخ الجيولوجي
Geologic Time Units	وحدات الزمن الجيولوجي
Graduation	تدرج
Granite	جرانيت ـ صخور نارية
Granules	حبيبات
Graphia	الكتابة
Graptolites	خطيات
Group	مجموعة

H

Hadal	هدال، أعماق سحيقة
Half life	نصف العمر
Hammer	مطرقة
Hand lens	عدسة يد، عدسة صغيرة
Heavy Minerals	معادن ثقيلة
Hiatus	فجوة، ثغرة
Hourglass	ساعة رملية
Hydrosphere	الغلاف المائي

I

Induced	مستحث
Igneous	ناري
Index Fossil	أحفورة دالة
Infra-	بادئة معناها تحت أو أدنى
Integrative	تكاملية

Interglaciation	الفترة البين الجليدية
Interpretation	تفسير
Interval	فترة
Intertonguing	تلاسن
Interzone	نطاق بيني
Intrazone	نطاق ضمني
Isochronous	بعمر واحد، متماثل العمر
Isolith map	خريطة نوع واحد من الصخور
Isopach map	خريطة سماكة الصخور

K

Key bed	طبقة دالة، الطبقة المفتاح

L

Lacustrine	بحيرية (بحيرات)
Lagoon	لاغون مستنقع بحري، بحيرة ساحلية
Laterolog	سجل جانبي
Lava	بركاني
Law of faunal & floral Succession	قانون تعاقب مجاميع الحيوانات والنباتات
Layer	طبقة
Leaked Fossils	أحافير متسربة
Legend	مفتاح الرموز
Lentil	عدسة
Lexicon	معجم كلمات مع معانيها
Lineage - Segment -Zone	نطاق ـ قطاع ـ النسل
Lineage -Zone	نطاق ـ تطور، نطاق ـ نسل
Lithology	صخري
Lithosome	مجاميع صخرية متداخلة
Limestone	حجر جيري

Lithostratigraphic Unit	وحدة طباقية صخرية
Lithosphere	غلاف صخري
Littoral	ساحل، ساحلي
Local	محلي، موضعي
Local - Range - Zone	نطاق ـ مدى ـ محلي
Low tide	الجزر
Lithofacies	سحنة صخرية
Lithologic Identity	نوعية الصخور

M

Magnatometer	قياس المغناطيسية
Magnetic electrostatic	الكهربائية الثابتة المغناطيسية
Magnetic shield	الدرع المغناطيسي
Marine	بحري
Marker	دال
Marker Horizon	مستوى دال
Marker Units	وحدات دالة
Marshes	مستنقعات
Mechanical log	سجل ميكانيكي
Member	عضو
Meso-	بادئة معناها وسط، وسطي
Mesozoic	حياة وسطية، متوسطة
Metamorphic	متحولة
Maps	خرائط
Microlog	سجل دقيق
Mini Zone	نطاق صغير
Mold	قالب
Moment	لحظة
Mollusca	الرخويات

Molting (Ecdysis)	انسلاخ
Morains	ركام (ترسبات الثلاجات)
Mud Cracks	التكسرات الحمائية
Monocline or Flexture	أحادي الميل
Mutation	طفرة

N

Natural gas	غاز طبيعي
Natural Selection	الاختيار الطبيعي
Nektonic	سابحة
Neritic (Sublittoral)	نريتية (تحت الساحلية)
Neptune	نيتون ـ إله البحر عند قدماء الرومان
Neptunisin Hypothesis	الفرضية المائية
Neptunists	المائيين
Neutron log	سجل نيوترون
Noachian Deluge	فيضان نوح
Nonconformity	اللاتوافق، عدم التوافق المتباين
Nuclei	نويات

O

Offlap	التنحي
Offspring	ذرية، نسل
Oppel - Zone	نطاق ـ أوبل
Order	رتبة
Oscillator Coil	ملف مُذَبْذِبْ
Outliers	مغتربة
Outcrop	مكشف صخري
Overlap	تداخل، اعتلاء
Overlap - Range - Zone	نطاق ـ مدى ـ متداخل

P

Pad	وسادة
Paleo-	بادئة معناها قديم
Paleoclimatic Changes	تغيرات مناخية قديمة
Paleoecolgy	بيئة قديمة
Paleontology	علم الأحافير
Paleozoic	حياة قديمة
Parastratigraphic Units	الوحدات المماثلة للوحدات الطباقية. الوحدات شبه الطباقية
Partial - Range - Zone	نطاق ـ مدى ـ جزئي
Peak Zone	نطاق قمة
Pedicle	العتق
Pedology	علم التربة
Pelagic	بحري، البحر المفتوح
Pelecypods	محاريات
Period	عصر، فترة
Permeable	نفّاذ
Petrography	علم وصف الصخور
Phanerozoic Eon	أبد الحياة الظاهرية
Photic	ضوئية، بها ضياء
Phylogenetric zone	نطاق تطور السلسلة
Phylozone	نطاق تطور، نطاق نشوء
Physical	فيزياوي، مادي، طبيعي
Phylum	شعبة
Pinch out	تضيق
Planktonic	طافية
Pluto	بلوتو، آلة باطن الأرض
Plutonism Hypothesis	الفرضية الباطنية
Palaeo geomorphological	جيومورفولوجية القديمة

Paleotetonic	جيولوجية القديمة
Paleogeologic	التكتونية القديمة
Percentage	مئوية
Polarity reversal	انعكاس قطبي
Porosity	مسامية
Primary	أولي
Primeval Ocean	المحيط الأولي
Primitive	بدائي
Protozoa	أحادية الخلية بروتوزوا

Q

Quantitative Spectroscopic	الطيفي الكمي
Quaternary	رباعي

R

Ratio	نسبة
Radiometric dating	تقدير العمر بالمواد المشعة
Range - Zone	نطاق مدى، امتداد
Rapid Method	الطريقة السريعة
Rare	نادر
Receiver Coil	ملف استلام
Reef	حاجز، حيد
Reference Section	مقطع مرجعي
Regional	إقليمي
Regression	تراجع
Resistivity	مقاومة
Resistivity log	سجل المقاومة
Reworking	إعادة نقل
Ripple - marks	القيم

Rotary drilling	الحفر الرجوي، الحفر بالدوران
Rock	صخرة

S

Sample	نموذج
Sand	رمل
Scanning Electron Microscope	المجهر الماسح الإلكتروني
Secondary	ثانوي
Slice	شريحة
Spacing	مسافة
Section Gauge	مقياس المقطع
Sedimentary	رسوبي
Sedimentation	ترسيب
Selective Dissolution	ذوبان انتقائي
Series	سلسلة
Sessile	طفل، سجيل
Shale	ثابتة
Signal	إشارة
Soil	تربة
Soil profile	قطاع تربة
Sond	مسبار
Species	نوع
Spectro-	بادئة معناها طيف
Spectrochemical	الطيف الكيميائي
Spectrographic	التشخيص بالطيف
Spontaneous Potential (SP.) (Self Potential)	الجهد الذاتي
Sequence	تتابع
Stage	مرحلة
Stalactite	ستلاكتايت، الهوابط

Stalagmite	ستلاكمايت، الصواعد
Stratified	مطبقة
Stratigraphy	علم الطبقات
Stratum	طبقة
Sub-	بادئة معناها تحت، أدنى
Subaqueous	تحت الماء
Subgroup	تحت المجموعة
Subtropical	شبه مداري
Subzone	تحت نطاق
Supergroup	فوق المجموعة
Superposition	التعلي
Supplementary	تكميلي، إضافي
Swamp (Paludal)	أهوار
System	نظام
Subcrop	تحت المكشف
Super crops	فوق المكشف
Stratigraphic	طبقية
Structure	تركيبية

T

Taxa	مصنفات
Taxon	مصنف
Taxonomy	تصنيف
Teil Zone (Topozone)	نطاق مدى محلي (موضعي)
Tertiary	ثلاثية (ترشري)
Terrestrial	أرض، أرضية
Thanatocoenosis	مشتركة الموت
Thermal Motion	الحركة الحرارية
Time	زمن

Time - correlation	مضاهاة زمنية
Time Unit	وحدة زمنية
Tongue	لسان
Topozone	نطاق مدى محلي (موضعي)
Trace	أثر
Transgression	تقدم
Transitional	انتقالي
Transitional Series	سلسلة انتقالية
Transmitter Coil	ملف إرسال
Traverse	مقطع
Turbidity Currents	تيارات العكرة
Type	مثال، نموذج
Type area	منطقة نموذجية
Type locality	موقع نموذجي
Type Section (Stratotype)	مقطع مثالي (نموذجي)
Type Specimen	نموذج مثال
Typical	مثالي
Tectonic Hinge	مفصل تكتوني
Tetrahedron	رباعي
Triangle	مثلث

U

Unconformable	غير متوافق
Unconformity	عدم توافق
Uniformitarianism	الوتيرة الواحدة

V

Variability	تغيرات
Vertical	عمودية

Vagrant	جوالة، تتحرك فوق القاع
Volcanic	بركاني

W

Well	بئر
Well log	سجل بئر
Winch	رافعة، ونش

Z

Zone	نطاق
Zone of Mammals	نطاق اللبائن
Zone of Reptiles	نطاق الزواحف
Zonule	زونيول

المصادر العامة

المصادر العربية

ـ **ابن أبي أصيبعة:**

عيون الأنباء في طبقات الأطباء

شرح وتحقيق الدكتور نزار رضا، منشورات دار مكتبة الحياة ـ بيروت 1965م

ـ **ابن سينا بن عبد اللّه:**

الطبيعيات والمعادن والآثار العلوية

تحقيق عبد الحليم منتصر وآخرون ـ القاهرة 1965م

ـ **البيروني، أبو الريحان محمد بن أحمد البيروني الخوارزمي:**

ـ **الآثار الباقية عن القرون الخالية**

طبعة لايبزك، 1923م

ـ تحقيق ما للهند من مقولة مقبولة في العقل أو مرذولة. . . . للبيروني بقلم أحمد الساداتي تراث الإنسانية، المجلد 3، 1965م ـ الدار المصرية للتأليف والترجمة.

ـ تحقيق ما للهند من مقولة مقبولة في العقل أو مرذولة. . . صحح عن النسخة القديمة المحفوظة في المكتبة الأهلية بباريس (مجموعة شيفر رقم 6080) مطبعة مجلس دائرة المعارف العثمانية بحيدر آباد ـ الهند. 1958م

ـ **حكمت نجيب عبد الرحمن:**

دراسات في تاريخ العلوم عند العرب

مؤسسة دار الكتب للطباعة والنشر ـ جامعة الموصل، 1977م.

ـ **عبد اللّه السياب:**

البيئة القديمة والتطبق الحياتي. .

مطبعة جامعة بغداد. . 1984م.

ـ **عبد اللّه السياب وجاسم علي الجاسم:**

علم الطبقات

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي ـ جامعة بغداد، 1980م.

ـ **عبد اللّه السياب ومحمد حسن عبد الحميد:**

جيولوجيا النفط.

مطبعة جامعة بغداد 1979م.

ـ **فاروق صنع اللّه العمري:**

تاريخ علوم الأرض

مؤسسة دار الكتب للطباعة والنشر ـ جامعة الموصل 1984م.

ـ **فاروق العمري، سمير أحمد عوض، جاسم علي الجاسم:**

الجيولوجيا الطبيعية والتاريخية.

مؤسسة دار الكتب للطباعة والنشر ـ جامعة الموصل ـ 1985م

ـ **فاروق العمري:**

مبادىء علم الطبقات. دار الكتب للطباعة والنشر ـ جامعة الموصل ـ 1987م

ـ **فاروق العمري وطارق عباوي:**

علم المتحجرات مؤسسة دار الكتب للطباعة والنشر ـ جامعة الموصل ـ 1982م

ـ **عبد الهادي الصائغ وفاروق العمري:**

الجيولوجيا العامة

مطبعة جامعة الموصل، 1977م.

ـ **محمد بيصار:**

الفلسفة اليونانية ـ مقدمات ومذاهب

دار الكتاب اللبناني ـ بيروت، 1973م.

ـ **الدكتور عبد اللّه السياب وجاسم علي الجاسم** 1980م، تحديث جاسم علي الجاسم والدكتور علي داؤد كبارة، 1989م. **علم الطبقات.** . وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. جامعة بغداد.

المصادر الأجنبية

- **Adams, F.D., 1938**
The birth & development of the Geological Sciences Dover publications, Inc, New York.
- **Al - Rawi, T.T., Sayyab, A.S., Jassim, J.A., Tammar Agha, M., al-Sammarai, A.I.,**
Karim, S.A., Basi.,M.A, Dhiab, S.H., Faris, F.M. And Anwar F., 1992, New Names for some of the Middle Miocene PlioceneFormations of Iraq (Fat'ha,Injana, Mukdadiya and Bai Hassan Fms).
Iraqi Geological Journal Vol. 25, No.1, PP. 1 - 17 (Issued 1993)
- **Al-Naqib, K.M., 1960**
Geology of the Southern Area of Kirkuk Liwa, IRAQ Second Arab Petroleum Congress, Beirut, October 1960.
- **Arabian Gulf., Geology & Productivity.**
Selected papers reprinted from AAPGBulls. &
Special publications.
Compiled by. Anthony E.L. Morris.
- **Bellen Van, Dunnington H.V., Wetzel R. & Morton, D.M., 1959.**
Lexique Stratigraphique International, Vol. III
ASIE, Fascicule 10a. IRAQ.
Centre National de la Recherche Scientifique
13, Quai Anatole France, Paris Vlle.
- **Berry, W.B., 1968.**
Growth of a Prehistoric Time Scale.
W.H. Freeman & Co., San Fransisco & London.
- **Billings, M.P., 1971.**
Structural Geology.
Prentice Hal Inc. Englewood. Cliis, New Jersey.
- **Bishop, M., 1960.**
Subsurface mapping
New York, John Wiley and Sons.
Murphey, Michael A. and Amos Salvador 1999.
International subcommission stratigraphic
Classification 1065, International commission

on stratigraphy.Episode vol. 22, No. 4, pp. 255- 270.

- **Bassett, M.G. 1979**, Lithostratigraphy, Biostratigraphy and chronostratigraphy: An example from British Silurian, Seriga Geologicheskaya, No. U-S, pp. 115- 122

- **Bolli and Cita, 1960.**
Planktonic Foraminifera Northern Italy.
Report of the 21st SessionNorden, 1960.
part V. TheCretaceous- Tertiary Boundary.

- **Buday, T., 1980.**
Stratigraphy and paleogeography
In: Kassab, I.I.M. and Jassim, S.Z., (eds.): The regional geology of Iraq,
SOM (D.G. Geol. Surv. Min Invest.), Baghdad, P. 445

- **Dunbar,C.O., and Rodgers. J. 1957.**
Principles of Stratigraphy
New York. John Wiley & Sons, Inc.

- **Dunnington, H.V, 1958.**
Generation, Migration, accumulation and dissipation of oil in northern Iraq.
In Weeks L.G. (ed.) Habitat of oil, Tulsa, Am.Asso Pet. Geol PP. 1194- 1257.

-**Eysinga, Van. F.W., 1970.**
Stratigraphic Terminology and Nomenclature, A guide For Editors & Authors.
Earth Science Review, Vol. 6, PP. 267 - 288.

- **Harland, W.B., Cox, A.V.; Pickton, C.A., Smith, A.G., and Walters, R., 1982.**
A Geologic Time Scale, Cambridge Univ. Press.

- **Hedberg. H., 1961 (editor)**
Sratigraphic Classification and Terminology
International
Geological Congress. Report of the 21 st session, Norden, Part xxv, 1960.

- **Hyne, N., J., 1984.**
Geology For Petroleum Exploration
Drilling and Production
Mac-GRAW W-Hill Book Co., New York.

- **International Subcommission on Stratigraphic Classification (ISSC)**
Preliminary Report on Lithostratigraphic Units
Report No. 3

Montreal, Canada, 1970.

- **ISSC.**

Preliminary Report on Stratotypes

Report N., 4.

Montreal, Canada 1970.

- **ISSC**

Preliminary Report on Biostratigraphic Units

Report No.5.

Montreal, Canada 1971.

- **ISSC**

Preliminary Report on Chronostratigraphic Units

Report No. 6.

Montreal, Canada 1971.

- **ISSC**

An International Guide to stratigraphic

Classification,Terminology & Usage.

Report No. 7, Oslo,1972.

Introduction to Schlumberger Well logging, 1958. Schlumberger Document No. 8.

- **James, G.A.,and Wynd, JG., 1965.**

Stratigraphic Nomenclature of Iranian Oil Consortium Agreement Area.

A APG. Bulletin, Vol. 49, No.12, PP. 2182 - 2245

98 Figs., 1 Table.

- **Kay,M., 1945.**

Paleogeographic and Palispastic maps

Am. Asso Petrol. Geol. Bull., Vol. 22, PP. 426 - 450.

- **Kirkadlu, J.F., 1971**

Geological Time

Oliver & Boyd Edinburgh.

- **Krumbein, W.C., and Sloss, L.L, 1963**

Stratigraphy and Sedimentation

W.H. Freeman & Co., San Francisco.

- **Kummel, B., 1970**

History of the Earth.

W.H. Freeman & Co. San Francisco.

- **Lahee,F.H., 1961**
Field Geology, 6th edition.
McGraw Book Co, Inc., New York. Toronto, London.
- **Leverson, A.I., 1933**
Studies in Paleogeology
Am. Asso. Petrol. Geol. Bull, Vol. 17, pp. 1107 - 1132.
- **Matthews III,W.H., 1964**
Fossils, An Introduction to Prehistoric Life
Barnes & Noble, Inc. New York.
- **Miller, M., 1970**
Mechanical Well Logging Methods
Virginia Minerals,Vol. 16, No. 4
- **Mintz. L.W. 1977**
Historical Geology
Charles E. Merrill Publishing Co., Columbus, Ohio.
- **Monroe, J.S.andWicander, R,. 1997**
Physical GeologyWest Publ. Co., St. Paul, MN, U.S.A.
- **Owen, R.M.S. and Nasr,S.N., 1958**
The Stratigraphy of the Kuwait-Basrah Area
In: Weeks, Gl., (ed.), Habitat of Oil a Symposium, Amer. Ass. Petrol.
Geol. Tulsa, pp. 1252 - 1278.
- **Pirson, S.J., 1963**
Handbook of well Log Analysis
For Oil & Gas Fn. **Technique**
Prentice Hall Inc.
- **Pollock C., Rexford. C.B., andNicoll. R., 1970**
Lower Silurian Conodonts From Northen
Michigan & Ontario.
Journal of Paleontology, V. 44, No. 4, pp. 743 - 764.
- **Sarton, G., 1959**
Introduction to the History of Science.
Volumes I & II Cambridge. Mass. Harvard Univ. Press.
- **Schlumberger Services Technique Schlumberger, 1972**
The Essentials of log interpretation practice
Printed in France.

- **Shlumberger Well Surveying Corporation, 1959**
Introduction to Schlumberger Well
Logging, Document No. 8.
- **Tarbuck E., J., & Lutgens, F.K., 1982**
Earth Science 3rd edition
Charles E. Merrill Publishing Co., A Bell & Howell Co.,
Columbus Ohio.
- **Treatise on Invertebrate Paleontology**
Part C, Edited by R.C. Moore, 1964
- **Weller, J.M. 1960**
Stratigraphic principles and practice
New York, Harper & Brothers.
- **Murphey,** Michael A,and Amos Salvador 1999, International subcommission stratigraphic Classification, International Commission on stratigraphy, Episodes, Vol. 22,no. 4, pp. 255- 270.
- **Bassett,** M.G. 1979, Lithostratigraphy, Biostratigraphy and chronostratigraphy. An example from British Silurian, Seriya Geologicheskaya, No. 4- 5, pp. 115- 122.

فهرس المحتويات

المقدمة ٥

الفصل الأول
الطباقية أو علم الطبقات

علاقة علم الطبقات بالعلوم الأخرى ٧
نبذة تاريخية ٩
البابليون ١٠
الإغريق ١٠
زينوفينس ١٠
زانثوس وهيرودوتس ١٠
أرسطو ١١
الرومان ١١
العصور المظلمة والوسطى ١١
العرب والمسلمون ١١
ابن سينا ١٢
عصر النهضة ١٧
ليوناردو دافنشي ١٨
نيكولاس ستينو ١٩
روبرت هوك ٢٠
تنظيم العمود الطباقي ٢٢
يوهان ليمان ٢٣
جورج فوكسل ٢٤
أبراهام فرنر ٢٤
فرضية فرنر ـ الفرضية المائية ٢٤

١ ـ أولى الطبقات المترسبة من المحيط سماها الصخور الابتدائية أو البدائية ... ٢٥
٢ ـ سلسلة الصخور الانتقالية ٢٥
٣ ـ السلسلة الطباقية (المتطبقة) ٢٥
٤ ـ السلسلة الفيضية ٢٥
٥ ـ السلسلة البركانية ٢٥
جيمس هتن ٢٦
فرضية هتن ـ الفرضية الباطنية ٢٦
لايل ٢٨
وليم سميث ٣١
لامارك ٣١
كوفييه ٣٢
دارون ٣٢
دي فريز ٣٣

الفصل الثاني
التقسيم الطباقي والوحدات الطباقية الصخرية

التقسيم الطباقي ٣٥
اللجنة الطباقية ٣٦
أصناف الوحدات الطباقية ٣٧
١ ـ الوحدات الطباقية ـ الصخرية ٣٧
حدود الوحدة ـ الصخرية ٣٨
امتداد الوحدة الطباقية الصخرية والمقطع النموذجي ٣٨
المقطع النموذجي ٣٨
الموقع النموذجي أو المنطقة النموذجية ٣٨
المقطع النموذجي الإضافي ٣٩
علاقة الوحدات الطباقية الصخرية بالتاريخ الجيولوجي ٤٠
استقلالية الوحدة الصخرية عن مفاهيم الزمن الجيولوجي ٤١
النطاق ٤١
حدود الوحدات الطباقية الصخرية ٤٣

حدود الوحدات الطباقية الصخرية في تعاقب متدرج ٤٣
التسمية حين تغير السحنات ٤٣
الحدود المشخصة بطرق ميكانيكية ٤٤
عدم التوافق والفجوات ٤٤
أقسام الوحدات الطباقية الصخرية ٤٥
التكوين ٤٥
تسمية التكوين ٤٧
سمك التكوين ٤٧
العضو ٤٨
استحداث عضو ٤٩
تسمية العضو ٤٩
الطبقة ٥٠
تسمية الطبقة ٥٠
طبقة بلمر الفحمية ٥٠
الطبقة الدالة، الطبقة المتميزة ٥١
الجريان ٥١
العدسة ٥١
المجموعة ٥١
مجموعة كركوك ٥٢
التكاوين في جنوب العراق ٥٣
التكاوين في جنوب شرق الكويت ٥٤
المقطع النموذجي ٥٤
التغير في درجة الوحدة الطباقية الصخرية ٥٤
فوق مجموعة ٥٤
تحت مجموعة ٥٥
تسمية الوحدات الطباقية الصخرية ٥٥
تكوين تانجيرو ـ شرانش ٥٥
مصدر الاسم الجغرافي ٥٦
الاستغناء عن جزء من الاسم ٥٦

استخدام عبارة صخرية بسيطة ٥٦
الأحرف الكبيرة ٥٦
تغيير أسماء المظاهر الجغرافية ٥٧
اختفاء المظهر الجغرافي ٥٧
الأسماء في أقطار مختلفة ولغات مختلفة ٥٧
الحدود السياسية ٥٧
الخطوات المستخدمة لاستحداث وحدة طباقية صخرية رسمية ٥٧
مثال: تكوين بلاني ٥٨
الإضافات الضرورية لوحدات مستحدثة تحت السطح ٥٩
الموقع ٥٩
النشريات المقبولة ٦٠
الإشارة إلى أسماء سبق وأن نشرت ٦١
أسماء الوحدات السطحية وتحت السطحية ٦١
قانون الأولوية في التسميات ٦٢
إعادة النظر في تقسيم أو تسمية الوحدات الطباقية الصخرية ٦٢
الوحدات الطباقية ـ الترابية ٦٤
وحدات المناخ ـ الجيولوجي ٦٥
الغاية من هذه الوحدات ٦٥
المضاهاة ٦٧
الوحدات المماثلة للوحدات الطباقية ٦٨
المكونات المعدنية الثقيلة ٦٨
فصل المعادن الثقيلة ٧٠
مجاميع المعادن الثقيلة ٧١
البقايا الغير الذائبة ٧١
العناصر النادرة (القليلة) في الصخور الرسوبية ٧٢
الطرق الجيوفيزيائية ٧٣
الوحدات الدالة ٧٤
طرق مضاهاة الوحدات الطباقية الصخرية ٧٧
تعقب الطبقات الصخرية ٧٨

تطابق الصفة الصخرية ٨٠
استعمال الأحافير ٨١
الموقع في تعاقب طباقي ٨١
العلاقات التركيبية ٨٢
النقصان في سجل المتحجرات ٨٢
المتحجرات ذات الأعمار المتنوعة ٨٣
وضع تسميات جديدة لبعض تكاوين المايوسين الأوسط ـ البلايوسين في العراق ٨٥
(تكاوين فتحة، إنجانة، المقدادية، باي حسن) ٨٥
تكوين فتحة ٨٦
ـ السمك ٨٧
تكوين إنجانة ٨٧
الاسم المرادف ٨٧
المقطع المثالي ٨٨
الخصائص الصخارية ٨٨
حدود التماس ٨٨
المظاهر الإقليمية ٨٨
السمك ٨٨
تكوين المقدادية ٨٨
المقطع المثالي ٨٩
السمك ٨٩
الخصائص الصخارية ٨٩
حدود التماس ٨٩
المظاهر الإقليمية ٨٩
تكوين باي حسن ٩٠
الاسم المرادف ٩٠
المقطع المثالي ٩٠
السمك ٩٠
الخصائص الصخارية ٩٠
حدود التماس ٩٠

المظاهر الإقليمية ٩٠

الفصل الثالث
الوحدات الطباقية الحياتية

«النطاق الحياتي» ٩١
الوحدات الطباقية الحياتية ٩١
الأهمية الطباقية للمتحجرات ٩٣
المتحجر الدال ٩٣
العلاقة بين الوحدات الحياتية والوحدات الصخرية ٩٣
العلاقة بين الوحدات الطباقية الحياتية والوحدات الطباقية الزمنية ٩٤
النطاق ٩٦
الآفاق الحياتية أو المستويات الحياتية ٩٨
أنواع الوحدات الطباقية الحياتية ٩٩
١ ـ نطاق التجمع ١٠٠
مثال طباقي ١٠١
حدود نطاق التجمع ١٠٢
أهمية نطاق التجمع ١٠٢
التسميات المترادفة ١٠٣
درجات تقسيم الوحدات الطباقية الحياتية ١٠٣
تحت نطاق ١٠٣
زونيول ١٠٤
نطاق الامتداد (أو المدى) ١٠٤
نطاق ـ مدى ـ مصنف ١٠٥
حدود نطاق ـ مدى ـ مصنف ١٠٦
نطاق مدى محلي (موضعي) ١٠٦
التسمية والمقاطع المرجعية ١٠٧
أهمية نطاق ـ مدى ـ مصنف ١٠٧
نطاق المدى المشترك (المتداخل) ١٠٨
أهمية النطاق ١٠٩

اسم النطاق ١١٠
حدود النطاق ١١٠
نطاق أوبل ١١٠
حدوده ١١٢
المقطع النموذجي ١١٢
الاسم ١١٢
نطاق السلالة (النسل) ١١٢
التسمية ١١٣
أنطقة الذروة (القمة): (..... ١١٦
الأحرف الإنكليزية في نهاية الجدول هي ١١٩
النطاق البيني: والنطاق القاحل ١٢٤
نطاق المدى الجزئي ١٢٤
طريقة استحداث وحدات طباقية حياتية ١٢٥
مراجعة الوحدات الطباقية الحياتية ١٢٦
التداخل في امتدادات الوحدات الطباقية الحياتية ١٢٧
العلاقة بين الوحدات الطباقية الحياتية والانعكاسات المغناطيسية ١٢٧
المضاهاة الطباقية الحياتية ١٢٨
ملاحظات إضافية حول الوحدات الطباقية الحياتية ١٢٨
الاستعمال الرسمي وغير الرسمي ١٢٨
الأسبقية (الأولوية) ١٢٩
أسماء المتحجرات ١٢٩
الفاصلة أو الشارحة ١٣٠
الأحرف الكبيرة ١٣٠
طرق مضاهاة الوحدات الطباقية الحياتية ١٣٠

الفصل الرابع
الوحدات الطباقية الزمنية

«الأنطقة الزمنية» ١٣٥
الوحدات الطباقية الزمنية ١٣٥

تعريفها ١٣٥
تحديد العلاقات الزمنية موضعياً ١٣٥
تثبيت مقياس مثالي، طباقي زمني على مستوى عالمي ١٣٦
طبيعة الوحدات الطباقية الزمنية ١٣٦
السطح الطباقي الزمني ١٣٧
علاقة الدراسة الطباقية الزمنية بعلم الطبقات ١٣٧
العلاقة بين الوحدات الطباقية الزمنية والوحدات الزمنية الجيولوجية ١٣٧
عبارات الوحدات الزمنية الجيولوجية والطباقية الزمنية ١٣٩
التسميات الرسمية والغير الرسمية ١٤٢
المستويات الطباقية الزمنية الدالة (المستويات الزمنية) ١٤٢
أ ـ طرق تشخيص الوحدات الطباقية الزمنية ١٤٣
ب ـ حدود المقاطع النموذجية ١٤٣
جـ ـ وحدة المقطع النموذجي ١٤٤
الامتداد الجغرافي لحدود الوحدات الطباقية الزمنية ١٤٤
أ ـ طبيعة الحدود الطباقية الزمنية ١٤٤
ب ـ المضاهاة ـ الزمنية ١٤٤
أ ـ أدلة المضاهاة الزمنية ١٤٥
ب ـ المتحجرات ١٤٦
حساب عمر الأرض وأزمنة العمود الجيولوجي ١٤٨
الزمن في علم الأرض ١٤٩
الزمن النسبي والمطلق ١٤٩
السنوات والفصول ١٥٠
حلقات النمو في النباتات والحيوانات ١٥٠
الحلقات الحولية ـ التسجيلات الرسوبية للتغير الموسمي ١٥٢
المحاولات العلمية لتقدير عمر الأرض ١٥٢
١ ـ محتويات المحيطات من الأملاح ١٥٢
٢ ـ حساب سمك الرواسب ١٥٤
٣ ـ النظائر المشعة ١٥٥
٤ ـ الانعكاس المغناطيسي (مغناطيسية الأرض) ١٥٩

٥ ـ التغيرات المناخية القديمة ١٦٠
٦ ـ الجغرافية القديمة والتغير العام في مستوى البحر ١٦٠
المضاهاة الطباقية الزمنية ١٦٠

الفصل الخامس
الوحدات الطباقية المغناطيسية

المجال المغناطيسي للأرض ١٧٣
الانحرافات «التجوال» ١٧٨
الفترات القطبية ١٧٨
أدلة انعكاس المجال الأرضي ١٨٠
١ ـ المغناطيسية في الصخور المتحولة بالتماس ١٨٠
٢ ـ وجود قطبية آنية واحدة حول الأرض ١٨٠
٣ ـ وجود تسجيل كامل مستمر لتبدلات المجال مقاس
في تتابع صخري مستمر ١٨١
أسماء وأرقام الأزمان القطبية ١٨١
الحساسية المغناطيسية ١٨٥
اكتساب الصخور لأنواع مختلفة من المغناطيسية المتبقية الطبيعية ١٨٧
ـ المغناطيسية المتبقية المتساوية الحرارة ١٨٧
ـ المغناطيسية المتبقية اللزجة ١٨٧
ـ المغناطيسية المتبقية الحرارية ١٨٨
ـ المغناطيسية المتبقية الرسوبية ١٨٨
ـ المغناطيسية المتبقية التبلورية أو الكيميائية ١٨٨
ـ المغناطيسية المتبقية الإجهادية ١٨٩
تطبيقات المغناطيسية القديمة ١٨٩
٢ ـ المغناطيسية القديمة كدليل على زحزحة القارات ١٩١

الفصل السادس
المجاميع الحياتية والتوزيع الجغرافي للأحياء

مقدمة ١٩٧

علم المتحجرات ومدلولاته الطباقية والبيئية ١٩٧
الحاضر مفتاح المستقبل ١٩٨
أنواع أغلفة الأرض ١٩٨
علم البيئة وأهميته ١٩٩
المجاميع الحياتية الحية ١٩٩
المجاميع الحياتية الميتة ٢٠٠
التوزيع العمودي للأحياء ٢٠٠
البيئات البحرية والعوامل المؤثرة عليها ٢٠٠
التوزيع الجغرافي للأحياء ٢٠٢
١ ـ طرق التوزيع والانتشار ٢٠٢
٢ ـ الموانع للانتشار ٢٠٢
٣ ـ تأثير الموانع ٢٠٢
توزيع الأحياء زمنياً ٢٠٣
تصنيف الأحياء ٢٠٤

الفصل السابع
البيئات الرسوبية وتوزيعها الأحيائي

علم المتحجرات الطبقي ٢٠٧
البيئة ٢٠٨
تقسيم البيئات الرسوبية ٢٠٩
١ ـ البيئة القارية ٢٠٩
٢ ـ البيئة الانتقالية ٢١٠
٣ ـ البيئة البحرية ٢١٠
أولاً: البيئة القارية ٢١٠
أ ـ البيئة الأرضية ٢١٠
١ ـ البيئة الصحراوية ٢١٠
٢ ـ البيئات الجليدية (الثلاجات) ٢١٢
ب ـ بيئة الترسبات المائية أو المحاليل ٢١٢
١ ـ بيئة الترسبات النهرية ٢١٢

٢ ـ بيئة بحيرية (بحيرات) ٢١٣
٣ ـ بيئة الأهوار والمستنقعات ٢١٣
٤ ـ بيئة الكهوف ٢١٤
٢ ـ بيئة الترسيب الانتقالية ٢١٤
أ ـ بيئة الدلتا ٢١٤
ب ـ بيئة البحيرات الشاطئية ـ اللاغون ـ ٢١٥
جـ ـ بيئة الشاطىء (الساحل) ٢١٦
٣ ـ البيئة البحرية ٢١٦
البيئة النريتية : أو ما بعد الشاطىء ٢١٧
بيئة الأعماق ٢١٨
بيئة الأعماق الكبيرة ٢١٩
بيئة الأعماق السحيقة ٢١٩
الأدلة على البيئة القديمة ٢٢٠
الدليل الصخري ٢٢٠
الدليل العضوي ٢٢٠
النباتات الأرضية ٢٢٢
النباتات الطافية ٢٢٣
الطحالب الكلسية ٢٢٣
الفورامنيفرا (المنخريات) ٢٢٤
الشعاعيات ٢٢٥
الإسفنجيات ٢٢٥
شعبة معويات الجوف ٢٢٦
الستروماتو بوروريد ٢٢٧
الطحلبيات ٢٢٧
المسرجيات ٢٢٨
الرخويات ٢٢٨
البطنقدميات (القواقع) ٢٢٩
التاريخ الجيولوجي ٢٢٩
الرأسقدميات ٢٢٩

المحاريات ٢٣٠
ثلاثية الفصوص (الترايلوبيت) ٢٣٠
الأوستراكودا ٢٣١
عقارب البحر ٢٣١
شوكيات الجلد ٢٣٢
الخطيات (الكرابيولايت) ٢٣٢
النوع في المفهوم البايولوجي (علم الأحياء) ٢٣٣
النوع في علم المتحجرات ٢٣٣
تحت النوع الجغرافي والنوع الجغرافي ٢٣٥
النوع الزمني (الطباقي) وتحت النوع الزمني ٢٣٦

الفصل الثامن
العلاقات الطباقية

العلاقات الطباقية ٢٣٧
المجاميع الصخرية المتداخلة ٢٣٧
أشكال المجاميع الصخرية المتداخلة ٢٣٨
العلاقات العمودية للمجاميع الصخرية المتداخلة ٢٣٩
١ ـ العلاقات العمودية المتوافقة ٢٣٩
أ ـ التغير التدريجي المزدوج ٢٣٩
ب ـ التغير التدريجي لنوع واحد ٢٤٠
تكون أسطح عدم التوافق وأشكالها ٢٤٢
٢ ـ العلاقات الطباقية (العمودية) غير المتوافقة ٢٤٢
أ ـ عدم التوافق الزاوي ٢٤٣
ب ـ عدم التوافق المتوازي ٢٤٤
جـ ـ عدم التوافق المتباين (اللاتوافق) ٢٤٤
عدم التوافق المحلي والإقليمي ٢٤٥
أدلة تمييز عدم التوافق الطبقي ٢٤٥
أ ـ المدملكات القاعدية ٢٤٦
ب ـ حجر الصوان المتبقي نتيجة للتعرية ٢٤٦

ج ـ مقطع التربة المدفونة ٢٤٧
أ ـ منطقة الكلوكونايت ٢٤٧
ب ـ الحصى المحتوي على الفوسفات ٢٤٨
٢ ـ الأدلة المتحجرة على عدم التوافق ٢٤٨
٣ ـ الأدلة التركيبية ٢٤٩
٤ ـ أدلة الخرائط الطبقية ٢٤٩
العلاقة الجانبية بين الكتل الصخرية ٢٥٠
١ ـ التلاسن ٢٥٠
التضيق الجانبي: الأشكال الوتدية ٢٥١
التدرج الجانبي ٢٥١
التغير العمودي والجانبي المركب ٢٥٢
تقدم وتراجع البحر ٢٥٢
الاعتلاء والتنحي ٢٥٢

الفصل التاسع
السحن والخرائط الطبقية

السحن والتغيرات السحنية ٢٥٥
الخرائط السحنية ٢٥٦
استعمالات السحنات ٢٥٦
أهمية تجميع المعلومات تحت السطحية وتأثيرها ٢٥٧
الحدود السحنية ٢٥٨
أ. السحنات المتجانسة ٢٥٨
ب. السحنات غير المتجانسة ٢٥٨
الخرائط الطبقية ٢٦١
تنظيم البيانات لرسم الخرائط ٢٦٢
تصنيف الخرائط الطباقية ٢٦٥
الخرائط التركيبية الكونتورية ٢٦٨
خرائط السماكة أو خرائط السمك المتماثل ٢٧٠
تفسير خرائط السماكة ٢٧٦

الخرائط الجيومورفولوجية القديمة ٢٧٨
الخرائط الجيولوجية القديمة ٢٧٩
الخرائط السحنية ٢٨١
أ ـ الخرائط السحنية لنوع واحد من الخطوط ٢٨٢
أ ـ ١ : خارطة سماكة نوع واحد من الصخور ٢٨٢
أ ـ ٢ ـ خارطة النسبة المئوية ٢٨٤
ب ـ الخرائط السحنية لأكثر من نوع واحد من الصخور ٢٨٤
ب ـ أ ـ العلاقة بين اثنتين من المكونات اللثولوجية ٢٨٤
ب ـ ٢ ـ العلاقة بين ثلاث من المكونات اللثولوجية ٢٨٤
ب ـ ٣ ـ العلاقة بين أربع من المكونات اللثولوجية ٢٨٧
جـ ـ خرائط التغيرات العمودية ٢٨٧
جـ ـ ١ ـ موقع وسمك وتكرار أحد أنواع الصخور ٢٨٩
جـ ـ ٢ ـ درجة التعاقب بين الطبقات ٢٨٩
الهندسة الداخلية والمكونات ٢٨٩
الخرائط المشتقة والمركبة والمستنتجة ٢٩٠

الفصل العاشر
الدراسات الطباقية السطحية وتحت السطحية

الدراسات الطباقية ٢٩٣
التهيؤ للعمل الحقلي ٢٩٣
وصف وقياس المقاطع ٢٩٤
قياس سمك الطبقات الصخرية ٢٩٥
١ ـ الطبقات الأفقية ٢٩٥
٢ ـ الطبقات المائلة ٢٩٦
جمع النماذج ٢٩٦
الدراسات المختبرية ٢٩٨
المضاهاة الطباقية الحياتية ٣٠٠
الدراسة الجيوكيمياوية ٣٠٠
أ ـ المعادن الثقيلة ٣٠٠

ب ـ البقايا غير الذائبة ٣٠٠
جـ ـ تحليلات غير مباشرة ٣٠٠
التحليل الحراري التفاضلي ٣٠٠
والأشعة السينية المنكسرة ٣٠٠
المقاطع العمودية ٣٠١
رسم المقاطع الطباقية العرضية ٣٠١
مخطط السياج ٣٠٥
المقطع الجيولوجي ٣٠٦
دراسة تحت سطح الأرض ٣٠٦
١ ـ الحفر المطرقي، الحفر بالدق ٣٠٦
٢ ـ الحفر الرحوي، الحفر بالدوران ٣٠٦
ب ـ فحص اللباب ٣٠٨
سجلات الآبار ٣٠٩
السجل الميكانيكي للبئر ٣١١
السجلات الكهربائية ٣١١
سجل الجهد الذاتي ٣١١
منحنيات المقاومة ٣١٣
سجلات الإشعاع ٣١٥
سجل أشعة گاما ٣١٥
سجل منحني النيترون ٣١٧
سجل الحث (التوصل) ٣١٩
مقياس سجل التوصيل ٣٢٠
سجل الصوت ٣٢٠
السجل الجانبي ٣٢٤
السجلات الدقيقة ٣٢٦
سجل قياس المقطع ٣٢٧

الفصل الحادي عشر
طباقية التتابع

مقدمة ٣٢٩

مفاهيم أولية ٣٢٩
معمارية التتابع ٣٣٠
عناصر التتابع ٣٣٢
حد التتابع ٣٣٢
أشباه التتابع ٣٣٥
مسارات الأنظمة ٣٣٧
السحنات ٣٣٩
الحدود ٣٤٠
رتب التتابعات ٣٤١
الخلاصة ٣٤٣
المعجم ٣٤٥
المصادر العربية ٣٦١
المصادر العامة ٣٦١
المصادر الأجنبية ٣٦٣
فهرس المحتويات ٣٦٩