منشورات جامعة دمشق
كليـــــة العـــلوم

علم الطبقية (٢)

(الستراتيغرافيا العامة وطرائقها)

الدكتور
كمال محيّ الدين حسين
أستاذ في قسم الجيولوجيا

جامعة دمشق
١٤٣٢ ــ ١٤٣٣هـ
٢٠١١ ــ ٢٠١٢ م


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

علم الطبقية (٢)

(الستراتيغرافيا العامة وطرائقها)

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفهرس

الموضوع	الصفحة
المقدمة	٩
الفصل الأول: مبادئ علم طبقات الأرض	١٥
١-١- مبادئ علم طبقات الأرض أو الستراتيغرافيا:	١٧
١- ١-١- مبدأ الواقعية (أو مبدأ شارل لايل، (١٨٣٠-١٨٣٣).	١٩
١-١-٢- مبدأ نقص السجلين الستراتيغرافي والباليونتولوجي أو (مبدأ تشارلز دارون ، ١٨٥٩).	٢٠
١-١-٣- مبدأ لا انقلابية التطوّر الجيولوجي والبيولوجي،أو (مبدأ دوللو، ل. ، ١٨٩٣).	٢٢
١-١-٤- مبدأ الحقيقة الموضوعية للتقسيمات الستراتيغرافية وعدم قابليتها للتكرار أو (مبدأ ل. ل. خالفين، ١٩٦٠).	٢٤
١-١-٥- مبدأ تعاقب تشكّل الأجسام الجيولوجية أو (مبدأ ن. ستينون، ١٩٦٩).	٢٦
١-١-٦- مبدأ تَغَيُّرْ عمر الحدود العليا للأجسام الجيولوجية (مبدأ غالوفكينسكي، ١٨٦٨).	٢٧
١-١-٧- مبدأ الانتقال الجانبي للسحنات ذات العمر الواحد(مبدأ غريسلي- رينيفي، ١٨٨٤).	٢٩
١-١-٨- مبدأ التصنيف والمضاهاة البيواستراتيغرافية (مبدأ ف.سميث، ١٨١٦- ١٨١٧).	٣٣

١-١-٩- مبدأ الهوية البالیونتولوجية أو (مبدأ جيرو- سولافي ١٨٦٠- سميث ١٨٨٠). ٣٥

الفصل الثاني ٣٧

منطلقات رئيسية في علميّ الصخور والترسيب

٢-١- مفهوم الزمن في الجيولوجيا ٣٩

٢-١-١- وحدات الزمن الجيولوجي ٤٠

٢-١-٢- تواقت الحوادث الجيولوجية وتعاقبها ٤٣

٢-١-٣- مقياس الزمن الجيولوجي ٤٤

٢-٢- الوحدات (التقسيمات) الستراتيغرافية وقوانين تحديد الأعمار الجيولوجية ٤٩

٢-٢-١- التقسيمات الستراتيغرافية (الطبقية) ٤٩

٢-٣- الجداول (المقاييس) الكرونواستراتيغرافية العالمية ٥٢

٢- ٣-١- الجدول الكرونواستراتيغرافي الكوكبي بناء على التوضعات الرسوبية البحرية ٥٣

-جدول استراتيغرافي عالمي (كوكبي) للاتحاد الدولي للعلوم الجيولوجية مع مضاهاة زمنية جيولوجية ومغناطيسية- طبقية. ٥٨

-جدول زمني جيولوجي لأمريكا الشمالية من إعداد الجمعية الجيولوجية الأمريكية. ٦٣

٢-٣-٢- أصول التسمية العالمية للوحدات الستراتيغرافية ورموزها ٦٤

٢-٤- بعض الأوضاع الليتولوجية والترسيبية العامة ٦٨

٢-٤-١- تصنيف الصخور الرسوبية ونظام توزعها: ٦٩
٢-٤-٢- التطبق ٧٦
٢-٤-٣- خصائص توضع السماكات الرسوبية- عدم التوافقات والثغرات ٨٦
٢-٤- ٤- أشكال توضعات الصخور الرسوبية ١٠٠
٢-٤- ٥- السحنة ١٠٥
٢-٤- ٦- التشكيلة ١١٤
٢-٤- ٧- أسس دراسة توضعات الدور الرباعي ١١٨
٢-٤- ٨- المستحاثات وبعض قوانين التسمية النباتية والحيوانية ١٣٤

الفصل الثالث ١٤١

طرائق دراسة طبقات الأرض أو طرائق الستراتيغرافيا

٣-١-تحديد أعمار الصخور ١٤٣
٣-٢- طرائق تحديد العمر النسبي للصخور ١٤٧
٣-٢- ١- الطرائق اللامستحاثية في علم طبقات الأرض (الجيولوجية – الستراتيغرافية) ١٤٧
٣-٢-٢- الطرائق المستحاثية في علم طبقات الأرض ١٦١
٣-٢-٣: طرائق البحث الطبقية الحيوية ١٦٥
٣-٢-٤: الأسس الرئيسة للطرائق المستحاثية في علم طبقات الأرض ١٦٧

٣-٢-٥ : قوانين العملية التطورية ١٦٨
٣-٢-٦: توزع البقايا المستحاثية للمتعضيات في المقطع ١٧٦
٣-٢-٧: أثر بعض المجموعات المستحاثية في علم الطبقية ١٨٠
٣-٢-٨: التصنيف البيواستراتيغرافي للمقاطع ٢٠٤
٣-٢-٩: المضاهاة البيواستراتيغرافية ٢١٨
٣-٢- ١٠: طرائق المضاهاة البيوستراتيغرافية (المدرستان السوفيتية والروسية) ٢٣٢
٣-٢-١١: طرائق المستحاثات المجهرية- طريقة عزل المستحاثات الصغيرة المقاومة للحموض عن البقايا غير القابلة للانحلال ٢٥١
٣-٢-١٢: المضاهاة البيواستراتيغرافية بالاستناد إلى تحليل المجموعات المستحاثية النباتية والحيوانية ٢٥٩
٣-٢-١٣: المضاهاة الطبقية ٢٧٥
ملحق فهرس الأشكال INDEX ٣٠٥
المصطلحات العلمية (انكليزي – عربي) ٣١١
المراجع العربية والأجنبية ٣٣٩

Damascus University

المقدمة

إنّ علم طبقات الأرض، أو اختصاراً علم الطبقية Stratigraphy، هو أحد فروع علم الجيولوجيا التاريخية Historical geology. تهتم الستراتيغرافيا بمنشأ الصخور الرسوبية وطرائق توضعها في الزمكان وبالعلاقات المتبادلة بين الطبقات الصخرية وبتعاقبها وتشكلها وبتصنيفها وبتحديد التقسيمات الجيولوجية في اطار جداول طبقية محلية وعالمية.

يمكن إرجاع بدايات هذا العلم إلى الحدود بين القرنين الثامن عشر والتاسع عشر، على الرغم من أن **البدايات الإيجابية لهذا العلم قد بدأت قبل ذلك بكثير. ففي أعماق الماضي البعيد**، توجه الاهتمام إلى دراسة الخصائص الدورية Rhytmic لبعض الظواهر الطبيعية المرتبطة بتطور الأرض. إنّ هذا الطابع الدوري يظهر على أنه أحد القوانين التي تجد تطبيقاً معاصراً لها اليوم. فهي تستخدم الآن في تحديد الوحدات الجيوكرونولوجية Geochronological subdevesion، أي وحدات الزمن الجيولوجي، وما يقابلها من وحدات استراتيغرافية Stratigraphic، وقد لاحظ أرسطو الظاهرة الدورية Periodicity منذ القرن الرابع للميلاد، فأشار إلى أن البحر واليابسة لم يكونا دائماً في ذات الأمكنة التي يحتلها كل منهما الآن. وهكذا يمكن الوقوف على التغيرات المتعاقبة في تطوّر مناطق مستقلة يحل بعضها مكان الآخر وفق نظام محدد. وقد عرف العلماء العرب منذ القدم ظاهرة تناوب البحر واليابسة في أمكنة محددة مراراً وتكراراً مع مرور الزمن "**فأشاروا إلى ظاهرتي انغمار اليابسة وانحسار مياه البحر**". (جودة، ٢٠٠٤)*

إن مجموعة من الأفكار الألمعية ذات العلاقة الوثيقة بعلم الطبقية الإحيائية (أو الحيوية) Biostratigraphy، وهو (علم يدرس طبقات الأرض على أسس

---

*جودة، محمد غريب، ٢٠٠٤، عباقرة علماء الحضارة العربية والإسلامية، مكتبة الأسرة، مصر.

حيوية، أي بناءً على ما تحتويه من مستحاثات نباتية وحيوانية وسياق تطورها خلال الزمن الجيولوجي)، جاءت على يديّ ليوناردو دافنشي (١٤٥٢-١٥١٩) أيضاً. فقد لاحظ دافنشي- بشكل صحيح-أن بقايا الحيوانات والنباتات المستحاثة Fossil، التي تتضمنها الصخور المتكشفة في المناطق المرتفعة (الجبلية)، تمثل بقايا حيوانات لا تعيش مطلقاً إلا في البحار. وأن تلك البحار كانت – في الماضي- تتمركز في نفس المواقع التي تحتلها الآن بالضبط السلاسل الجبلية الشاهقة، أو اليابسة بشكل عام. وقد كان من الأهمية بمكان، إشارة دافنشي إلى أهمية التتابع الملحوظ في تطبق الصخور. إذ أن دراسة تلك التتابعات ساعدت في الوقوف على المسارات التدريجية لتاريخ تطور هذه أو تلك من مناطق القشرة الأرضية. إلا أن هذه الآراء لم تُعْطَ ما تستحقه من الأهمية من قبل معاصري دافنشي، كما أنه قد مضى زمن طويل جداً، قبل أن تأخذ الأجيال اللاحقة بهذه الآراء.

وإنه لِمَنْ الأهمية بمكان، توجيه الاهتمام المناسب للمنجزات التي تحققت في حقل الستراتيغرافيا، على يدي نيكولا ستينون، ١٦٣٨- ١٦٨٧. ففي سنة ١٦٦٩أخرج إلى النور كتابه المعروف – حول المنتجات الصلبة للأرض-، وقد تضمن بعض النقاط التي نعدها الآن مفاهيم بديهية. بينما كانت تعدّ لحظة ظهورها اكتشافاً علمياً فائقاً وخطوة هامة وضرورية لتطور العلوم الجيولوجية بشكل عام. وقد كان في عداد أهم المواضيع التي طرحها ستينون، موضوع استنباط المبدأ الستراتيغرافي في تصنيف المقاطع الجيولوجية. ويتضمن هذا المبدأ (أو القانون الكلاسيكي) ما يلي:

إذا كانت طبقة صخرية ما تتوضع فوق طبقة أخرى، فإن الطبقة السفلى تكون أقدم عمراً، أما الطبقة العليا فتكون أحدث عمراً. وقد أشار إلى التوضع المائل للطبقات بناء على ملاحظاته، معتبراً إياه ثانوياً أو تالياً.

في هذا المجال يجب ملاحظة أن ستينون لم يعطِ إحصاءً للمبادئ التي تمكن من اكتشافها في حقليّ الجيولوجيا والستراتيغرافيا فقط، بل كان يحاول استخدام هذه المبادئ في اتجاه تطبيقي. فقد كتب مخطوطاً حول تاريخ التطور الجيولوجي المتعاقب لمنطقة (توسكانا)، قَسَّمَ فيه هذا التاريخ التطوري إلى ستة أدوار. إلا أن ذلك التقسيم لم يكن بمثابة التصنيف الستراتيغرافي كما نفهمه اليوم، كما لم يكن الأمر بمجمله ليمثل بأي معنى من المعاني جدولاً استراتيغرافياً Stratigraphic Chart. إلا أن الأطوار التي تم تحديدها على أساس دراسة تعاقب الطبقات ضمن المقطع، أعطيت أهمية عالمية من قبل ستينون. وذلك عندما حاول نشر هذه الأطوار وتطبيقها في مناطق بعيدة جداً عن المنطقة التي وضعت من أجلها (توسكانا).

منذ منتصف القرن الثامن عشر بدأ ظهور أوائل الجداول الستراتيغرافية، وكان هذا بمثابة محاولات أولية تهدف إلى تصنيف صخور القشرة الأرضية وفق زمن تشكلها. وأحد تلك الجداول وضعه جيوفاني أردينو (١٧١٤- ١٧٩٥)، بروفيسور الكيمياء الميتالورجية والمينيرالوجيا في كل من فينيسيا وبادوفا (إيطاليا). ففي سنة ١٩٦٠ اقترح أردينو تمييز أربعة أنماط من الجبال، دون أن يكون لديه أية وحدات استراتيغرافية واضحة تتوافق مع مراحل محددة من تطور الكرة الأرضية.

بعد فترة من أردينو، اقترح يوهان غوتليب ليمان جدولاً جديداً خاصاً به (١٧٠٠- ١٧٦٧). وذلك سنة ١٧٦٢، خلال اجتماع أكاديمية بطرس بورغ للعلوم، ولكنّ جدوله حمل طابعاً دينياً (انجيلياً) صريحاً . وحسب ليمان صنفت الصخور المكونة لقشرة الأرض كافةً ضمن مجموعتين فقط:

١- الجبال الموجودة منذ خلق العالم.

٢- الجبال التي تشكلت بعد طوفان نوح.

في عام ١٧٦٢، وبشكل متزامن تقريباً، طرح جورج كريستيان فوكسل (١٧٢٢- ١٧٧٣) جدولاً استراتيغرافياً أرفقه بدراسة حول التاريخ

الجيولوجي لمنطقة (تورنجيا). صنف فيه فوكسيل كافة التشكيلات الرسوبية في تسعة زمر **Series**، أو سماكات، بدءاً من الكربوني. معطياً لكل سماكة وصفاً للمستحاثات المرشدة بالإضافة إلى التركيب الليتولوجي المُميّز والتغيرات التي طرأت عليه. كما تمكن من تمييز طبقات تحمل في طياتها بقايا كائنات قارية وأخرى حاملة لبقايا العضويات البحرية فقط. لكنه لم يستطع التوصل إلى تحديد العمر النسبي للصخور بالاعتماد على المستحاثات الحاوية عليها. كما أنه اكتشف أن تشكل سماكات صخرية كبيرة يتطلّب وقتاً طويلاً من الزمن. يضاف على ذلك ملاحظته- وإن كان بشكل بدائي- ما نسميه بقانون وحدة التشكل **Uniformitarism**. وهكذا يمكن ملاحظة أن أكثر المفاهيم التي وضعها فوكسيل لا تزال تحتفظ حتى الزمن الراهن بقيمتها العلميّة من الوجهتين النظرية والتطبيقية.

لقد اكتشف فوكسيل لأول مرة في تاريخ علوم الأرض، عنصر الزمن Geologic Time، كما أوجد ما يمكن تسميته لأول مرة تقسيمات استراتيغرافية. وبذلك، فقد أبدع طلائع التصانيف الصخرية، وهو ما نسميه اليوم بتقسيمات الزمن الجيولوجي Geochronologecal subdivisions أو التصنيف الزمني Chronological classification، وفق مفهومنا المعاصر. وهكذا يمكن اعتبار فوكسيل بحق أحد المؤسسين الأوائل لعلم الستراتيغرافيا.

ونقوم فيما يلي باستعراض المفاهيم الستراتيغرافية لمدرستين جيولوجيتين رئيسيتين ازدهرتا خلال النصف الثاني من القرن الثامن عشر. وهكذا نجدنا مضطرين للتطرق، -ولو بشكل مختصر- إلى وجهة نظر أفرام غوتليب فيرنر (١٧٥٠- ١٨١٧)، الذي كان معروفاً كرئيس للمدرسة النبتونية Neptunism. يتصور أتباع فيرنر، أن الصخور الرئيسة كافة نتجت اعتباراً من مياه المحيط العالمي الذي يطوق الأرض تطويقاً كاملاً. لذلك يجب أن تكون هذه المجموعات متماثلة

في الأهمية والتوزع في المناطق كافة. لقد شملوا ضمن هذه المجموعات الصخرية توضعات ذات أعمار ووضع استراتيغرافي مختلفين. وهكذا فقد ضمّن النيبتونيون في صميم تقسيماتهم الستراتيغرافية أفكاراً قديمة، حتى بالنسبة لأيامهم. حيث كانت أفكار أنصار المدرسة الأخرى المناهضة للنيبتونية وهي البلوتونية Plutunism تنمو وتترعرع.

قسم فيرنر صخور القشرة الأرضية إلى أربع مجموعات :

١- الجبال الأولية (صخور كيميائية المنشأ) ترسبت ضمن مياه البحر.

٢- الصخور الانتقالية، ارتبط تشكلها بانخفاض مستوى البحر.

٣- الصخور المتطبقة، وتتكون بصورة رئيسية من مواد حطامية.

٤- مجروفات ومنقولات حديثة العمر.

كما وضع فيرنر على أساس هذا التصور جدولاً استراتيغرافياً ثم قام فيما بعد بتعديله، مما جعله يبدو كما لو كان مقياساً أو جدولاً استراتيغرافياً عاماً. وبهذه الصورة المختصرة، نكون قد لخصنا الأفكار الرئيسية لأتباع النبتونية.

من جهة أخرى، طرح جيمس جيتون (١٧٢٦- ١٧٩٧) رئيس المدرسة البلوتونية، تصوره في كتابه المعروف نظرية الأرض The Earth Theory، الذي ظهر خلال سنة ١٧٩٥. يؤكد جيتون أن الأرض لم تكن تتمتع في جميع الأوقات بنفس المظهر الذي تبدو عليه الآن. بل إنها تعرضت وتتعرض مع مرور الزمن لتغيرات مستمرة ودون انقطاع. وفي أساس هذه المقولة — حسب جيتون- يكمن تأثير عمليتين بشكل رئيسي:

١- العملية الأولى: عملية تدمير اليابسه Earth Distruction وتخرب الصخور وإعادة توضعها في مواقع جديدة.

٢- العملية الثانية: عملية تصلب الرسوبات ونهوضها نتيجة قوى داخلية Endognic ينتج عنها طيّ هذه التوضعات وتكوين قارات جديدة.

إن أهم وأثمن ما في تصورات جيتون من الوجهتين الستراتيغرافية

والبيواستراتيغرافية، يتمثل في آرائه حول الامتداد المغرق في القدم والطويل الأجل للزمن الجيولوجي Geologic time، وقد مهّد هذا المفهوم إلى إدخال مفهوم التطوّر Evolution في أساس المقولات العلمية. وقد نتج عن إدخال هذه المفاهيم، بدء تطور بعض الاتجاهات الجيولوجية، فقد حظيت الجيوكرونولوجيا (أو علم الزمن الجيولوجي) Geochronology ومجموعة العلوم البيولوجية التطوّرية بأهمية بالغة وتقدم سريع. ويتواقت هذا مع بزوغ فجر القرن التاسع عشر.

وهكذا فإن الجداول الستراتيغرافية التي صيغت خلال القرن الثامن عشر، كانت تعتمد أساساً على الخصائص الليثولوجية للصخور وعلى تعاقب طبقات هذه الصخور المنظور أو المفترض في ذلك الوقت كانت الجيولوجيا تفتقد مفهوم العمر النسبي وكذلك مفهوم تعاقب الطبقات الطبيعي. إلا أن تطور الجيولوجيا، وعلى وجه الخصوص التصور الخاص بضخامة الزمن الجيولوجي، قد أدّى إلى ظهور تلك المفاهيم على الحدود بين القرنين الثامن عشر والتاسع عشر.

أما خلال القرن الماضي، فقد تبلورت أدقّ مفاهيم علم الستراتيغرافيا، كما توضحت علاقاتها بالعلوم الأخرى. ساعد على ذلك تطور الوسائل التقنية المستخدمة في البحث الجيولوجي بشكل عام والذي من أمثلته تطور وسائل تحديد العمر الجيولوجي لصخور القشرة الأرضية، سواء أكان الأمر يرتبط بالعمر النسبي أم بالعمر المطلق. وقد تكلل ذلك بوضع صيغة مقياس استراتيغرافي عالمي Global stratigraphic chart يقترب بشكل أو بآخر من الصيغة المعاصرة أو النهائية.

المؤلف

أ. د. كمال محيّ الدين حسين

****

الفصل الأول

مبادئ علم طبقات الأرض

Principles of Stratigraphy

١-١- مبادئ علم طبقات الأرض أو الستراتيغرافيا:

١-١-١- مبدأ الواقعية .

١-١-٢- مبدأ نقص السجلين الستراتيغرافي والباليونتولوجي .

١-١-٣- مبدأ لا انقلابية التطوّر الجيولوجي والبيولوجي.

١-١-٤- مبدأ الحقيقة الموضوعية للتقسيمات الستراتيغرافية وعدم قابليتها للتكرار .

١-١-٥- مبدأ تعاقب تشكّل الأجسام الجيولوجية .

١-١-٦- مبدأ تَغَيُّرْ عمر الحدود العليا للأجسام الجيولوجية .

١-١-٧- مبدأ الانتقال الجانبي للسحنات ذات العمر الواحد .

١-١-٨- مبدأ التصنيف والمضاهاة البيواستراتيغرافية .

١-١-٩- مبدأ الهوية الباليونتولوجية .

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

مبادئ علم طبقات الأرض
Principles of Stratigraphy

١-١- مبادئ علم طبقات الأرض أو الستراتيغرافيا Stratigraphy:

اِشْتُقَّتْ عبارة استراتيغرافيا من عبارتي: stratum أي طبقة و graph أي وصف أو تسجيل ويقابلها في العربية **علم طبقات الأرض الّذي اشتغل عليه عدد من العلماء العرب والمسلمين بالتأكيد** . وهو أحد أقسام الجيولوجيا التاريخية، الذي يتناول التعاقب التاريخي والتوزع الجغرافي للصخور بأنواعها كافةً: الرسوبي Sedimentary Rocks والناري Igneous والمتحوّل Metamorphic Rocks التي تدخل في تركيب القشرة الأرضية Earth crust، وعلاقاتها المتبادلة. كما تهتم الستراتيغرافيا بتوضيح ودراسة المراحل الطبيعية لتطور الأرض، وما تتضمنه من مادة حية نباتية Flora[١] وحيوانية Fauna[٢].

إن أحد أهمّ أهداف الستراتيغرافيا هو الوقوف على خصائص التعاقب الأولي للصخور ودراسة أشكال توضعها والعلاقات المرتبطة بعمرها، بالنسبة لقطاعات محددة من قشرة الأرض، وكذلك الظروف الطبيعية التي تلقي الضوء على تطوّر قشرة الأرض. وهي كذلك تمكننا من حلّ مشاكل الجيولوجيا البنيوية والمسح الجيولوجي وأعمال التنقيب عن الثروات الطبيعية، وتسهل على قواعد مكينة الخلوص إلى وضع جدول استراتيغرافي محلي Local من جهة، وجدولٍ آخر

---

[١] Flora: من الرومانية، وفلورا هي إلهة الأزهار وتكتب Flora والكلمة اسم وتكتب أيضاً بالنهايات (ras- rae- وتلفظ (ري) ومعنى الكلمة العلمي هو النباتات المحلية في منطقة ما أو فترة زمنية من تاريخ الأرض.

[٢] Fauna: من اللاتينية وهي كلمة مرادفة لكلمة Faunvs، اسم بالنهايات وتكتب أيضاً (nas- nae، وتلفظ (ني). ومعناها الحيوانات المميزة لمنطقة ما أو لزمن ما.

كوكبيّ Global من جهة أخرى. وأخيراً، فهي كنظام علميّ تدرس الستراتيغرافيا نظام تعاقب السحنات والتشكيلات والتتابعات الجيولوجية، سواء أكان ذلك في إطار مناطق محددة أم من منظور أو إطار إقليمي.

بعد هذا التعريف المختصر بعلم طبقات الأرض، ننتقل إلى تناول مبادئ هذا العلم، الذي ينظر إليه كفرعٍ مستقلٍ ضمن مجموعة العلوم الجيولوجية. وسنتلمّس الطريق بهدوء للتعرف على طرائق هذا العلم في البحث والدراسة العلمية، والتي هي هدف هذا الكتاب.

نقصد بمبادئ علم طبقات الأرض أو الستراتيغرافيا، المقولات الرئيسة التي تعتمد عليها الحالات الأكثر خصوصية في ذلك العلم. ولن نستخدم في سبيلنا لتوضيح هذه المسألة اصطلاحاتٍ جاهزة، فقد تبيّن بالخبرة العلمية، أن هذه المصطلحات تفتقر إلى الدقة في أغلب الأحيان. ليس في حقل الجيولوجيا فقط، بل وفي العلوم الأخرى كافةً. وهكذا، سنعفي أنفسنا من استخدام تعابير مثل (قوانين)، (أسس علمية)، (تشريعات) إلى غير ذلك من المفاهيم. ولعل لنا العذر في ذلك-لأن ما نسميه قانوناً في الجيولوجيا، لا يعادل في مفهومه عبارة قانون في العلوم الدقيقة كالرياضيات مثلاً.

يضاف إلى ذلك، أن الاطلاع على وجهات نظر مختلف الباحثين يؤكد الاختلافات الصريحة لدى هؤلاء في فهم مدلولات مبادئ الستراتيغرافيا، فلدى الجيولوجيين الأمريكيين مثل: ك. دانبار و ج. روجرز تُفتقد – في مؤلفاتهما- **مبادئ الستراتيغرافيا**، ونجد بدلاً عن ذلك مجموعة **من المبادئ الخاصة بالجيولوجيا والليثولوجيا والسيديمنتولوجيا وعلم السحنات وغير ذلك.**

هناك حالة أخرى، وهي أن بعض المؤلفين يتجاهلون "**مبادئ الستراتيغرافيا**" ويستعيضون عن ذلك بـ "**طرائق البحث الستراتيغرافية**"، بينما آخرون يجملون

المبادئ مع طرائق البحث. **إن عملية الخلط بين المبادئ والأسس أمر خاطئ**، وهو ليس القاعدة في الستراتيغرافيا على أية حال، **لأن طرائق البحث يجب أن تستنتج من المبادئ وليس العكس بصحيح على أية حال.**

نقوم فيما يلي باستعراض المبادئ الرئيسة للستراتيغرافيا:

١-١-١- مبدأ الواقعية Prenciple of Actualism

(أو مبدأ شارل لايل، ١٨٣٠- ١٨٣٣):

يطلق على هذا المبدأ أيضاً اسم مبدأ وحدة التشكل Uniformitarism، وتعود الفكرة إلى ج.غيتّون، الذي قدم منذ نهاية القرن الثامن عشر أول تركيب للمعلومات الجيولوجية. وذلك في كتابه **نظرية الأرض** (١٧٨٨- ١٧٩٥). ولكن من الطبيعي أن يكون شارل لايل هو واضع هذا المبدأ باعتراف الجميع، إذ يعود إليه الفضل في صياغته للمرة الأولى. وقد جاء ذلك في كتابه **أسس الجيولوجيا** (١٨٣٠- ١٨٣٣). وينص مبدأ الواقعية على ما يلي: (**إن طبيعة القوى المؤثرة فوق سطح الأرض وكذلك تحته الآن، قد تكون مطابقة في طبيعتها وشدتها لتلك القوى التي أدت في الأحقاب المغرقة في القدم إلى أحداث تغيرات ذات طبيعة جيولوجية**). لقد لعب اعتماد مبدأ ة الواقعية في الجيولوجيا دوراً هاماً وإيجابياً في تطور مجموعة العلوم الجيولوجية ككل. إذ أن فهم حوادث **الزمن الحاضر** يساعد بشكل فعّال على استجلاء خصائص الحوادث الجيولوجية التي وقعت في **الزمن الماضي**، كما يساهم في رسم صورة **مستقبل** الأحداث الجيولوجية. وبنفس الوقت يساعد فهم الماضي في إيضاح أسباب وآليات الحوادث الجيولوجية الحاضرة بشكل من الأشكال و/أو يؤهلنا لتفسيرها بشكل صحيح.

١-١-٢- مبدأ نقص السجلين الستراتيغرافي والباليونتولوجي

Principle of stratigraphic and Palaeontologic Records Inadequacy أو (مبدأ تشارلز دارون ، ١٨٥٩):

يعدُّ هذا المبدأ أحد أهم مبادئ الستراتيغرافيا، وقد أورده دارون في الفصل العاشر من كتابه **أصل الأنواع** الذي طُبِعَ ونُشِرَ في عام ١٩٥٨. ويشير فيه - لأول مرة - إلى أن طبقات القشرة الأرضية لا تتضمّن إلا النذر اليسير من سجلّ التاريخ الجيولوجي، أما القسم الأعظم من الزمن الجيولوجي، فقد تمثل على شكل ثغرات استراتيغرافية Stratigraphic Hiatus. إذن، هناك حلقات يمكن اعتبارها مفقودة في تاريخ الأرض. وتجدر هنا ملاحظة أنه، إلى جانب الثغرات الكبرى المسجلة ضمن قشرة الأرض على شاكلة عدم توافقات Unconformity، أو ثغرات استراتيغرافية، هناك ثغرات صغرى لا يمكن إحصاؤها، كونها لم تترك أثراً يذكر ضمن السجل الطبقي أو اللثولوجيّ- الصخريّ. لقد ارتُكِبَ في تاريخ البحث الجيولوجي أخطاءٌ كبرى، تسبب فيها جيولوجيون عديدون **لأنهم لم يأخذوا تلك الثغرات بعين الاعتبار في تفسيراتهم الجيولوجية لفهم صورة الحوادث الجيولوجية بشكلها الواقعي.**

إن عدم تمام أو كمال السجل الجيولوجي كما يفهمه دارون، ينضوي فيه شقان:

١- شقّ استراتيغرافي صخري، مفادهُ أن المقاطع الجيولوجية ناقصة، أي أن هناك طبقات صخرية محذوفة من المقاطع، وتوافق هذه مجال ثغرات ترسيبية.

٢- شقّ باليونتولوجي، والمقصود به، أن تتابع ظهورالمستحاثات التي تحتويها الطبقات الصخرية في سياق تاريخي، يفتقر إلى الكمال. أي أن هناك بقايا مستحاثية: نباتية وحيوانية **محذوفة من السجلّ العام لتطور وتتابع ظهور المادة**

الحية النباتية والحيوانية، ولا أثر لها ضمن المقاطع الصخريّة. على هـذه الصـورة يكون السجلّ البيولوجي ناقصاً، لذا لم يصلنا منه إلا النذر اليسير. أما الكثرة الغالبة منه، فقد تعرضت للاندثار، دون أن تترك أثراً لها، ويعود هذا لأسباب عديدة.

ومعنى هذين الشقين، أننا لن نستطيع الاعتماد على السـجلين السـتراتيغرافي والمستحاثي من رسم صورة ماضي الأرض الجيولوجي من الوجهتين الليثولوجيـة والبيولوجية بشكل كامل تماماً. وينتج هذا عن عدم معرفتنا بأنماط الفلورا والفاونا (النباتات والحيوانات على الترتيب) كافةً، التي قطنت سطح الأرض عبر الماضـي الجيولوجي البعيد والوسيط وصولاً إلى الوقت الحاضر.

يعترض آ. شو (Show – ١٩٦٤) على مقولة نقص السجلّ البـاليونتولوجي، وذلك في كتابه "الزمن في الستراتيغرافيا" ويعتبر أن التقدم التقني قد مكن الباحثين من الكشف عن كائنات حية لا يضعها الباليونتولوجيون في حسابهم. إلاّ أن هذا لا يعدّ نقصاً صريحاً معترفاً به لمقولة نقص السجلّ المستحاثي، التي نرى أنها لا تـزال صالحة وفاعلة ومنطقية. ومعنى هذا تأكيد أهمية الطرائق البالونتولوجية في البحـث الستراتيغرافي.

يفسر دارون نقص السجلّ المستحاثي في كتابه **أصل الأنواع** الفصل العاشـر (حول فقر المجموعات المستحاثية) بأن ظروف الإحاثة لا تكون متوفرة دائماً ، ففي الأوساط البحرية، تتلف وتتفسخ أكثر البقايا العضوية أو الهشة، حتى الصلب منها، كقواقع الرخويات وهياكل الأسماك وما شابهها. حيث يذيب كلسها مـاء المطـر المحمل بحمض الفحم. كما أن التلف يصيب البقايا العضوية المتناثرة على السواحل وقرب الشواطئ بسبب المدّ والجزر. يضاف إلى ذلك أن السماكات الكبرى مـن الرسوبيات التي استغرق تشكلها فترات هائلة من الزمن، تفتقر بشكل كامـل إلى

المستحاثات، ويضرب مثالاً على ذلك التشكيلات الفليشية Flysch[1] Formation. ويضيف دارون: (إذا كان هذا هو حال تكوّن المستحاثات في الأوساط البحرية، فإن شروط الحفظ على اليابسة أسوأ بكثير، لذلك فإن معلوماتنا عن المستحاثات القارية فقيرة جداً ومتقطعة). ويعزي دارون أمر نقص السجل المستحاثي إلى الثغرات الستراتيغرافية، هذا بالإضافة إلى ما تقدم ذكره من أسباب. فخلال هذه الثغرات التي لم تتراكم فيها الرسوبيات أو التي أزيلت خلالها الرسوبات، بالحت والتعرية، حدث أمر آخر لا يقلّ خطورة، ألا وهو ضياع الفرصة أمامنا في العثور على أية تفاصيل تمكننا من إعادة بناء أحداث التاريخ الجيولوجي للأرض. ويميز دارون هنا بين نمطين من الثغرات:

أ- **الثغرات بين التشكيلاتية** Interformational Hiatus[2]

ب- **الثغرات ضمن التشكيلاتية** Intraformational Hiatus[3].

١-١-٣- مبدأ لا انقلابية التطوّر الجيولوجي والبيولوجي

Principle of Unreversibility of Geological and Biological Evolution Process ، أو (مبدأ دوللو، ل. ، ١٨٩٣):

إن جدلية التطوّر وحتميته قادتا العالمين المادي والعضوي بشكل مستمر إلى انتقال متلاحق ومتتابع من الأشكال البسيطة نحو الأشكال الأكثر تعقيداً وتطوراً (ارتقاءً). ويمكن أن نتخذ من تطوّر العالم الحيّ مثالاً على ذلك. فلقد بدأت الحياة

---

[1] Flysch: فليش، نشأ هذا المصطلح في سويسرا، ويستخدم فقط للتعبير عن الرسوبات المرتبطة بالحقبة الألبية لتشكل الجبال. وتستخدم العبارة لوصف الرسوبات التي نتجت عن حت البنى المطوية الناهضة والتي هي قيد التطور، والتي تؤدي تبعاً لذلك في مراحل لاحقة إلى انتاج البنى المطوية ذاتها.

[2] Hiatus: كلمة مرادفة لكلمة Gap (اسم)، ومعناها فتحة أو نافذة أو ثغرة.

[3] Intra: أي في داخل الشيء.

بأبسط أشكالها ضمن المجمعات المائية، على نمط متعضيات بسيطة التكوين والبنية هي وحيدات الخلية، دون القدرة على التفريق – أن ذاك– بين كائنات نباتية Plants وأخرى حيوانية Animals، ويعدّ ظهور الإنسان المفكر Homo sapiensis، أي ذلك الإنسان الذي نتحدر نحن منه، تتويجاً لهذا التاريخ التطوري المعقّد ذي الحلقات المتلاحقة. وكما تدلّ الوقائع، فإنه يستحيل أن يصيب هذا المنحى التطوّري أي تغيير في اتجاهه العام، كأن يَعْكِسَ اتجاههُ مثلاً، أو أن يعود القهقرى إلى الوراء، إلى حيث بدأ. وبصيغة أخرى، العودة إلى الأنماط البيولوجية البسيطة الأولى من وحيدات الخلية. بعد كل التقدم الذي تحقق في تطوّر العالم الحيّ، خلال ملايين السنين. من هنا تم استنباط مفهوم **مبدأ عدم الرجوع في منحى التطوّر أو لا انقلابيته**. ويتضمن هذا المبدأ إقراراً بأن التطوّر يتميز بشكل عام بطابع إيجابي دوماً وليس العكس. ولعلّ سبب هذه الخاصّة هو أن أحد أبرز الخصائص الدافعة والمحفزة لعملية التطور تتمثل بالتراكم الكميّ الذي يترتب عليه تغيّرٌ نوعيٌّ مع الزمن. ومما يدل على ذلك، أن الأشكال الأكثر تطوّراً تتضمن في ذاتها — دوماً– بعض خصائص الأسلاف التي تقف في بداية شجرة تطور العالم الحيّ، أي في بداية سلم التطوّر.

إن هذه الحقيقة تمنع التطوّر من النكوص أو العودة إلى الوراء القهقرى. وينطبق ذلك، بنفس الطريقة ولنفس الأسباب، على التاريخ الجيولوجي، بما فيه التكوّن الصخري Lithogenese. وليس تآكل وفساد الرسوبيات بالحت والتعرية وإزالتها من أماكن تشكلها عودة إلى الوراء في عملية التطوّر. بل هي أحداث طبيعية منطقية تبررها مجموعة من العوامل الديناميكية الخارجية والداخلية في القشرة الأرضية المستمرة التأثير في تلك القشرة أو في الغلاف الصخري للأرض، والتي تمارس تأثيرها في أحواض الترسيب هنا أو هناك من سطح الكرة الأرضية.

يثير هذا المبدأ في أذهاننا حقيقة أخرى، ألا وهي انتفاء إمكانية تكـــرار الحـــدث التطوّري مرة أخرى وبنفس الصيغة التي تم عليها في الماضي. ويطلق على هذه المقولة اسم **مبدأ التفرّد** أو (مبدأ (جيرو/ سولافي- سميث). وسوءا أكان الأمر يتعلّق بتطوّر الليتوسفير أم البيوسفير، وعلى الرغم من حدوث عمليات تبدو ظاهريـــاً متشـــابهة، مئات المرات (كثورات البراكين مثلا)، إلاّ أنها تختلف في واقع الأمر بعضها عن بعض في كلّ حالة. إذ تقف خلف كلّ حادثةٍ أسباب ودوافع معقدة لا حصر لها، تقود إلى نتائج يمكن اعتبارها خاصّة بدورها. وبذا ينتفي احتمال أو إمكانية تكرار الحـــوادث بشكل كامل إلا صدفةً. ولعل السرّ في عدم قابلية الرجوع إلى الـــوراء في العمليـــة التطورية هو هذه الخاصة السابقة الذكر **مبدأ التفرّد** التي تتصف بها عمليـــة تطـــوّر العالمين المادي والعضوي.

١-١-٤- مبدأ موضوعية التقسيمات الستراتيغرافية وعدم قابليتها للتكرار

Principle of Objectivity of Stratigraphic Subdivisions and it's Non- reversibility

أو (مبدأ ل. ل. خالفين، ١٩٦٠)

يتضمّن هذا المبدأ قاعدتين اثنتين معاً، وقد كان البعض يعتبرهما مبدأين مستقلّين وهما:

آ- قاعدة موضوعية التقسيمات الستراتيغرافية.

ب- قاعدة عدم تكرار تقسيمات الجداول الستراتيغرافية.

تظهر المقولتان السالفتيّ الذكر، ارتباطاً وثيقاً ببعضهما الـــبعض. إذ أن كافـــة التقسيمات الستراتيغرافية أو الستراتونات Stratons تثبّـــت نتـــائج الحـــوادث الجيولوجية المتنوّعة، كما تعكس بشكل موضـــوعي أهـــداف هـــذه الحـــوادث. فالستراتونات المتعددة – في مقطع استراتيغرافي- تُحَدِّدُ بشكلٍ متسلسل، التتابعات

المضطردة للحوادث الأرضية والإحيائية وفق الزمن الجيولوجي. أي أنها بعبارة أخرى، تعكس تاريخ العمليات التطوّرية. إن الفرق بين التقسيمات الستراتيغرافية الإقليمية –Regeonal subdivisions– وبين الستراتونات، في المقياس الستراتيغرافي الموحد Global Stratigraphic chart يتلخص في أن الأولى تعكس شرائح خاصة أو محلية من الزمن، أما الثانية، فتقوم بعملية تركيب – Synthes– لهذه الشرائح، ضمن صورة كوكبية لتاريخ الأرض التطوريّ. لذلك لا يجوز أن يتناقض المقياس الستراتيغرافي الموحد مع المقاييس الستراتيغرافية المحلية أو الإقليمية، تماماً كما لا يجوز تناقض العام مع الخاص والعكس صحيحٌ أيضاً.

آ– **موضوعية التقسيمات الستراتيغرافية (الستراتونات)**: تُصِرُّ المدارس الجيولوجية المعاصرة، على أن يكون تحديد (أو وصف) التقسيمات الستراتيغرافية (الستراتونات) بعيداً عن عوامل الافتراض والصدفة. ويجب أن ينبع هذا العمل ليس من منطلق الملائمة الشكلية أو أن يكون افتراضياً فقط. بل يجب أن يهدف إلى الكشف الموضوعي لحقيقة مجريات التاريخ الجيولوجي. فالتقسيمات الستراتيغرافية يجب أن تتحدد بطريقة تتناسب مع المراحل الحقيقية لتاريخ الأرض التطوّري بشكل عام، ومع مراحل تطوّر مناطق محددة منها بشكل خاص. ويجب أن يستند ذلك كله على تضافر مختلف القرائن، التي تُظْهِرُ بشكل موضوعي، مراحل المسار التاريخي لتطوّر الأرض، هذا بالإضافة إلى إيضاح خصوصية تلك المراحل في كافة أرجاء تلك الأخيرة. وبذلك، فالمقياس أو الجدول الستراتيغرافي **يعبّر عن نتائج الحوادث الجيولوجية للماضي**، التي وقعت في مختلف المراحل الطبيعية لتطوّر الغلاف الصخري أو الليتوسفير.

ب– عدم تكرار الستراتونات: إن تقسيمات الزمن الجيولوجي – في المقياس الستراتيغرافي الكوكبي أو العام (لا تتكرر مع الزمن، إما لأن الظروف التي أدّت إلى

تطوّرها غير قابلة للتكرار، أو لأن القرائن التي أدت إلى تحديد هذه التقسيمات غير قابلة للتكرار. كما أنها لا تتكرر في المكان، لأنه ليس من الضروري أن تخضع مختلف الأمكنة إلى تكرار في نمط الحوادث الجيولوجية). وبذلك فالتقسيمات الستراتيغرافية الإقليمية (أو المحلية) غير قابلة للتكرار، طالما أنها تمثل أجزاء من المقياس الستراتيغرافي العام (أو الموحد) أي من وحدات الزمن الجيولوجي.

نستنتج مما تقدم، أنه بإمكاننا التوصل إلى صياغة مبدأ الحقيقة الموضوعية للتقسيمات الستراتيغرافية وعدم قابليتها للتكرار على النمط التالي: **(إن التقسيمات الستراتيغرافية- الستراتونات- تمثل النتائج الحقيقية للحوادث الجيولوجية وتعكس بموضوعية وصدق أهداف تلك الحوادث التي لا تقبل التكرار في الزمان والمكان)**. إن المغزى التطبيقيّ لهذا المبدأ، يتلخص في ضرورة التزام الموضوعية التامة لدى تحديد وتصنيف التقسيمات الستراتيغرافية، والابتعاد عن المنطلقات الشكلية والوضعية ذات الأغراض الآنية، والتي تسيء إلى طبيعة البحث الجيولوجي ونوعيته.

١-١-٥- مبدأ تعاقب تشكّل الأجسام الجيولوجية Principle of Superposition أو (مبدأ ن. ستينون، ١٩٦٩)

يُعْرَفُ هذا المبدأ في المراجع الجيولوجية بمدأ تعاقب succession الطبقات أو تتابعها Superposition ويعود ذلك لفترة طويلة من الزمن. وقد ورد في أطروحة نيكولا ستينون (١٩٦٩) في مجرى بحثه حول عمليات التطبق Stratification. إلا أن هناك اتجاهاً حديثاً يهدف إلى توسيع مجال استخدام هذا المبدأ. أي إلى خارج حدود استخدامه الشائع. في دراسة تطبق السماكات الرسوبية، نحو استخدامه في دراسة تعاقب تشكل الأجسام الجيولوجية بشكل عام، حتى المبلور منها. إذا أن ستينون نفسه، يشير في أبحاثه إلى استخدام هذا المبدأ

(يسميه ستينون قانوناً) في دراسة العلاقات المتبادلة بين الأجسام الجيولوجية، التي تنتسب إلى نمط التشكيلات الماغماتية والمتحوّلة.

إن الصيغة القديمة لهذا المبدأ تبدو كما يلي: ((**لدى توضع غير مُشَوَّهْ، فإن كل طبقة تقع في الأسفل تكون أقدم عمراً من الطبقة التي تغطيها**)). ولكن البعض يعتقد، بأن تلك الصيغة تبدو الآن غير ملائمة، غير أننا نورد هذا مع التحفظ. وحسب رأي هؤلاء، تجب صياغة المبدأ على الشكل التالي: **إن العمر النسبي لجسمين متماسّين ضمن تكوين محدد، يتم تعيينه بالضرورة بعلاقتهما المكانية الأولية (خالفين، ١٩٦٧)**.

عبارة **توضّع غير مشوّه** في مبدأ ستينون، تعبّر عن التعاقب الطبيعي في توضّع الطبقات ضمن مقطع طبيعي (أي لم يخضع لأي تشويه تكتوني أو غيره). ويتلائم هذا واقعياً مع التسلسل التاريخي لتشكل هذه الطبقات. إن عالم الطبقات والمستحاثات الروسي **مين** ينتقد عبارة خالفين **العمر النسبي**، التي وردت سابقاً ويعدها غير ملائمة. ويعتقد أن عبارتي (أقدم / أحدث) التي أوردها ستينون أقوى دلالةً. ولكن، مهما تكن الملاحظات على الصيغة التي أوردها ستينون، فإن المبدأ الذي وضعه يبقى ممثلاً لروح الستراتيغرافيا ويعد أقوى قوانينها أو مبادئها (حسب تعبيره).

١-١-٦- مبدأ تَغَيُّرْ عمر الحدود العليا للأجسام الجيولوجية:

Principle of Upper Baundary age Variability of Geological Bodies

(مبدأ غالوفكينسكي، ١٨٦٨)

يكمن في صميم هذا المبدأ مقولة اختلاف زمن تشكل الطبقات المتماثلة ليثولوجياً، وبعبارة أخرى: (**إن السحنات الصخرية المتماثلة لا تكون بالضرورة**

ذات عمر جيولوجي واحد) وفي حالاتٍ كهذه يمكن أن نطلق اسم **(تشابه سحني دون تطابق في العمر)**.

إن أول من أشار إلى تلك الظاهرة هو غالوفكينسكي، وذلك سنة ١٨٦٨، لدى دراسته لتشكيلات الدور البرمي Permian في حوضيّ نهريّ كاما Kama River وفولغا Volga River. ويتسبب اختلاف عمر الأقسام المختلفة لنفس الطبقة ذات السحنة الواحدة – وفق رأي الباحث المذكور – عن آلية تكوّن الطبقة في شروط يتغير فيها وضع خط الشاطئ في حوض الترسيب. ويعتقد فيسّكَر (١٩٥٠) كتفسير لذلك: (أنه انطلاقاً من دراسة تشكل الطبقة، يمكن اعتبار أن الرسوبات **متواقتة** من حيث زمن التشكّل، ضمن كل طبقة، إذا كانت هذه الرسوبات قد توضّعت على طول نطاقات ترسيبية محددة، يتم تواجدها في زمن محدد بدوره. أي الرسوبات التي حصل تكوّنها في اتجاه موازٍ لخط الشاطئ). ولعل هذا المفهوم يعود الفضل فيه إلى غريسلي الذي قال بتغيّر السحنات حسب موقعها من خط الشاطئ .

وبطبيعة الحال، فإن اختلاف عمر أقسام الطبقة الواحدة مثال قليل الأهمية في الستراتيغرافيا، لأن رؤية هذا الوضع أو اكتشافه في الطبيعة، نادراً ما يحصل، وفي حالات كهذه يمكن إهماله. لكن عند اختلاف أعمار المعقدات الرسوبية Sedimentary complexes المكونة من عدد لا يحصى من الطبقات، فلا بد من أخذه بعين الاعتبار. ولقد توصل فالتر (١٨٩٣) إلى النتيجة نفسها، أي إلى الكشف عن نظام تغيّر السحنات أثناء عملية تكوّن الطبقات وأسماه **قانون التوافق السحني** وهو ما نسميه الآن **بقانون فالتر**.

برهن كل من ويلر وبيسلي (Beesley و Wheeler، ١٩٨٤)، وهما أمريكيان، وبشكل لا يقبل الشك، أن عمر الحدود السطحية للأجسام الجيولوجية

يتغيّر تبعاً للمكان، وأطلقا على هذا المفهوم اسم **مبدأ التجاوز transgression عبر الزمن**، واعتبرا هذا المبدأ كمقولة أساسية في الستراتيغرافيا. وفي الواقع فإن أهمية هذا المبدأ تقترب من أهمية مبدأيّ **تعاقب الطبقات والهوية الباليونتولوجية**. ويعتبر البعض أن هذا المبدأ يجب أن يحمل اسميّ **ويلر – بيسلي**، لأنهما أول من قدمه وفق صياغة معاصرة، الأمر الذي لم يُقْدِمْ عليه غالوفكينسكي.

ومن الجدير بالذكر الاشارة الى أن – مينّ(*) – ١٩٧٤، يعتقد بأن هذا المبدأ قد يشكل خطراً حقيقياً على الستراتيغرافيا. فهو يقول: (إنّ مُتَّبِعَيْ هذا المبدأ يقعون في خطأ منهجي جدّي، يتلخص في إهمال القرائن الليتولوجية والباليونتولوجية، مما يؤدي إلى تقويض البحث الستراتيغرافي، الذي يعتمد أساساً على مفهوم السحنة Faceis، التي تتمثل بمجموعة الخصائص الليثولوجية والباليونتولوجية لصخر رسوبي (حسب غريسلي).

١-١-٧- مبدأ الانتقال الجانبي للسحنات ذات العمر الواحد

Principle of Lateral Transition of the Same Age Facies

(مبدأ غريسلي- رينيفي، ١٨٨٤)

يبدو هذا المبدأ مناقض للمبدأ السابق ظاهرياً. وقد تمّت صياغته على الشكل التالي: **تعاني التوضعات المتماثلة في عمرها –أو ذات العمر الواحد– من تغيّر في نمطها السحني.** بناءً على ذلك، يمكننا الاعتقاد بأن مبدأ غالوفكينسكي (او ويلر – بيسلي)، هو نتيجة حتمية – أو حالة خاصة– من مبدأ غريسلي بخصوص التغيرات التي تصيب السحنات في الزمان والمكان. فقد لا يطرأ تغيّرٌ على السحنة في الزمان – أي مع تغيّر عمر التوضعات – حسب غالوفكينسكي، نتيجة لظروف موضوعية

(*) **مينّ، س. ف.** عالم جيولوجي روسي وعالم طبقات روسي معروف. ورد هذا في كتابه المعروف مقدمة في علم طبقات الأرض.

تسيطر على وسط الترسيب. ويعتبر هذا استثناءً، أو حالةً خاصة، إذ إن القاعـــدة، هي تغير السحنات في الزمان. وهذا يفسر التناقض في الآراء حول أهميـــة المبـــدأ السابق بين مؤيد لـــه ومعارض.

على كل حال، إن أحد أهم مبادئ الستراتيغرافيا التي تصحح وحدانية الرؤيـــة إلى مبدأ التفرّد لواضعيه ب. سميث وجيرو- سولافي والأخطاء التي تنتج عن تطبيقه بشكل حرفي، هو مبدأ غريسلي أو مبدأ "**الانتقال الجانبي للسحنات**". إن حقيقة كون التوضعات ذات العمر الجيولوجي الواحد قد لا تكون متماثلة من الوجهتين الليثولوجية والباليونتولوجية- وذلك تحت تأثير تغـــاير ظـــروف تشـــكل هـــذه التوضعات- تؤدي إلى مواجهة صعوبات جَمَّة لدى تطبيق الطريقة الباليونتولوجية في تحديد العمر النسبي لهذه التوضعات، كما أن عدم أخـــذ الـــتغيرات الســـحنية للتوضعات متماثلة العمر الجيولوجي بعين النظر، قد يشكل غالباً منبعاً للمعلومات الخاطئة في تحديد الأعمار وفي إجراء المضاهاة الستراتيغرافية بين المقاطع. لذلك فإن هناك مبرراً قوياً يدعو لاعتبار، أن مقولة الانتقال الجـــانبي للســـحنات تســـتحق الاعتراف بها كمبدأ خاص يشمل مجال تطبيقه، ليس فقط حقل الستراتيغرافيا، بل يتخطاها إلى حقول جيولوجية أخرى.

اكتشف غريسلي لأول مرة أن: **التوضعات ذات العمر الواحد تتعرض لتغير في نمط السحنة**، وذلك لدى دراسته لتوضعات الجوراسي في سويسرا. أما عبـــارة سحنة Facies، فتصادف لأول مرة في دراسة لغريسلي أنجزها سنة ١٨٣٦. وفيها يستخدم تلك العبارة دون أن يقوم بتعريفها. غير أنـــه أورد هـــذا التعريـــف في أعمالـــه التالية المطبوعة سنة ١٨٣٨، وسنترك لـــه الآن مهمة التعريف بالمصطلح الذي يعود إليه الفضل في ابتكاره. يقول غريسلي: (**وهكذا يمكن أن أعترف بأن كل تشكيلة تعاني من تغيرات جانبية متنوّعـــة تكـــون شـــديدة الوضـــوح في**

الاتجاهات الأفقية، أما ما يتعلق بطبيعة تلك التغيرات فهي – كما تؤيد الوقائع– ذات طبيعتين: الأولى بتروغرافية والثانية باليونتولوجية). ويضيف في مكان آخر: **(قبل كل شيء، هناك عاملان رئيسان يتحكمان في كل مكان في تحديد نمط التغيرات التي أسميها شخصياً بالسحنات Faceis أو المظهر التشكيلاتي:**

١– العامل الأول، ويتلخص في أن الخصائص البتروغرافية المحددة للتشكيلات تفسح المجال لنا أن نفترض – بثقة– في كل مكان تنتشر فيه هذه التشكيلات، بأن المعقد المستحاثي الخاص بها سيكون واحداً – أو بعبارة أخرى – هو بعينه.

٢– العامل الثاني، يَتَمَثَّلُ بأن ذلك المعقد المستحاثي، يفتقر بشكل صارم إلى وجود الأجناس والأنواع التي يمكن أن توجد في سحنات أخرى.

ويعتقد غريسلي بأن تغيّر الخصائص البتروغرافية والباليونتولوجية التي يمكن ملاحظتها في التشكيلات التي تتوزع في الاتجاهات الأفقية، تنتج عن اختلاف الأوضاع والظروف التي تبدي حتى اللحظة الراهنة تأثيراً مصيرياً على مختلف الأجناس والأنواع القاطنة في البحار والمحيطات المعاصرة. ويضيف قائلاً: **(استناداً إلى ما تقدم ذكره من حقائق، يمكننا أن نضع قانوناً يتعلّق بأن أية سحنة تابعة لتشكيلة ما، تتمتع بخصائص محددة بوضوح كبير. وإن هذه الخصائص قد تكون بتروغرافية أو جيولوجية أو باليونتولوجية)** وفي مكان آخر يقول: **(القانون الثاني قريب جداً من الأول وينصّ على ما يلي: إن السحنات المتشابهة في مواصفاتها البتروغرافية والجيولوجية تتمتع دوماً بخصائص باليونتولوجية متشابهة في جميع التشكيلات).**

بعد انقضاء نصف قرن من الزمن على أعمال غريسلي، حاول رينيفي – وهو

جيولوجي سويسري أيضاً- تدقيق مفهوم السحنة (١٨٨٤)، ولقد أكّد على التواقت كعنصر مهم في مقولة السحنة. لكن رينيفي حافظ على مفهوم غريسلي للسحنة، فهو يقول بهذا الخصوص: (**يقصد بمصطلح السحنة أيّ اختلافٍ يمكن أن يحدث بين التشكيلات التابعة لعمر واحد، حيث إن تلك الاختلافات أو التغيرات قد تظهر بتروغرافيا أو باليونتولوجيا. والدافع إلى هذا الاختلاف هو الشروط الحيوية التي خضعت لها النباتات والحيوانات القديمة**)، ويضيف: (**تبدو السحنات عند ذلك بشكل واضح كأنماط مختلفة للتوضعات، سواء أكانت رسوبية أم غير ذلك، والتي يمكن أن تَتَكَوَّنُ في وقتٍ واحد خلال برهةٍ من الزمن الجيولوجي، وإن ذلك يحدث في الوقت الراهن.. وعند ذلك يمكن التحدث عن أنماط من السحنات المختلفة ضمن التشكيلة الواحدة**).

ويعتقد شينك (١٩٦١، Schenk) أنه يمكن النظر إلى مقولة عدم تشابه السحنات التابعة لتوضعات متماثلة العمر، كأحد أهم المبادئ الستراتيغرافية، مما يستحق تسميته بمبدأ (غريسلي، رينيفي). ويمكن تلخيص هذا المبدأ على النحو التالي: (**تعاني التوضعات المتماثلة العمر من تغيرات سحنية في الاتجاهات الأفقية تؤدي إلى اختلافات ملحوظة في تركيبها الليتولوجي وفي خصائصها الباليونتولوجية**).

وتظهر أهمية هذا المبدأ من الوجهة الستراتيغرافية في انه يخلصنا من الفهم المقولب لمبدأ (**التوازي الباليونتولوجي**) لواضعه سميث، والذي نعبّر عنه بشكل مبسط على النحو الآتي: (**التوضعات الحاوية على فاونا وفلورا متماثلة يكون لها نفس العمر**) كما أن هذا القانون يطرح لأول مرة قضية التغيرات السحنية في المكان دون أن يهمل التغيرات التي تطرأ على السحنات في الزمان. ونقصد بذلك

أن السحنات تعاني من تغيرات في المكان (أفقياً) وفي الزمان (شاقولياً).

١-١-٨- مبدأ التصنيف والمضاهاة البيواستراتيغرافية

Principle of Biostratigraphic Subdevisions and Correlation

(مبدأ ف. سميث، ١٨١٦- ١٨١٧)

وفق ما يعترف به أكثر مؤرخي الجيولوجيا، فإن علم الطبقية الحيوية أو البيوستراتيغرافيا Biostratigraphy، أوبصورة أدقّ (استخدام الطريقة الباليونتولوجية في الستراتيغرافيا) تتخذ بداياتها من أبحاث ف.سميث. وقد نشرت نتائج أبحاثه في مؤلفين رئيسيين هما: (تحديد الطبقات بالمتعضيات المستحاثة - ١٨١٦، Smith) و(النظام الستراتيغرافي للمتعضيات المستحاثة — ١٨١٧، Smith). وتتضمن هذه المؤلفات المبدأ الذي يشكل أساس الطريقة التي تقدم بها سميث. وقد أدّى عدم وضوح الصيغة التي قدّمها هذا الأخير، إلى تناقض في الآراء حول تفسير مبدئه، كما أن آراء البعض أتت متناقضة جداً بخصوص تقييمه (كمتخصص في البيواستراتيغرافيا).

نظراً لما تقدم، نجد أنه من الأنسب الابتداء باستعراض هذا المبدأ بصيغته المبسطة وفق مفهوم سميث نفسه الذي يقرر ما يلي: (**تتضمن الطبقات المتشابهة على مستحاثات متشابهة**) ويضيف: (**نتيجة لأبحاثي فقد توصلت إلى أن تحديد الطبقات بمساعدة المتعضيات المستحاثة أصبح أحد الاكتشافات الهامة والعصرية بالنسبة للجيولوجيا... وهذا يجعل في استطاعة الجيولوجي من تمييز إحدى الطبقات عن الطبقات الأخرى بسهولة ووضوح، ليس فقط في الجزر البريطانية بل وعلى القارات...**).

ومهما يكن من أمر، فقد تعرّض مبدأ سميث لتعديلات هامة فيما بعد على أيدي الباحثين المحدثين. فمثلاً استخدم أ.ن. كريشتوفوفيتش للتعبير عن مبدأ سميث صيغة تميل

إلى التعميم حيث قال: (**تحتوي التوضعات المتماثلة العمر فاونا وفلـــورا متماثلـــة**). وكما يمكن أن نلاحظ، يُلْفتُ استبداله عبارة – طبقة- في نصّ سميث، حيث أحـــلّ عبارة توضعات بدلاً منها. وهي صـــيغة التعمـــيم الـــتي أشـــرنا إليهـــا في صـــيغة كرشتوفوفيتش. وحسب هذا الأخير، يجوز تطبيق المبدأ المشار إليه، ليس على الطبقات الصخرية بل وعلى ثخانات معتبرة من التوضعات. أما خالفين فيعتبر: أن صحة مبـــدأ سميث قد أكّدته التطبيقات الجيولوجية خلال قرنين من الزمان، كما أكّده تطوّر علم المستحاثات(خالفين، ١٩٧٧). ومن الطريف، أن كلاً من ودورد وشينك – لاحظا أن عبارة (الطبقات المتشابهة) عند سميث، قد لا تتضمن تماثل الطبقات في العموم؟ وقد دفع هذا شينك (١٩٦١، Schenk) إلى صياغة المبدأ على الشكل التـــالي: (**يمكـــن التفريق بين الطبقات بحسب المستحاثات المميزة لكلّ منها**). لكن د.ل.ســـتيبانوف يرى أن تلك الصيغة تظهر قدرة مبدأ سميث على استخدام المســـتحاثات في البحـــث الستراتيغرافي فقط، إلاّ أن هذا بعيد عن الصحة. إذ أن مبدأ سميث أي (مبدأ التصنيف والمضاهاة البيوستراتيغرافية) يتضمّن مفهوم الزمن، بدليل تحدثه عـــن المضـــاهاة الـــتي تتضمن معنيين: زمني وليتولوجي. وقد دَفَعَ هذا غ. ب. ليونوف أستاذ الجيولوجيـــا التاريخية في جامعة موسكو (في كتابه أسس الستراتيغرافيا ، ١٩٧٣) إلى تقدير سميث بصورة تختلف عن الباحثين الذين ســـبق ذكرهمـــا والـــذين يعتبرانـــه كمؤســـس للبيوستراتيغرافيا، أو لاستخدامه الطريقة الباليونتولوجية في الســـتراتيغرافيا. فليونـــوف يعتقد، بأنّ سميث لم يكن يتعامل مع المستحاثات كعالم حيوان أو نبات، بـــل كـــان يعتبرها أشياء مفيدة في الدراسة الخاصّة بالتوضعات فقط. ويتفق هذا مع آراء شينك، ١٩٦١.

ويعتبر ستيبانوف (١٩٧٩) أن هذه الآراء غير عادلة، "**فسميث يبقى كمؤسس لاستخدام الطريقة المستحاثية في الأبحاث الســـتراتيغرافية**". بـــل إن كـــروت،

١٩٧٣ يعدّ سميث مؤسساً للطريقة البيوستراتيغرافية.

وختاماً يعتبر ستيبانوف، (١٩٧٩) أن الصيغة المناسبة لمبدأ سميث هي: (**يمكن التفريق بين التوضعات ومضاهاتها اعتماداً على ما تتضمنه من مستحاثات، "أما اسم المبدأ فيجب أن يكون" مبدأ التصنيف والمضاهاة الستراتيغرافية**).

١-١-٩- مبدأ الهوية الباليونتولوجية

Principle of Pleontological Identification

أو (مبدأ جيرو- سولافي ١٨٦٠- سميث ١٨٨٠)

يرتبط بمبدأ سميث السابق أحياناً حالة، تتعلق باختلاف المعقدات المستحاثية ضمن التوضعات ذات الأعمار المختلفة التي تتعاقب باستمرار الواحدة تلو الأخرى. ويمكن عرض المبدأ الراهن بصورة مبسّطة: "**حيث إن المحتوى المستحاثي ضمن كل من طبقات القشرة الأرضية هو شيء خاص بهذه الطبقة**". وطالما أن طبقات القشرة الأرضية تتضمّن سجلاً عاماً لتطوّر العالم العضوي، اعتباراً من الأشكال البسيطة وانتهاءً بالأشكال الراقية المتطوّرة للنباتات والحيوانات، فإن شريط التطوّر هذا، مسجّل ضمن طبقات الأرض الواحدة تلو الأخرى. وبالتالي فإن ما تحتويه طبقة من بقايا نباتية أو حيوانية قد لا تحتويه الطبقات الأخرى كثيراً أو قليلاً. وبهذا نجد أن المبدأ المذكور يقدّم لنا المساعدة لدى عملية الفصل بين الطبقات في قشرة الأرض، أي عند تحديد الطبقات وتصنيفها. ولا يقتصر الأمر على هذا فحسب، بل ويمكن باستخدام مبدأ الهوية الباليونتولوجية، القيام بتحديد الطبقات الأخرى المماثلة في العمر لطبقة ما ذات خصائص باليونتولوجية معروفة سلفاً، هذا إذا كانت تلك الأولى تتمتع بنفس الهوية الباليونتولوجية (**أي إذا تضمنت نفس المعقدات المستحاثية**).

إن مبدأ **جيرو سولافي – سميث** هذا، يتضمّن في أساسه مقولة "**تطوّر العالم**

العضوي" الذي يتكامل مع مرور الزمن. وهو يبدو عديم الجدوى عند تجريده من فكرة التطوّر ككّل، أي عندما يتحول إلى عباراتٍ تفتقر إلى أي مضمون مفيد. إن تعاقب المعقدات المستحاثية على مسرح الزمن، هو الذي أعطى للطبقات المختلفة تلك الهوية المستحاثية التي تحدث عنها كلٌّ من جيرو سولافي وسميث. تماماً كما لو كانت شريطاً سينمائياً يعقب كل صورةٍ من صُوَرِه صورةً أخرى بصفتها مكملة لها، وتعدكنتيجة منطقية (لتلك الأولى). والواقع إن الحديث عن تطوّر العالم العضوي يجعلنا نقرنه دائماً بفكرة المراحل، في تطوّر المتعضيات ضمن مملكتي العالم العضوي النباتية والحيوانية.

صاغ أنتوني (G. Anthony-١٩٥٥) هذا المبدأ بالعبارات التالية: "**تتعاقب المستحاثات النباتية والحيوانية مجموعة بعد أخرى وفق نظام عملاق واضح ومُحدَّدْ**".

****

الفصل الثاني

منطلقات رئيسية في علميّ الصخور والترسيب

Lithological And Sedimentological prenciples

٢-١- حول مفهوم الزمن في الجيولوجيا

٢-١-١- وحدات الزمن الجيولوجي

٢-١-٢- تواقت الحوادث الجيولوجية وتعاقبها

٢-١-٣- مقياس الزمن الجيولوجي

٢-٢- الوحدات (التقسيمات) الستراتيغرافية وقوانين تحديد الأعمـــار الجيولوجية

٢-٣- الجداول (المقاييس) الكرونواستراتيغرافية العالمية

٢-٣-١ - الجدول الكرونواستراتيغرافي الكوكبي بناء على التوضعات الرسوبية البحرية

- الجدول الكرونوساستراتيغرافي للاتحاد الدولي للعلوم الجيولوجية

- الجدول الكرونولوجي لأمريكا الشمالية

٢-٣-٢- أصول التسمية العالمية للوحدات الستراتيغرافية ورموزها

٢-٤- بعض الأوضاع الليتولوجية والترسيبية العامة

٢-٤-١- تصنيف الصخور الرسوبية ونظام توزعها:

٢-٤-٢- التطبق

٢-٤-٣- خصائص توضع السماكات الرسوبية- عدم التوافقات والثغرات

٢-٤-٤- أشكال توضعات الصخور الرسوبية

٢-٤-٥- السحنة

٢-٤-٦- التشكيلة

٢-٤-٧- أسس دراسة توضعات الدور الرباعي

٢-٤-٨- المستحاثات وبعض قوانين التسمية النباتية والحيوانية

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

منطلقات رئيسية في علم الصخور وعلم الترسيب
Principal forwards in lithology and Sedimentology

٢-١- مفهوم الزمن الجيولوجي Time in geology

تحتل مشكلة الزمن في علم الجيولوجيا مكاناً بارزاً، مثلها في ذلك مثل العلوم التاريخية كافة التي تتضمن حركة الزمن. وفي الستراتيغرافيا يتمثل موضوع الزمن بمنطلق تنظيمي رئيسي، طالما أن كافة النتائج الستراتيغرافية تكون ذات مغزى في إطار ارتباطها بحلّ مشكلة تعاقب أو تواقت الحوادث الجيولوجية، الأمر الذي يؤدي إلى تشكل أو عدم تشكل السماكات الصخرية على وجه الخصوص. انطلاقاً من ذلك فليس مستغرباً أن يستمر النقاش حول موضوع **الزمن الجيولوجي**، ما يقرب من مئة عام في أوساط العاملين في حقل الستراتيغرافيا. علماً بأن هذا الموضوع لا يزال نشطاً في مسرح النقاش اليومي لدى المتخصصين. وبغض النظر عن تضارب آراء علماء الطبيعة بخصوص موضوع الزمن تحت تأثير مختلف المدارس الفسفية، فإن الغالبية العظمى من علماء الستراتيغرافيا يتّفقون على نقض مفهوم "**نيوتن**" **للزمن المطلق**، معتبرين أن الزمن ليس إلا "صفةً وجوديةً للكون". أو أنه "**ضرورة**" بالنسبة لكافة الأجسام المادية الموجودة في الكون (ويترو، ج.، ١٩٦٤ وكروت،.ف. ي.، ١٩٧٣) على الترتيب. وأنه — بهذا المعنى- يمكن التحدث عن وحدة الزمن.

من جهة أخرى، لا تنفصل مسألة **الزمن** عن "**قياسه**" في العلوم الطبيعية. أي مسألة اختيار وتحديد نظام مقياس الاحداثيات المكانية والزمانية.

إن الهدف الكامن وراء عملية الزمن الجيولوجي Geological time، يتلخص في إيضاح نظام تعاقب الحوادث الجيولوجية. كما أن تحديد مدى ونظام تعاقب حوادث الماضي الجيولوجي للأرض، ممكن فقط عن طريق الكشف عن نظام

التطبق والعلاقات المتبادلة بين الأجسام الجيولوجية المكوّنة لقشرة الأرض.

٢-١-١- وحدات الزمن الجيولوجي Geachronologic subdivisions

إن الجداول أو المقاييس الستراتيغرافية تتضمن شقاً مرتبطاً بالزمن، الذي يقسّم فيها إلى وحدات زمن جيولوجي Geochronologic subdivisions ترتبط ارتباطاً وثيقاً ضمن نفس المقياس بالوحدات الليثولوجية. إذ من المسلّم به، كون تلك التوضعات التابعة لكل وحدة ليثولوجية قد تشكلت خلال وحدة موافقة من الزمن الجيولوجي. وهكذا إذن، فالمطلوب هو احتواء المقاييس أو (الجداول) الجيوكرونولوجية على وحدات يرتبط فيها الترسيب بالزمن، وهو الأمر الذي اقترحه فيشر (Fischer, 1969). ولكن لا بدّ من التنبه إلى أن ربطاً من ذلك النوع لا يتم بشكل صوري. وبغية التوضيح، نفترض المثال التالي:(يحصل ترسيب مستمر للحجر الرملي وبسرعة ثابتة، بحيث يتكوّن خلال فترة من الزمن مقطع جيولوجي مكوّن بكامله من الرمل، وحيث يمكن تقسيمه على أقسام متساوية تمّ ترسيبها خلال فترات متماثلة من الزمن. لنفترض الآن أننا وضعنا جدولاً جيوكرونولوجياً -بناء على هذا المثال- يتكوّن من وحدات يترابط فيها مفهومي "الترسيب والزمن". إن أمر التأكد من عدم صلاحية هذا المقياس للاستخدام أمر سهل، كما يمكن أن نلاحظ فيما يأتي. أن المقياس المشار إليه لا يعدُّ صالحاً للاستخدام من الوجهة التطبيقية، إذ تصعب بالاعتماد عليه مضاهاة أي مقطعين جيولوجيين مستقلين ضمن توضعات "الرمل"، التي فرضنا تشكلها في المثال السابق. إلا إذا توفرت لدينا بشكل مسبق، معلومات عن وجود "مستوي مميّز أو معلّم Marker horizon"، الأمر الذي لا يتوفر في مثالنا، بسبب تشابه مختلف مستويات الرمل. إن وجود ذلك المستوى المشار إليه يمكننا من إجراء المضاهاة).

يوضح المثال السابق وبشكل غير مباشر، لماذا لا يفترض بنا اللجوء إلى استبدال

طرائق البحث الكلاسيكية الليثولوجية والباليونتولوجية في الستراتيغرافيا بطرائق "التأريخ الإشعاعي Radiomctric dating دائماً وبدون دواع جدية! وخاصةً عند الرغبة في تحديد العمر. لدى مضاهاة المقاطع الجيولوجية، رغم بعض القائلين **محلياً** بموت الطريقة الباليونتولوجية وعدم فاعليتها، أي بعدم جدوى الطرائق الحيوية الطبقية!؟ والحقيقة التي لامراء فيها، يجدر بنا استخدام هذه أوتلك من الطرائق المتوفرة في البحث معاً، وفي وقت واحد إن أمكن. وإننا لا نشك في قدرة الطرائق الإشعاعية، في تحديد عمر أي عيّنة صخرية. لكن المشكلة هي أن العمر الذي تقدمه لنا الطرائق المذكورة، لا يرتبط بتأريخ تشكّل التوضعات التي نقوم بدراستها. ولكي نتأكد من ذلك، فلنناقش الوضع التالي: (حددنا في مقطعين جيولوجيين مستقلين الأعمار ٦٤، ٦٥ مليون سنة على الترتيب. إن تلك الأرقام لا تقدم لنا شيئاً فيما يتعلّق بمضاهاة هذه المقاطع. إذ بغض النظر عن نمط الرسوبات وخصائص شروط الترسيب فإن العينات التي حددنا عمرها يمكن أن تنتسب إلى "استراتون Straton" واحد أو إلى استراتونات مختلفة. وفي مثالنا المقترح، تنتسب إلى استراتونات مختلفة بالتأكيد. والسؤال التالي الذي يطرح نفسه هو: هل تنتسب التوضعات المشار إليها إلى الميزوزوي أم إلى السينوزوي (الكاينوزوي) يا ترى؟

عبر التدفّق المتواصل للزمن، تحصل أمور معقدة على كوكبنا- وليس توضع الرسوبات أو إزالتها بالحت، وكذلك النشاط التكتوني للأراض والدورات المولّدة للجبال الخ... إلا جزءاً متواضعاً من جملة الأحداث التي تستحق الدراسة والاهتمام. يضاف إلى ذلك العمليات التطوّرية المعقدة التي يتعرّض لها العالم العضوي. ومن البديهي ألاّ تتطابق الحوادث الجيولوجية زمنياً مع العمليات التي تجري في رحاب العالم العضوي بشكل مستمر. فإذا كان الزمن يحتضن في رحابه هذه الأحداث كافةً، فلنا أن نتصوّركم يجب أن نولي مشكلة الزمن أهمية؟

إن الوحدات الزمنية Chronologic subdevisions المطابقة لأحداث محددة تحصل في الليتوسفير، قد لا تتطابق مع وحدات زمنية حصلت (أو تحصل) خلالها حوادث تتعلّقُ بتطوّر العالم العضويّ. لذا نجدنا بحاجة إلى مقياس للزمن، يربط جميع هذه الحوادث ببعضها البعض، في إطار التاريخ التطوريّ لكوكب الأرض. وهو ما نسميه بمقياس الزمن الجيولوجي، الذي يمكننا من قياس الزمن النسبي Relative time. ومن جهة أخرى الزمن المطلق- Absolute time بالنسبة للحوادث الجيولوجية عبر الزمن.

وفي الوقت نفسه، نجد أنه من الضروري الحصول على معطيات تتعلّق بمدد أقسام محددة من مقياس الزمن الجيولوجي Geochronologic Scale (chart)، بقصد إيضاح ديناميكية الحوادث الجيولوجية. وفي هذا المجال نجدنا بأمسّ الحاجة إلى وسائل قياس الزمن Chronometry أي وسائل قياس استمرارية (أو مدّة) كل من الوحدات التي يتضمنها المقياس الجيولوجي إياه، على شكل وحدات اعتبارية Conventional، وكذلك وسائل تعيين الحدود الجيولوجية. إن الطرائق الإشعاعية Radiometric methods، تمثل الطرائق الأكثر مقدرةً على ذلك، والتي بدونها — كان- يستحيل علينا أن نصل إلى تصوّر موضوعيّ، عن المدى الزمنيّ للتقسيمات الجيوكرونولوجية المستخدمة الآن، وذلك رغم كافةَ الاعتراضات التي يقدمها البعض ضدّ هذه الطرائق. وبطبيعة الحال، فإن دقة هذه الطرائق ليست قطعية، ويجب عدم اعتبارها كمسلمات لا تقبل النقاش. إذ يجب أن ننسى، أن واحدة القياس بالنسبة للزمن هي السنة. وإذا عرفنا أن الأرض غيرت من سرعة دورانها خلال تاريخها الطويل (زادت سرعتها) مما أدى إلى اختلاف عدد أيام السنة منذ الكمبري وحتى الباليوجيين (حسب ويلز- Wells, ١٩٦٣) بناء على دراسة عدد حلقات النمو اليومية للمرجانيات، فقد بيّن ويلز أن السنة خلال الكمبري كانت تتألف من ٤٢١ يوماً ،

بينما كانت تتكوّن من ٣٧١ يوماً في الباليوجيين، وهي ٣٦٥ يوماً في وقتنا الحاضر.

٢-١-٢- تواقت الحوادث الجيولوجية وتعاقبها

Simultaneity and Succession of Geologic Events

تسمح الجداول الكرونولوجية لنا بتحديد نظام تعاقب الحوادث وتواقتها. وإذا كان مفهوم التعاقب واضحاً بفضل **مبدأ ستينون**، فعلى العكس، إن مفهوم تواقت الحوادث الجيولوجية يتّصف ببعض التعقيد. إذ يجب أن لا ننسى صعوبة إجراء تصنيف للحوادث على طريقة (قبل – بعد) دوماً. وذلك بسبب الحلقات الناقصة في السجل البيوستراتيغرافي- أي الثغرات الستراتيغرافية Gap، إذ أن وجود تلك الثغرات، يعقّد البحث في موضوع تواقت Synchronism الحوادث الجيولوجية من خلال دراسة الثخانات الرسوبية المتطبقة...

إذا قلبنا صياغة العبارة التي تتصدّر الفقرة السابقة، يمكن التعبير كما يلي: "إن تعاقب الحوادث الجيولوجية، يشكّل أساساً للمقاييس الجيوكرونولوجية". ولكن أية حوادث تلك على وجه الدقة؟ إذ أنه من واجبنا أن ندقق في نمط الحوادث التي يقع عليها اختيارنا، من أجل وضع مقياس جيوكرونولوجي. إن أحد الحقائق الجيولوجية تشير، إلى أنه ليس هناك حدث جيولوجي واحد وقع في آن واحد في كافة بقاع الأرض. بناء على ذلك، يكون من المناسب أن نقوم باختيار الحوادث الجيولوجية التي سنعتمد عليها في وضع المقياس الجيوكرونولوجي، رغم معرفتنا مسبقاً بانتفاء صفة العالمية Cosmopolitan عنها.

وبالمقارنة مع تلك الحوادث المشار إليها فإن **حوادث تطوّر العالم العضوي** تتمتع بصفة **العالمية**، لذا نجد أنه من المناسب الاعتماد عليها في وضع الجدول الجيوكرونولوجي. وأخيراً، فمن الضروري أخذ الأحداث الهامة في تاريخ تشكل السحنات، هذا بالإضافة إلى ما تقدم ذكره من قرائن. إذ من الخطأ بمكان لدى

وضع السلّم أو الجدول الزمني الجيولوجي الاعتماد على الأحداث التطورية للعالم الحيّ فقط. وتجدر الإشارة هنا إلى أنه، إن كان هذا صالحاً بالنسبة لحقب الحياة الظاهرة Phanerozoic، فكيف يمكن الاعتماد عليه لتأريخ حقب الحياة الخفية Cryptozoic حيث لم تصلنا منه أية بقايا عضوية إلا لماماً؟

٢-١-٣- مقياس الزمن الجيولوجي

Chronological chart (geologic time table)

سنحاول الآن إلقاء الضوء على بعض خصائص مقياس الزمن الجيولوجي Geochronological chart، فمنذ البداية يتبادر إلى الذهن ذلك التقسيم غير المتكافيء لذلك المقياس. حيث تُظْهِرُ وسائل قياس الزمن "التفاوت" المفرط في أطوال مدد الدهور Eon والأحقاب Era والأدوار Period. فالدور السيلوري Silurian Period مثلاً أقصر بمرتين من الدور الديفوني Devonian Period، أما الدور الترياسي Triassic Period فأقصر بمرة ونصف المرة من الدور الجوراسي Jurassic Period، وإن حقب الميزوزوي Mesozoic Era أقصر بمرتين تقريباً من حقب الباليوزوي Paleozoic Era. وأخيراً الدور الرباعي Quaternary Period ومدته /١.٦٣/ مليون سنة، فهو أقصر بـ ٣٥ مرة تقريباً من الدور الكمبري Cambrian، فكيف حدث قبول ذلك؟

من المعروف أن تتابع الحوادث الجيولوجية لا يبدي انتظاماً عبر الزمن. ولما كان التقسيم الكرونولوجي يعتمد على هذه الحوادث (كالدورات البانية للجبال وتعاقب الأدوار الجليدية وبين الجليدية الخ...)، لذلك يتميز المقياس الجيوكرونولجي بعدم تساوي مدد وحداته الزمنية. وحول هذه النقطة بالذات: **أي القرائن يجب اعتمادها لتقسيم الزمن الجيولوجي إلى أحقاب وأدوار الخ...؟** كان دائماً يدور جدل ساخن في أوساط الجيولوجيين حول مسألة كهذه. ولنضرب على ذلك مثلاً يوضح الفكرة،

فقد تميز الدور الرباعي- بالمقارنة مع الأدوار الأخرى- بصفات خاصة، منها تميُّزه بأكبر التقلبات المناخية في تاريخ الأرض "الحديث، وذلك على صورة أربع جليديات Glaciers كبرى سيطرت في جبال الألب، وأكثر من أربعة في روسيا واسكاندينافيا وأمريكا الشمالية...". وبطبيعة الحال، فإن أدواراً بين جليدية Interglacial كانت تفصل بين تلك الجليديات- أي بين الأدوار الجليدية-. من ميزات الدور الرباعي أيضاً، استمرار نهوض الجيوسينكلينال الألبي، وانتشار النباتات مغلفات البذور Angeosperms بشكل عاصف وظهور الإنسان العاقل الخ... وعلى الرغم من أن هذه الحوادث تبدو للوهلة الأولى "عديمة الترابط" فيما بينها، لكونها أحداث ذات طبائع مختلفة- مناخية، تكتونية، حيوية ، أنتروبولوجية وباليوجغرافية على الترتيب- فإن هناك خيطاً عاماً يربطها بعضها ببعض. وإن واحداً من أسئلة كثيرة يمكن طرحها حول مسألة كهذه وأحدها هو السؤال التالي: أليس هناك من علاقة ما بين تطوّر الجيوسينكلينال الألبي (وهي قرينة تكتونية)، وبين ظهور القبعات أو الأغطية الجليدية (قرينة مناخية) وبين ظهور أو انقراض بعض المجموعات الحية (النباتية والحيوانية)؟ إن إحدى الحقائق المعروفة ، هي سيطرة الأغطية الجليدية الدائمة في قطبي الأرض، وفي قمم الجبال ذات الارتفاعات الشاهقة الواقعة على درجات عرض مختلفة. ونستنتج، أنه لابد أن علاقة ما تربط ظهور الجليد بالارتفاع عن سطح البحر أو بالابتعاد عن خط الاستواء. كما لا بد وأن تكون أحدى هاتين القرينتين، نتيجة أو "سبباً" للقرينة الأخرى. من هنا يمكن فهم طبيعة الخلاف القائم بين الجيولوجيين حول التسلسل التراتبي للقرائن الطبيعية، وبعبارة أخرى : أي القرائن أولى بالاعتبار عند تفسير آليات التطور الجيولوجي الطبيعي؟ أو أيها يجدر بنا تقديمه وإحلاله في المركز الأول من الأهمية "لدى وضع الجدول الجيوكرونولوجي؟". وهكذا يتضح كيف أن تقديم القرينة التكتونية سيؤدي على نتائج تختلف كثيراً أو قليلاً عن النتائج التي نحصل عليها لدى

تقديم القرينة المناخية القديمة Paleoclimatologic أو أية قرينة أخرى. لأن تتابع الحوادث التكتونية Tectonic يختلف طبيعةً وكماً ونوعاً وشِدّةً عن تتابع الحوادث المناخية القديمة. وإن كانت الصلة بينهما وثيقة جداً. على اعتبار أن حدوث أحدهما يؤدي إلى حدوث الآخر أي قد يَكُوَنَ محرضاً له، كما رأينا سابقاً، في مثالنا حول نهوض السلسلة الألبية ومن ثم ظهور الجليديات.

بناءً على الحقائق السالفة الذكر، واختلاف طبيعة ونوع وشدة القرائن المشار إليها، واختلاف السيناريوهات التي تحكمها، يتضح لنا كيف تأتّى عدم التماثل في مدد الأدوار Periods، في الجدول الكرونولوجي، بشكل ملفت للنظر، هذا رغم اعتماد التقسيم الجيوكرونولوجي وشموله على كافة الطرائق سالفة الذكر، بغية أن تأتي صيغته مطابقة للحقيقة الموضوعية لتطوّر الليتوسفير والبيوسفير قدر الإمكان (بما يتفق مع المبدأ الستراتيغرافي الرابع).

لقد استعرضنا فيما تقدم حقيقة نقص السجل البيوستراتيغرافي، وهناك سؤال يطرح نفسه: فيما إذا كان هذا قد روعي لدى وضع المقياس الجيوكرونولوجي؟ وبعبارة أخرى: هل يتضمن المقياس أيُّ ثغرات استراتيغرافية؟ الجواب "كلا" بالطبع. إذ من المستحيل أن تسجل الثغرة الستراتيغرافية في كافة أرجاء الليتوسفير في وقت واحد. ولقد لاحظ اغير (Ager, ١٩٧٣) في مقطعين لتوضعات الجوراسي الأسفل Lower Jurassic- في منطقة (دورسيت)، يبعد أحدهما عن الآخر ٢٠ ميلاً، حدوث تغير في سماكة توضعات ١١ نطاقاً متعاقباً بمقدار١٢ مثلاً، رغم الاحتفاظ التام بعدد النطاقات Zones ونظام تتابعها. كما لوحظ أن المقطع النموذجي Stratotype[1]، لطابق المسّيني Messinian Stage (وهو طابق

---

[1] ١- استراتوتايب Stratotype- مقطع جيولوجي نموذجي.

الميوسين العلوي في مقياس البحر المتوسط الستراتيغرافي) ناقص، بسبب احتوائه على ثغرة استراتيغرافية. ومما يدعو للأسف، أن هذا الكشف أتى متأخراً جداً. وأنه، إلى أن اكتشفت هذه المسألة، كان الجميع ينظر إلى الستراتوتيب المذكور على أنه مقطع لا يرقى إلى كماله الشك ؟

فيما بعد، قامت سفينة الأبحاث الأمريكية"غلومار شالنجر" بالكشف عن أن استراتوتيب المسّيني يتضمن ثغرةً ترسيبية. وقد تم ذلك خلال الرحلة رقم ١٣، التي أنجزتها السفينة المذكورة في البحر المتوسط. لقد تم أيضاً تقدير سماكة الرسوبات المحذوفة من المقطع بـ ٦٠ متراً. كما تبين، أنه إذا انتقلنا نحو الجنوب الغربي من جزيرة صقلية — حيث تقع مسينا ويقع الستراتوتايب - بمسافة تقلّ عن ١٠٠ كم، لوجدنا مقطعاً بديلاً لذلك الأول والذي نسميه الآن باراستراتوتيب Parastratotype. إن المثالين سابقيّ الذكر، يوضحان بجلاء لماذا لا تتضمن المقاييس الجيوكرونولوجية على أية ثغرات استراتيغرافية. إذ أن المقياس يعتبر حصيلة نهائية لعمليات المضاهاة Correlation لمناطق واسعة من القشرة الأرضية، أما النقص "في السجل الصخري Lithological Inadequacy" الذي يسجل في نقطة ما (أي الثغرة)، فيتم التعويض عنه، بانتفاء وجود تلك الثغرة في مناطق أخرى، قريبة أو (بعيدة) بسبب حدوث الترسيب في مناطق أخرى، وإن هذا ينطبق على كافة أنواع الجداول الجيوكرونولوجية المحلي Local منها والعالمي Global.

ننتقل الآن إلى إعطاء تعريف أو "تحديد فيزيائي" للزمن Chrone وهو اصغر التقسيمات ضمن المقياس الكرنولوجي. وذلك بناء على كافة المعطيات التي

٢- باراستراتوتايب Parastratotype- هو مقطع جيولوجي نموذجي إضافي للمقطع النموذجي لعمر جيولوجي محدد، يقوم بوصفه المؤلف الأصلي للسرتاتوتايب، في المطبوعة الأصلية عند وصف وحدة جيولوجية أو حدود جديدة.

ذكرناها سابقاً. فالكرون يعدّ كأساس طبيعي لتحديد وتعيين كافة تقسيمات الزمن الأكبر حجماً منه. كما أن التصوّر الخاص بأن زمن تشكل الوحدة الستراتيغرافية Stratone، يتناسب مع حجم مجال انتشاره الجغرافي أمر مشكوك في صحته. أما كون الجملSystems (جمع جملة)، أوسع توزعاً من الزمر Series(جمع زمرة)، والطوابق Stage أوسع من النطاقات Zone، فهذا أمر معروف ومؤكد. أما تقسيمات المجموعات النطاقية (المقصود هو النطاقات Zone وتحت النطاقات (Sutbzone) فينظر إليها عادة، على أنها تقسيمات "تقريبية" للزمن الجيولوجيChronostratigaphic Subdivisions لأنها تعتمد على الأنواع Spices والأجناس Genera، أي على وحدات التصنيف البيولوجي للعالم العضوي (المستحاثي منه بوجه خاص). حيث إن المعطيات البيولوجية لا تمكننا – بسبب نقصها– من التوصل إلى تعيين دقيق لحدود فترات تعاقب المتعضيات النباتية والحيوانية عبر الزمن. رغم هذا، فإن بمقدورنا التعرّض لمشكلة التقسيم الكرنولوجي الأولي في موقف آخر أو وضعية أخرى، إذ يُحتَمل أن يمثل النطاق Zone طبقة Bed تكوّنت خلال أصغر مجال زمني يحظى بتوزّع جغرافي واسع. أما الطبقة بمفهومها الضيّق، فهي تلك التي لا تتمتع بهذه الخاصة والتي لا نستطيع غالباً ربطها بحال بالانقطاعات في الترسيب Gap.

إننا، على الرغم من معرفتنا بعدم كمال السجل الليثولوجي، ننظر إلى الجدول الجيوكرونولوجي على أنه "مقياس مستمر ومتواصل" أي لا يحتوي على أية انقطاعات. ولكن يبقى هذا الأمر مجازياً وليس واقعياً وأن هذا جيّد بحد ذاته، لأن المقياس إياه مبني أساساً على كونه حصيلة تركيبية للمعلومات الجيولوجية المستقاة من مختلف بقاع الأرض. وعلى هذه الصورة يكون النقص الحاصل في السجل ضمن منطقة ما قد أكمل بفضل استمرار الترسيب وتواصله في مناطق أخرى مجاورة أو

بعيدة.

٢-٢- الوحدات (التقسيمات) الستراتيغرافية وقوانين تحديد الأعمار الجيولوجية

Stratigraphic Subdivisions and Rules of the Geological Age Difination

٢-٢-١- التقسيمات الطبقية (الستراتيغرافية):

الستراتيغرافيا تعتبر فرعاً من الجيولوجيا التاريخية Historical geology وتتناول مواضيع التعاقب التاريخي المعتمد على تحديد أعمار الطبقات والعلاقات المتبادلة الأولية والتوزع الجغرافي للصخور الرسوبية Sedementary rocks والحممّية Magmatic والمتحولة Metamorphic المكونة لقشرة الأرض Earth crust وبقايا العالم العضوي الذي تتضمنه. وقد رأينا أن أهم قوانين الستراتيغرافيا بسيط جداً وينص على أن الطبقة كلما كانت ذات موقع أعلى ضمن المقطع الجيولوجي كلما كانت أحدث عمراً (في شروط توضع الطبقات توضعاً طبيعياً). ومن جهة أخرى إن مراحل تطور الأرض مسجلة في الواقع على شكل مجموعة من القرائن الجيولوجية ضمن الصخور النارية، المتحولة، والرسوبية. وقد مكن ذلك من وضع جدول استراتيغرافي[1] موحد صالح للاستخدام في أغلب أنحاء الكرة الأرضية، تعتبر أكبر وحداته هي الايونوتيم Eonothem وتشمل مجموعة الاركي Arkian والبروتيروزوي Proterzoic والفانيروزوي Phanerozoic ويقسم هذا الأخير إلى ايراثيم Erathem البالليوزوي Palozoic والميزوزوي Mesozoic والسينوزوي Cenozoic (كاينوزوي Kainozoic). وتقسم الايراثيمات إلى وحدات أصغر منها نطلق عليها اسم جمل System وهذه بدورها

---

[1] الجدول (السلّم) الستراتيغرافي الموحد، Global Stratigraphic chart- مقياس معد للتطبيق والمقارنة في كافة أنحاء الكرة الأرضية ويشمل بشكل أساسي الوحدات الكرونواستراتيغرافية الكبرى والمتوسطة.

تقسم إلى زمر Series وتقسم تلك بدورها إلى تحت زمر Subseries وهـذه الأخيرة تتألف من طوابق Stage.

إن هذه المفاهيم الستراتيغرافية (الصخرية) يقابلها زمنياً الإيون Eon، الحقب Era، الدور Period، العصر Epoch والعمر Age بالترتيب، وهي مفـاهيم الزمن الجيولوجي Geochronology، ومن الممكن تقسيم الطوابق إلى نطاقات Zone ومَثَلُهَا النطاقات المستحاثية (الحيوية) Biozone. ولكن قـد يحـدث أن بعض الشروط الخاصة التي تحكمت في تطور مناطق متفرقة تمنعنا من تحديد بعـض الوحدات السابقة الذكر بدقة كافية . مما يضطرنا إلى وضع وحدات استراتيغرافية محلية (مساعدة) وأكثر هذه الأخيرة توزعاً في المراجع العالمية الطابق Stag وتحت الطابق- Substage (النطاق – Zone وتحت النطاق – Subzone).

وفي الجدول (شكل ١) نضع مقياساً استراتيغرافياً وضع على أسـاس توضـعات البحر المتوسط وأوروبا الغربية بشكل أساسي، ثم مقياساً آخر (شكل ٢) عالميـاً أو Global[1] صالح للتطبيق على مستوٍ كوكبيّ وذلك ليتاح اللقارئ المقارنة والتعرف على نقاط التشابه والاختلاف بينهما.

إن الأول منهما هو ما يلزمنا لتصنيف مختلف، توضعات قطرنا أثناء الدراسـة التطبيقية، فليست سورية كما نوهنا في سلسلة المحاضرات النظرية، إلا جزءاً مـن الشاطئ الشرقي للبحر المتوسط.

وفيما يلي سنشرح أهمّ مفـاهيم التقسـيمات أو الوحـدات السـتراتيغرافية المساعدة.

---

[1] يقتصر الجدول الستراتيغرافي الموحد (الكوكبي) على وحدات استراتيغرافية كبيرة. وكلما صغر حجم الوحدة الستراتيغرافية كلما صعب اعتمادها في المقياس الموحد. بسبب خصائصها المحلية. الأمر الذي يجعلها محدودة القيمة والاستخدام إلا في إقليم جيولوجي محدد.

آ-**الزمرة Series**: هي سماكة صخرية تكون كبيرة عادة، وهي تتألف من الصخور الرسوبية أو الاندفاعية أو المتحولة. أو من تشكيلات متنوعة من هذه الصخور مجتمعة. وكثيراً ما توافق الزمرة دورة رسوبية أو اندفاعية أو تكتونية ضخمة، يفصلها عما يجاورها من توضعات، في الأسفل أو الأعلى عدم توافق زاوي Angular unconformity أو عدم توافق استراتيغرافي Stratigraphic unconformity (كالثغرات الرسوبية مع سطوح حتّية).

تحمل الزمرة اسماً جغرافياً، وهي من حيث الحجم تطابق القسم (أو اوتديل otdel - وهو مصطلح روسي) في المقياس الستراتيغرافي الموحد، كثيراً أو قليلاً، وقد تزيد عنه أو تنقص. يحدد ضمن الزمرة أحياناً وفي بعض أقسامها ما يسمى بالسفيتا Sveta أو Suite[1].

ب- **الحزمة Suite أو(Sveta) بالروسية**: هي في بعض الدول (مجموعة الدول المستقلة) وحدة طبقية رئيسية . كما و تستخدم كوحدة مساعدة يميزها بشكل أساسي وحدة شروط التشكل وتشابه بنية الصخور المكونة لها ووحدة خصائصها الباليونتولوجية والليثولوجية وروابطها الستراتيغرافية والمتحولة Metamorphic والمنشئية وغير ذلك. وقد تكون مؤلفة بكاملها من نمط واحد من الصخور أو من سماكة متشابهة من الصخور المتناوبة. ويميزها عدم حدوث ثغرات استراتيغرافية أو عدم توافقات ملحوظة، وهي تحمل عادة أسماء جغرافية وغالباً ما تعادل في حجمها الطابق أو أجزاء منه، وقد تشكل في بعض الحالات عدة طوابق مجتمعة، وقد يلزم في بعض الأحيان تقسيم السويت Suite إلى Subsuite (تضنف في أقسام سفلي وأوسط وعلوي).

---

[1] Suite اصطلاح روسي الأصل. يمكن ترجمته إلى حزمة بالعربية. وهو يستخدم الآن في دول أوروبا الشرقية، بما فيها مجموعة الدول المستقلة عن الاتحاد السوفيتي.

ج- **الأفق Horiaon**: يتألف الأفق ذو المتداد المكاني (الأفقي)من عدد من الحزم التي لها نفس العمر أو التي تكون ذات سحن مختلفة، ولكن يجمعها كونها تنتسب إلى نفس العمر، رغم أنها تقع في أمكنة متفرقة. يحمل الأفق أسماء جغرافية تتفق مع اسم الحزمة الأكبر انتشاراً أو توزعاً والأكثر نصيباً من الدراسة. وفيما يتعلق بالحجم، فالأفق ذو حجم أقل من الطابق أو يكون معادلاً لحجمه.

د- **الطبقة Bed أو Strata**: تحمل هذه كذلك اسما جغرافياً، وتتألف من جزء من الأفق. أما إذا كانت موصوفة (محددة) بفضل مجموعة مستحاثية مميزة، فتعتبر في هذه الحالة معادلة لجزء من النطاق Zone.

تحمل الوحدات الستراتيغرافية العالمية،Global Subdivisions (المجموعة Group، الجملة System، الزمرة Series) والإقليمية Regional أو المحلية Local (الطابق Stage والنطاق Zone والأفق Horizon) في المقياس الستراتيغرافي العالمي. رموزاً محددة وملزمة. وإن الوحدات الستراتيغرافية (المساعدة) تكون ضرورية في أعمال الدراسة المفصلة والمسح لمنطقة محددة.

٢-٣-١- الجداول (أو المقاييس) الكرونواستراتيغرافية الكوكبيّة

Global Geochronostratigraphic Charts

نورد فيما يلي ثلاثة جداول جيولوجية زمنية طبقية (كرونواستراتيغرافية- عالمية) على سبيل المثال لا الحصر :

٢-٣-١- الجدول الكرونواستراتيغرافي الكوكبي للرسوبيات البحرية:

1	2		3	4		5	
	توضعات بحرية						توضعات قارية موافقة
	Eon دهر Eonothem	Era حقب Erathem ايراثيم	Peeriod دور System جملة	Epoch عصر Series زمرة Subseries تحت زمرة		Age عمر Stage طابق	
سيزوزوي	PHANEROZOIC	CENOZOIC	Quaternary (Q) (1,7)	Holocene			
				Pleistocene	Upper	87 Monasterian 86 Flandrian	
					Middle	85 Tyrrhenian	
					Lower	84 Sicilan	
						83 Calabrian	Wellafranchiain
			Neogene (N) (24)	Pliocene		82 Astian 81 Plaisancian 80 Tabiano-"Tabianian"	Wellafranchiain
				Miocene	U.	79 Messinian	Panonian
CENOZOIC					M.	78 Tortonian 77 Helvetian	
					L.	76 Burdigalian 75 Aquitanian	
			Paleogene (P) (41)	U. (Oligocene)		74 Chatian 73 Stampian = Rupelian 72 Sannoisian - Lattorfian	Stampian
				M. (Eocene)		71 Bartonian = Briabonian 70 Ledian 69 Lutetian = Biarritzian 68 Ypresian = Chisian	
			Paleogene	L. (Paleocene)		67 Landinian	Sparnasian Thanetian
						66 Montian 65 Danian	
MESOZOIC	PHANEROZOIC	MESOZOIC	Cretaccous (K) (70)	Upper		64 Mastrichtian 63 Campanian 62 Santonian 61 Coniacian	Senonian

1	2		3	4	5	
	توضعات بحرية					
بنيوزوي	Eon دهر Eonothem عنيد	Era حقب Erathem ايراثيم	Peeriod دور System جملة	Epoch عصر Series زمرة Subseries تحت زمرة	Age عمر Stage طابق	توضعات قارية موائمة
MESOZOIC						
					60 Turonian 59 Cenomanian	
				Lower	58 Alpian 57 Aptian	
					56 Barremian 55 Hauterivian 54 Valangenian 53 Berriasian	Neocomian
			Jurassic (J) (55)	Upper (Malm)	52 Tithonian = Portlandian 51 Kimmeridgian 50 Oxfordian	
				Middle (Dogger)	49 Callovian 48 Bathonian 47 Bajocian 46 Allenian	
				Lower (Lias)	45 Toarcian 44 Pliensbachian 43 Sinemurian 42 Hettangian	
			Triassic T (40- 45)	Upper	41 Rhetian 40 Norian 39 Carnian	
				Middle	38 Ladinian 37 Anisian - Virglorian	
				Lower	36 Olenekian 35 Lndouen	

1	2		3	4	5	
	توضعات بحرية					
	Eon دهر Eonothem	Era حقب Erathe ايرائيم	Peeriod دور System جملة	Epoch عصر Series زمرة تحت زمرة Subseries	Age عمر Stage طابق	توضعات قارية مؤاتية
	PHANEROZOIC	PALEOZOIC	Permian (P) (45)	Upper	34 Tatarian 33 Kazanian 32 Ufemian	
				Lower	31 Koungourian- Saxonian 30 Artinskian 29 Sakmarian 28 Asselian	
			Carboniferous C (55- 75)	Upper	27 Stephanian 26 Moscovian= Westphalian 25 Bashkirian?	
				Lower	24 Namurian 23 Visian 22 Tournaisian	
			Devonian D (50- 70)	Upper	21 Famennian 20 Frasnian	
				Middle	19 Gevetian 18 Eifelian= Couvinian	
				Lower	17 Goblencian Emsian Siegeniani 16 Gedinnian	
			Silurian S (30- 35)	Upper	15 Dauntonian 14 Ludlovian	
				Lower	13 Wenlockian 12 Llandoverian	
			Ordovician O (60- 70)	Upper	11 Ashgillian 10 Caradoc: Upper / Middle / Lower	
				Middle	9 Llandeilo= Llandeilian 8 Llanvirn= Llanvirian	

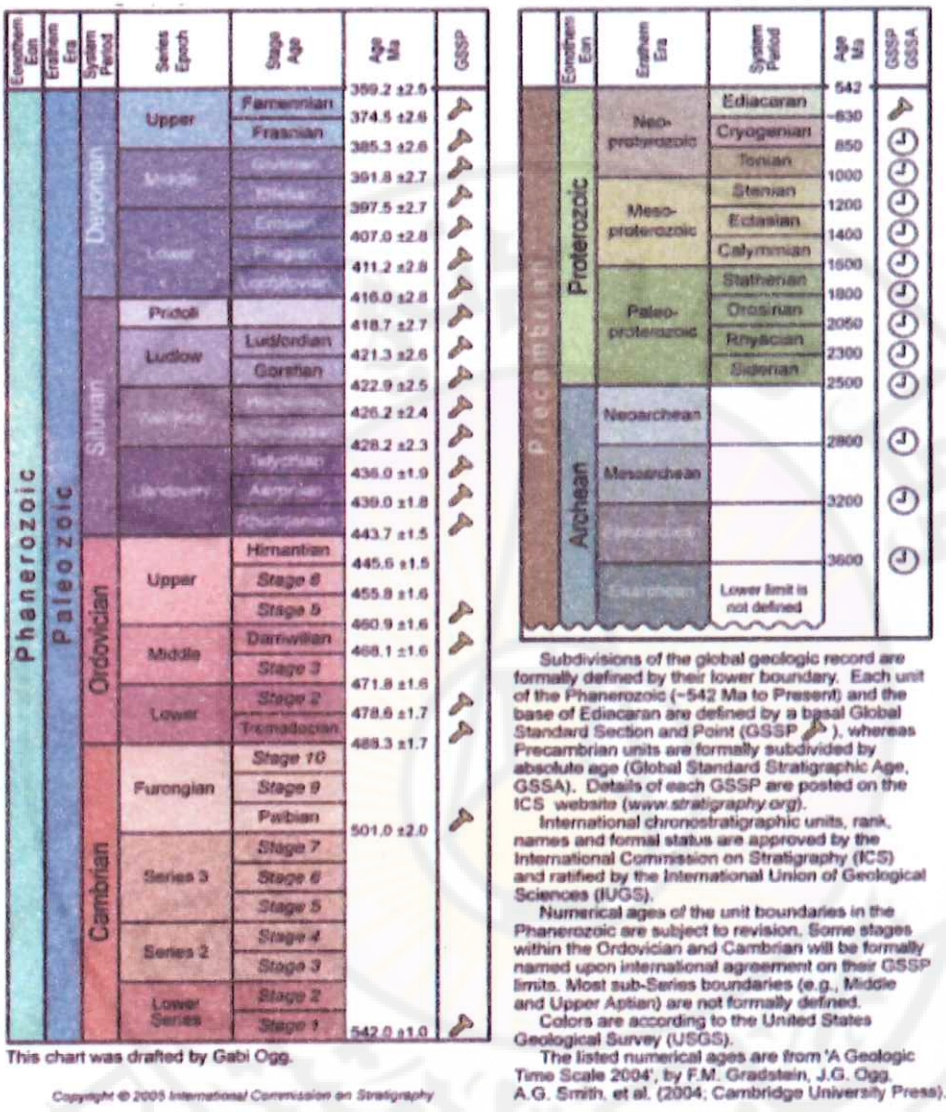
1	2		3	4	5	
	توضعات بحرية					
	Eon مEonothem	Era حقب Erathe ايراثيم	Peeriod دور System جملة	Epoch عصر Series زمرة Subseries تحت زمرة	Age عمر Stage طابق	توضعات قارية موافقة
	PHANEROZOIC	PALEOZOIC	Ordovician O	L	7 Arenigian 6 Tremadocian	
			Cambrian ∈ (70- 90)	U.	5 Potsdamian?	
				M.	4 Maisian } = Acadian(?) 3 Amgenian }	
				L.	2 Enian } = Georgian(?) 1 Aldanian }	
					570 m.y	
ANTECAMBRİAN	PROTEROZOIC	Upper (1000-1200) Z				
		Middle Y	(1600)			
		Lower (1000) X				

1	2		3	4	5	
	توضعات بحرية					
	Eon دهر Eonothem	Era حقب Erathe ايراثيم	Peeriod دور System جملة	Epoch عصر Series زمرة Subseries تحت زمرة	Age عمر Stage طابق	توضعات قارية مواقتة
	ARCHEOZOIC (2600)					

الأعمار مقدرة بملايين السنين.

شكل (١) الجدول الكرونواستراتيغرافي الكوكبي (العالمي) **Global** بناءً على تصنيف التوضعات الرسوبية البحرية.

Damascus University



شكل رقم ٢- جدول استراتيغرافي عالمي Global Stratigraphic Chart من إعداد الاتحاد الدولي للعلوم الجيولوجية International Union of Geological Sciences 1989. مع مضاهاة زمنية جيولوجية Geochronometric ومغناطيسية Magnitostratigraphic - طبقية.

Eonothem Eon	Erathem Era	System Period	Series Epoch	Stage Age	Age Ma	GSSP
Phanerozoic	Cenozoic	Quaternary*	Holocene		0.0118	
			Pleistocene	Upper	0.126	
				Middle	0.781	
				Lower	1.806	
		Neogene	Pliocene	Gelasian	2.588	
				Piacenzian	3.600	
				Zanclean	5.332	
			Miocene	Messinian	7.246	
				Tortonian	11.608	
				Serravallian	13.65	
				Langhian	15.97	
				Burdigalian	20.43	
				Aquitanian	23.03	
		Paleogene	Oligocene	Chattian	28.4 ±0.1	
				Rupelian	33.9 ±0.1	
			Eocene	Priabonian	37.2 ±0.1	
				Bartonian	40.4 ±0.2	
				Lutetian	43.6 ±0.2	
				Ypresian	55.8 ±0.2	
			Paleocene	Thanetian	58.7 ±0.2	
				Selandian	61.7 ±0.2	
				Danian	65.5 ±0.3	
	Mesozoic	Cretaceous	Upper	Maastrichtian	70.6 ±0.6	
				Campanian	83.5 ±0.7	
				Santonian	85.8 ±0.7	
				Coniacian	89.3 ±1.0	
				Turonian	93.5 ±0.8	
				Cenomanian	99.6 ±0.9	
			Lower	Albian	112.0 ±1.0	
				Aptian	125.0 ±1.0	
				Barremian	130.0 ±1.5	
				Hauterivian	136.4 ±2.0	
				Valanginian	140.2 ±3.0	
				Berriasian	145.5 ±4.0	

Eonothem Eon	Erathem Era	System Period	Series Epoch	Stage Age	Age Ma	GSSP
Phanerozoic	Mesozoic	Jurassic	Upper	Tithonian	145.5 ±4.0	
				Kimmeridgian	150.8 ±4.0	
				Oxfordian	155.7 ±4.0	
			Middle	Callovian	161.2 ±4.0	
				Bathonian	164.7 ±4.0	
				Bajocian	167.7 ±3.5	
				Aalenian	171.6 ±3.0	
			Lower	Toarcian	175.6 ±2.0	
				Pliensbachian	183.0 ±1.5	
				Sinemurian	189.6 ±1.5	
				Hettangian	196.5 ±1.0	
		Triassic	Upper	Rhaetian	199.6 ±0.6	
				Norian	203.6 ±1.5	
				Carnian	216.5 ±2.0	
			Middle	Ladinian	228.0 ±2.0	
				Anisian	237.0 ±2.0	
			Lower	Olenekian	245.0 ±1.5	
				Induan	249.7 ±0.7	
	Paleozoic	Permian	Lopingian	Changhsingian	251.0 ±0.4	
				Wuchiapingian	253.8 ±0.7	
			Guadalupian	Capitanian	260.4 ±0.7	
				Wordian	265.8 ±0.7	
				Roadian	268.0 ±0.7	
			Cisuralian	Kungurian	270.6 ±0.7	
				Artinskian	275.6 ±0.7	
				Sakmarian	284.4 ±0.7	
				Asselian	294.6 ±0.8	
		Carboniferous	Pennsylvanian	Upper	Gzhelian	299.0 ±0.8	
					Kasimovian	303.9 ±0.9	
				Middle	Moscovian	306.5 ±1.0	
				Lower	Bashkirian	311.7 ±1.1	
			Mississippian	Upper	Serpukhovian	318.1 ±1.3	
				Middle	Visean	326.4 ±1.6	
				Lower	Tournaisian	345.3 ±2.1	
						359.2 ±2.5	

ملاحظات حول الجدول الستراتيغرافي العالمي:

من إعداد الاتحاد الدولي للعلوم الجيولوجية عام :١٩٨٩

١- لم يرسم هذا الجدول وفقاً لأي مقياس. وهو يستند بشكل واسع على المعطيات التي وَفَّرَها قادة اللجان الفرعية للهيئة الدولية للستراتيغرافية (ICS) والاتحاد الدولي للعلوم الجيولوجية(IUGS)، والفرق العاملة، والهيئات وغيرهم من الجهات ذات الصلة بالموضوع.

٢- GSSP= المقاطع النموذجية Stratotype الكوكبية Global والنقاط التي درست من قبل لجان الإنجاز التابعة للـ (IUGS)، (انظر Cowle et al, 1986).

٣- Working group = WG – لجنة العمل التابعة للـ (ICS) التي قامت بالبحوث على هذا المستوى الستراتيغرافي.

٤- أخذت معطيات القياسات الزمنية الجيولوجية من المنشورات والمخطوطات المتولدة عن الزمن الجيولوجي ومقياس الزمن الجيولوجي مع بدائل من مصادر أخرى أعطيت ضمن قوسين في بعض الحالات. إن المعايرة هي نوعاً ما (اتفاقية) Conventional في بعض الأمكنة، وتعكس طبيعة تكرارية. وقد أعطيت بدون خطأ ±.

٥- إن ايراثيمات البروتيروزوي وجُملَهُ المُبَيْنة تتصل بالحوادث الجيولوجية؛ والتي تم اتباعها مؤخراً من قبل اللجنة الفرعية لستراتيغرافية ما قبل الكامبري التابعة لـ (ICS)؛ وإن القرائن الزمنية الجيولوجية هي كما اتفق عليها من قبل SPS.

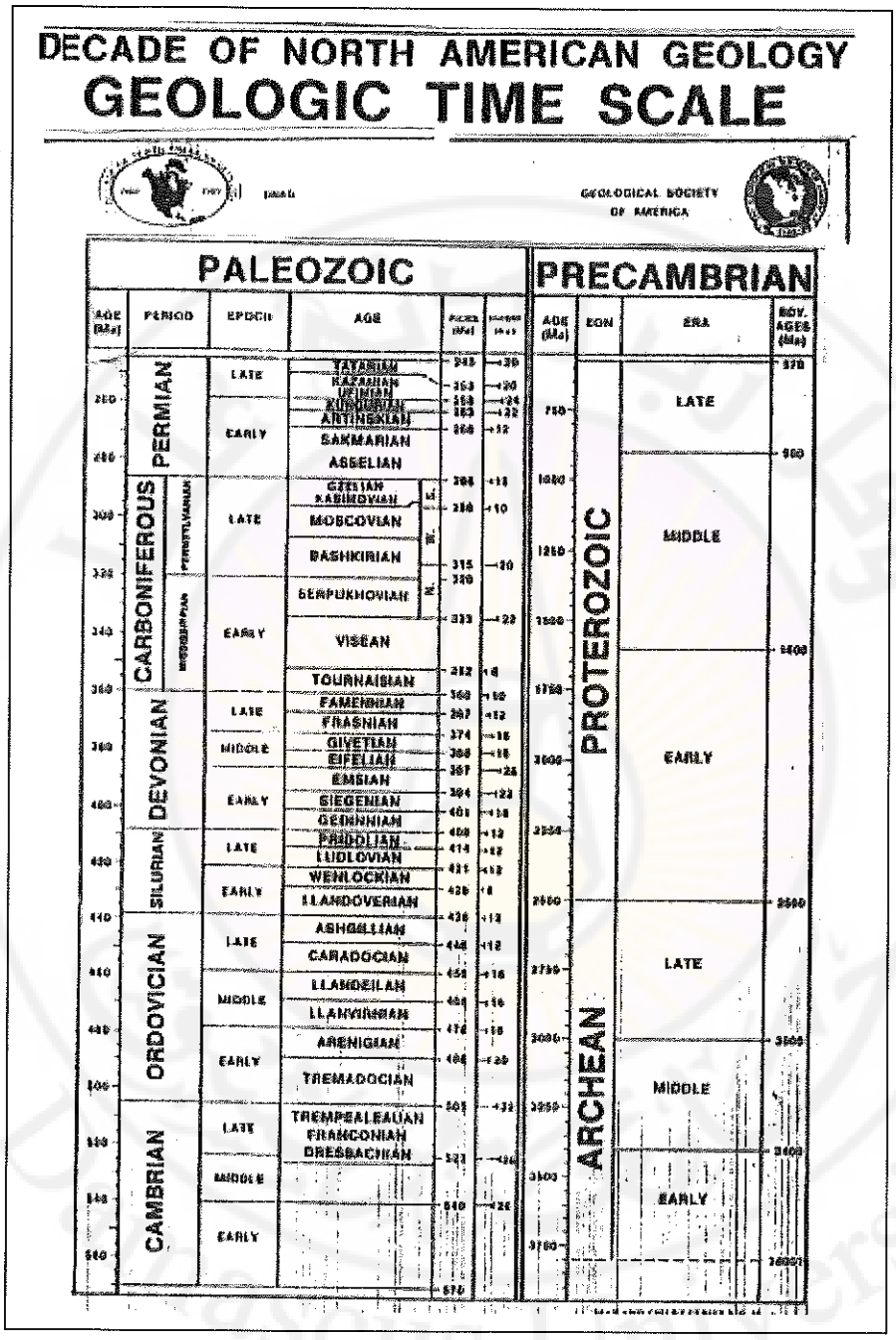
٦- إن (ICS) ومنذ ١٩٧٦، قامت بتقسيم ايراثيم السينوزوي إلى جمل الباليوجين، النيوجين، والرباعي. أو الثلاثي Tertiary فهو مصطلح غير رسمي informal مفيد بحيث يشمل الباليوجيم والنيوجين معاً.

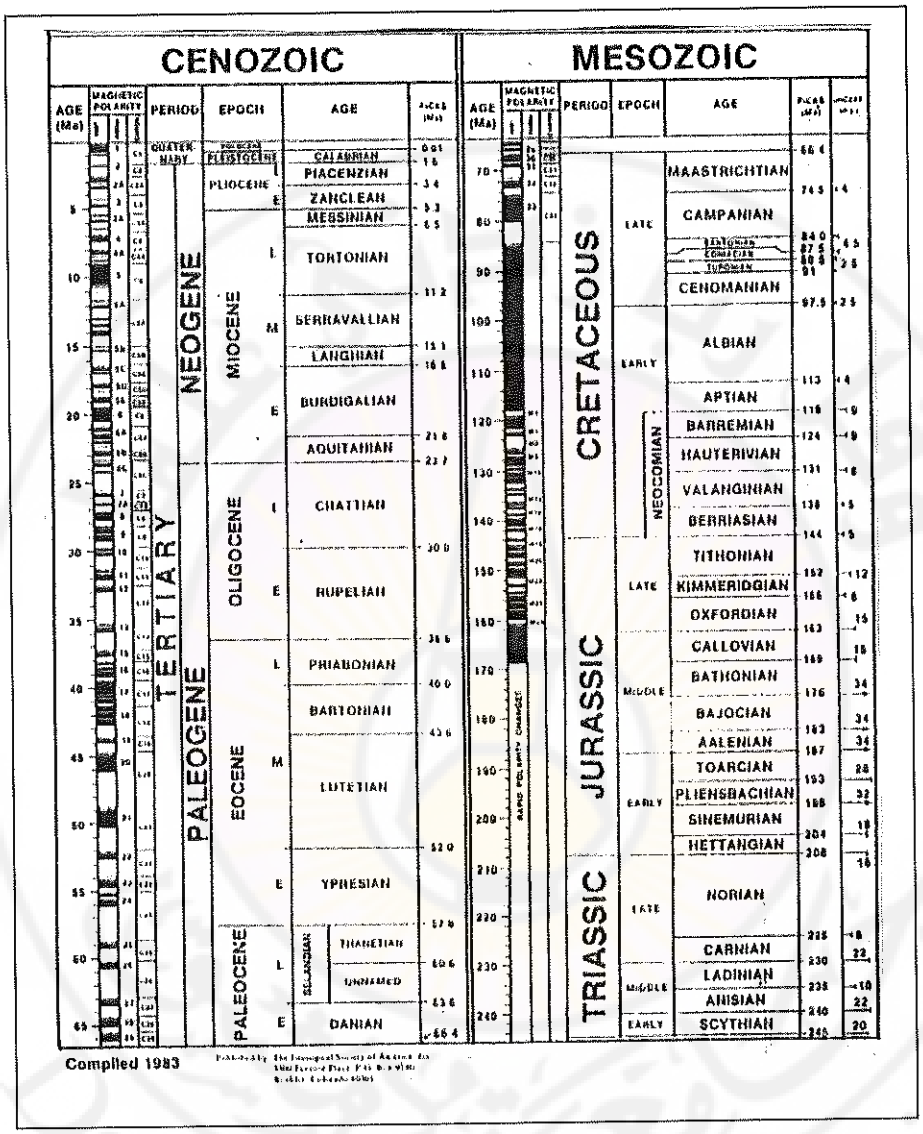
٧- إن اللجنة الفرعية لدراسة الدور الكربوني التابع لـ (ICS) قامت حديثاً بتقسيم هذه الجملة إلى تحت جملتين (لم يعطيا اسماء حتى تاريخه) وبينهما حدود مشتركة تقع في منتصف طابق الشوكيري Chokierian stage. وهاتين تحت الجملتين لا تعادلان لـ Mississipian- Pennsylvanian أو لـ Dinantian- Silesian .

٨- إن الرمز Series والطوابق Stages التي تظهر في الجدول هي على درجات مختلفة من المصداقية الكوكبية Global.

وقد تم تجنب الثغرات الستراتيغرافية Gap بشكل رئيسي، وحيث قدمت خيارات، فإن الخيارات البديلة الواقعة إلى اليسار في الجدول هي المفضلة من قبل (ICS) (والاستثناء الأهم هو التقسيمات الطابقية لجملة الأوردوفيشي). ومن الجدير ذكره، أن ليس جميع التقسيمات الظاهرة ضمن الجدول مقبولة بعد عالمياً، إلا أنها مستخدمة من قبل واضعي هذا الجدول الستراتيغرافي، بصورة وحدات عملية مفيدة في مختلف المناطق الرئيسية. وأن استخدامها هنا لا يعيق المراجعة للتحسين المستقبلي المناسب للوحدات الكوكبية Global units من قبل الجسم المكوِّن و(ICS).

Damascus University


DECADE OF NORTH AMERICAN GEOLOGY
GEOLOGIC TIME SCALE
GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA
PALEOZOIC
PRECAMBRIAN
AGE (Ma)
PERIOD
EPOCH
AGE
EON
ERA
PERMIAN
CARBONIFEROUS
PENNSYLVANIAN
MISSISSIPPIAN
DEVONIAN
SILURIAN
ORDOVICIAN
CAMBRIAN
LATE
EARLY
MIDDLE
TATARIAN
KAZANIAN
UFIMIAN
KUNGURIAN
ARTINSKIAN
SAKMARIAN
ASSELIAN
GZHELIAN
KASIMOVIAN
MOSCOVIAN
BASHKIRIAN
SERPUKHOVIAN
VISEAN
TOURNAISIAN
FAMENNIAN
FRASNIAN
GIVETIAN
EIFELIAN
EMSIAN
SIEGENIAN
GEDINNIAN
PRIDOLIAN
LUDLOVIAN
WENLOCKIAN
LLANDOVERIAN
ASHGILLIAN
CARADOCIAN
LLANDEILIAN
LLANVIRNIAN
ARENIGIAN
TREMADOCIAN
TREMPEALEAUAN
FRANCONIAN
DRESBACHIAN
PROTEROZOIC
ARCHEAN
LATE
MIDDLE
EARLY


CENOZOIC
MESOZOIC
AGE (Ma)
MAGNETIC POLARITY
PERIOD
EPOCH
AGE
QUATERNARY
TERTIARY
NEOGENE
PALEOGENE
PLEISTOCENE
PLIOCENE
MIOCENE
OLIGOCENE
EOCENE
PALEOCENE
CALABRIAN
PIACENZIAN
ZANCLEAN
MESSINIAN
TORTONIAN
SERRAVALLIAN
LANGHIAN
BURDIGALIAN
AQUITANIAN
CHATTIAN
RUPELIAN
PRIABONIAN
BARTONIAN
LUTETIAN
YPRESIAN
THANETIAN
DANIAN
SELANDIAN
UNNAMED
CRETACEOUS
JURASSIC
TRIASSIC
LATE
EARLY
MIDDLE
NEOCOMIAN
MAASTRICHTIAN
CAMPANIAN
SANTONIAN
CONIACIAN
TURONIAN
CENOMANIAN
ALBIAN
APTIAN
BARREMIAN
HAUTERIVIAN
VALANGINIAN
BERRIASIAN
TITHONIAN
KIMMERIDGIAN
OXFORDIAN
CALLOVIAN
BATHONIAN
BAJOCIAN
AALENIAN
TOARCIAN
PLIENSBACHIAN
SINEMURIAN
HETTANGIAN
NORIAN
CARNIAN
LADINIAN
ANISIAN
SCYTHIAN
Compiled 1983

٢-٣- ٢: أصول التسمية العالمية للوحدات الستراتيغرافية ورموزها

Principles of Nomenclature and Symbols of International Stratigraphical Subdivisions:

إن المبادئ الأساسية في وضع رموز الأعمار Age index يجب أن تتمتع بدقة متناهية وجودة في الاختيار، كي لا يسمح بالتسمية الاعتباطية للوحدات الستراتيغرافية. وبالمقابل فإن فك رموز الخريطة الجيولوجية والمقاطع والأعمدة الستراتيغرافية والبروفيلات وغيرها من الوثائق الجيولوجية، يصبح معقداً أومستحيلاً في بعض الأحيان، إذا لم يكن الترميز عالمياً ومبنيٌ على أسس موحدة معروفة.

وقد اعتمد في تسمية الدهور الجيولوجية Eon الرموز التالية:

الاركيوزوي A-Archiozoic (AR*) البروتيروزوي e-Proterozoic (PR) والفانيروزوي (Ph.Z)، أما أحقاب هذا الأخير فهي: الباليوزوي Pz,Paleozoic (PZ) الميزوزوي Mz, Mesozoic (MZ) والسينوزوي أو الكاينوزوي Cz, Cenozoic (KZ). تقسم بعض الأحقاب أحياناً إلى تحت أحقاب، ويعطى لها الرموز التالية:

الباليوزوي السفلي Lowere paleozic-(PZ_1)، الباليوزوي الأوسط- Meddle paleozoic-(PZ_2)، الباليوزوي العلوي Upper-(PZ_3) paleozoic وتستخدم الرموز التالية بالنسبة للجمل System:

الكمبري Cambrian-∈(€M)، الاردوفيشي O-Ordvician، السيللوري S- Silurian، الديفوني D- Divonian، الفحمي C- Carboniferous،

---

* وضعت الرموز القديمة ضمن الأقواس ، أما الرموز التي تسبق الأقواس فهي رموز حديثة أقرت مؤخراً.

البيرمي P- Permian، الترياسي T- Triassic، الجوراسي J- Jurassic، الكريتاسي K- Cretaceous (CR)، الباليوجين P-Paleogene (PG)، النيوجين Neogene (N)، والرباعي Q- Quaternary.

يرمز للزمر Series بحروف الجمل System، مع وضع أرقام عربية إلى يمين هذه الحروف والأسفل. فتوضع الأرقام ١، ٢، ٣، لتقابل بالترتيب الرموز التالية= الأسفل والأوسط والأعلى، إذا كان المتبع في تقسيم الجمل هو التقسيم الثلاثي. وتوضع الأرقام ١ و٢ في حال اتباع التقسيم الثنائي. مثلاً T_3، وتعني زمرة الترياسي العلوي و K_2 وتعني زمرة الكريتاسي العلوي، أما بالنسبة لزمر جمل الباليوجين والنيوجين فيوجد أسماء خاصة بها. فالزمرة السفلى من الباليوجين يطلق عليها اسم الباليوسين Paleocene، والوسطى أيوسين Eocene، والعليا أوليغوسين Ogigocene. أما الزمرة السفلى لجملة النيوجين فيطلق عليها اسم الميوسين Miocene، ويطلق البليوسين Plicene على الزمرة العليا. وكذلك الأمر بالنسبة لجملة الجوراسي فلها أيضاً أسماء خاصة. فالزمرة السفلى تسمى لياس Lias، والوسطى دوغر Doger، والعليا مالم Malm، أما رموز بقية الزمر فتصاغ على نمط تلك السابقة الذكر. مثلاً J_1= زمرة الجوراسي الأسفل، Pg_3= زمرة الاوليغوسين، N_2= زمرة البليوسين. تقسم الزمر Series أحياناً إلى تحت زمر Subseries وتصاغ رموزها على الشكل التالي:

في اليمين والأعلى يدوّن رمز الزمرة، ويكتب بأرقام عربية 1 ,2 ,3 وتعادل على الترتيب تحت الرموز: الأسفل والأوسط والأعلى، في حال اعتماد التصنيف الثلاثي للزمر وتكتب على الترتيب 1 ,2 في حال اعتماد التصنيف الثنائي. مثلاً Pg_1^2 – أيّ تحت الزمرة العليا لزمرة الباليوسن و N_1^3 أيّ تحت الزمرة العليا لزمرة الميوسين.

لكي نرمز للطوبق Stage. يضاف إلى رمز الزمرة من الناحية اليمينية الاسم المختصر لهذا الطابق بحرف أو حرفين لاتينيين. يشير الحرف الأول (البدئي) للطابق، إذا لم يكن هناك أسماء طوابق أخرى مشابهة في نفس الجملة تبدأ أسمائها بنفس الحروف. ولاختيار الحرف الثاني يتبع ما يلي: يؤخذ أقرب حرف صوتي إلى الحرف الأول. وإذا تشابهت الحروف الصوتية، فيؤخذ الحرف الصوتي الثاني في اسم الطابق وهكذا. مثلاً: طابق الباريمي Barremian- Cr_1br وطابق البرياسي Berriasian- Cr_1bs .إن الهدف النهائي من هذا كله منع التشابه في رموز الطوابق التي تضمها جملة واحدة. أما رموز تحت الطوابق Substage فيتبع في وضعها إضافة أرقام عربية 1 ,2 ,3 إلى يمين رمز الطابق، وذلك حسب الرقم المتسلسل لتحت الطابق المراد كتابة رمزه. كما يضاف عبارة أسفل أو أوسط أو أعلى إلى اسم الطابق نفسه، فيقال تحت طابق الألبي الأسفل ورمزه Cr_1al_1.

فيما يتعلق بالوحدات الإقليمية التي تشتمل من حيث العمر على جملتين أو زمرتين. يصاغ رمزهما بتوحيد رموزهما الخاصة بكل منهما معاً بوضع إشارة + بينهما. وإذا كان الهدف توحيد وحدتين استراتيغرافيتين بشكل كامل تضاف إشارة (مضاف). وفي كافة الحالات فيجب كتابة رمز الوحدة الأقدم عمراً في البداية مثلاً $Pg + N_1$ وتشير إلى الباليوجين كاملاً مضافاً إليه الميوسين كاملاً (قد لا يخلو الأمر من وجود ثغرات رسوبية).

وبنفس الطريقة، فإن توحيد زمر الترياسي الأوسط والعلوي يرمز لها -T_2+3 أما جمع طابقي الألبي والأبسي في أسفل الكريتاسي فيرمز لها بـ Cr_1ap+al وهكذا.

في بعض الحالات الخاصة، يلاحظ أن رمز بعض الوحدات الستراتيغرافية

الإقليمية طويل جداً لدرجة أن ذكره كاملاً يصبح غير ممكن عملياً (بسبب جمع عدة وحدات معاً). يسمح في هذه الحالة بإجراء بعض الاختصار في الرمز العام. ولكن وفق الأصول التالية:

إذا كان تحديد الطابق غير معتمد (وبشكل متين) على معطيات باليونتولوجية، فيجب أن يحوي الرمز الموحد على اسم الوحدة الستراتيغرافية (الجملة والزمرة). أما القسم من الرمز الدال على العمر فيختصر حتى الزمرة أو الجملة. أما إذا كان تحديد الطابق مدّعماً بشكل قوي، فيكتفى بذكر رمز الطابق. ويحذف عند إذٍ رمز الوحدة الستراتيغرافية الإقليمية (الجملة أو الزمرة أو غيرها). ولكن على كافة الأحوال يجب ذكر الرمز كاملاً أو شرح ما اختصر منه والطريقة التي اتبعت في ذلك لدى وضع الخرائط والوثائق الجيولوجية.

فيما يتعلق بعمر الصخور الماغماتية، يرمز لها بتدوين الرموز الدالة على الأعمار الموافقة والمتبعة سابقاً، مع إضافة إشارة تدل على التركيب الصخري المميز لهذه الصخور. ويرمز لها بحرف أو حرفين يونانيين. مثلاً بازلت أعلى الكريتاسي βcr_2 وغرانيت الباليوزوي $\alpha\ Pz_3$.

وإذا كان تأكدنا من عمر بعض التوضعات غير مدعم، أو كان الموضوع لا يزيد عن أن يكون افتراضاً، فيضاف إلى يمين رمز العمر علامة استفهام. مثلاً Pz_3?. وإذا كان عمر بعض التوضعات قد حدد في خطوطه العريضة، ولكن دون التأكد من انتسابه إلى واحدة من التقسيمات الصغيرة أو التفصيلية في المقياس الستراتيغرافي الموحد، فيعطي لهذه الوحدات رموزاً يفصل بينها نقطيتين. ومعنى ذلك أن عمر هذه الصخور أما أن تكون الرمز الأول أو الثاني. وعلى سبيل المثال، نرمز لأسفل أو أوسط جملة الجوراسي الذي لم نتمكن من تحديد هويته بشكل قطعي بـ $(J_1:2)$. ومعنى ذلك، أن توضعات الجوراسي هنا قد تكون تابعة إلى

الجوراسي الأسفل والأوسط. وغني عن الذكر، أن الأرقام السابقة الذكر لا تكتب اعتباطياً بل بدءاً من الأقدم عمراً وإلى الأحدث.

٢-٤- بعض الأوضاع الليتولوجية والترسيبية العامة

A general lithologic and sedimentation setuations

تشكل السماكات المتطبقة للصخور، وخاصة الرسوبي منها، موضوع علم الستراتيغرافيا. وفي الواقع إن كافة الأبحاث الستراتيغرافية تهدف إلى "**إيضاح العلاقات الزمانية والمكانية**" للسماكات المتطبقة التابعة لمنطقة ما ضمن الليتوسفير Lithosphere. كما تهدف إلى إظهار العدد الأكبر من التفاصيل حول بنية الزمر البركانية والرسوبية المتواجدة في تلك المنطقة. ومن جهة أخرى، فإن الخصائص البنيوية للسماكات الرسوبية ذاتها (التركيب الصخري، الخصائص الفلزيّة، اللون ، البنيّة، نظام تعاقب الصخور ضمن المقطع الخ...) تستخدم بشكل واسع عند تحديد هذه أو تلك من التقسيمات الستراتيغرافية الإقليمية Regional. إن ذلك، يفسر لنا الاهتمام الواسع للستراتيغرافيين بالتركيب المادي للصخور وشروط تشكلها. كما يفسر، في ذات اللحظة احتواء المؤلفات الستراتيغرافية الكلاسيكية على اطروحاتٍ كاملة في علمي الصخورLithology والتحليل السحني Facial analysis. ونذكر على سبيل المثال في هذا المجال مؤلفات: روخين، ١٩٣٥؛ ويلر، ١٩٦٠؛ ستراخوف، ١٩٦٠؛ دانبار- روجرز، ١٩٥٧؛ ايشر، ١٩٧١ وغيرهم.

ورغم كل شيء، فإننا نفترض أن علمي الليثولوجيا والتحليل السحني يمثلان علمين جيولوجيين مستقلين، رغم العلاقة الوثيقة التي تربطهما بعلم الستراتيغرافيا. والحق يقال بأنّ تطوّر هذين العلمين قد ظهر تأثيره بشكل مباشر على هذا الأخير وخصوصاً في الاتجاهات التطبيقية. انطلاقاً من ذلك سنستعرض بعض الحالات الهامة من المنظارين الليثولوجي والسحني والتي تلعب دوراً هاماً في البحث

الستراتيغرافي، سواء النظري منه أم التطبيقي.

٢-٤-١- تصنيف الصخور الرسوبية ونظام توزعها

Distrebution and classification of sedimentary rocks

على الرغم من أن استخدام مصطلحات مثل الحجر الكلسي Limestone والرملي Sandstone والرمل Sand والغضار Clay الخ... يجري بشكل واسع في التطبيق الجيولوجي، وبالرغم من أن الجيولوجيين يفهمون مدلولات هذه المصطلحات بشكل متشابه "كثيراً أو قليلاً"، فإن من نافلة القول التذكير، بأنه لا يوجد حتى الآن تصنيف موّحّد ونهائي للصخور الرسوبية. وفي الحقيقة فإنه توجد تصانيف متنوعة، يعتمد بعضها على تركيب الصخور أوعلى منشئها أوطريقة توضعها أودرجة تصلبها أوعلى خصائصها البنيوية الخ....

إلا أن أهم خصائص الصخور الرسوبية يتمثل في "التركيب والبنية الفلزّية والكيميائية التي – كقاعدة عامة- لا تكوّن الصخور اعتماداً عليها مجموعات أو صفوفاً خاصة Classes، بل على العكس، تمثل خليطاً من مكونات مختلفة التركيب والمقاييس الحبيّة أو (الحبيبية).

تقسّم الصخور الرسوبية منشئياً إلى ثلاثة مجموعات Groups رئيسية كالآتي:

١- **الصخور الحطامية** Michanical rocks (بما فيه الكلاستية[١] Clastic rocks منها والبيروكلاستية Pyroclastic rocks[٢].

٢- **الصخور الغضارية** Clay rocks.

---

[١] Clastic rocks: الصخور الحطامية، وهي صخور مكونة من حطام الصخور الموجودة سابقاً، الأولى نتجت عن التعرية والحت، ونقلت ثم تمّ توضعها في أحواض الترسيب. من أمثلتها الصخور الرملية ذات المنشأ الريحي، والكونغلوميرا والبريشيا إلخ.

[٢] Pyroclastic rocks: الصخور البيروكلاستية، يحتوي هذا النمط من الصخور على فتات مواد بركانية، تمّ قذفها إلى الغلاف الجوي بسبب النشاط الانفجاري للبراكين ذات الحمم اللزجة.

٣- الصخور الكيميائية والعضوية المنشأ Chemical and organic rocks.

آ-الصخور الحطامية والصخور الغضارية المنشأ-التصنيف الحبيبي للرسوبيات:

يجمل الجيولوجيون الأمريكيون الصخور الغضارية مع الصخور الحطامية، مقتفين بذلك أثر (آ. غريبو)، ويميزون ضمن هذه الأخيرة صخوراً حطامية Clastic. خارجية المنشأ Exogenic وأخرى داخلية المنشأ Endogenic. وبغية تصنيف الصخور الحطامية والغضارية، فإن مقياس الحبّات يلعب دوراً هاماً، وكذلك التركيب الفلزّي وخصوصاً العلاقة بين حبيبات الكوارتز (المرو) والصفاح وحبيبات الصخور الأخرى. ونجد في الشكل ٤ تصنيفاً للصخور الحطامية والغضارية يعتمد على القياس الحبيّ Granolometric classefication، وقد جمعت فيه الصخور الحطامية إلى الصخور الغضارية، بغية تسهيل المقارنة في مقاييس الحبات لدى كل من هذين النمطين الصخريين.

مقاييس الكسرات (مم)	رسوبات غير متماسكة		صخور متماسكة		البنية
	كسرات مشذبة الحروف (كروية)	كسرات حادة الزوايا	كسرات كروية	كسرات حادة الزوايا	
> ١٠٠٠ (١ م)	جلاميد ضخمة	جلاميد ضخمة	كونغلوميرا جلمودية (بودنغ جلمودي)	بريش جلمودي	بسيفيتية
١٠٠٠-١٠٠	جلاميد	جلاميد	كونغلوميرا	بريش	

مقاييس الكسرات		رسوبات غير متماسكة		صخور متماسكة		البنية
من ١٠٠ حتى ١٠	كبير الحبات ١٠٠-٥٠ متوسط الحبات ٥٠-٢٥ صغير الحبات ٢٥-١٠	شقائف	شقائف			
من ١٠ حتى ١	كبير ١٠-٥ متوسط ٥-٢.٥ صغير ٢.٥-١	حصى	حصى	صخر حصوي (غرافليت)		
من ١ حتى ٠.١	كبير ١- ٠.٥ متوسط ٠.٥- ٠.٢٥ صغير ٠.٢٥- ٠.١	رمل		حجر رملي		بساميتية
من ٠.١ حتى ٠.٠١	كبير ٠.١- ٠.٠٥ متوسط ٠.٠٥- ٠.٠٢٥ صغير ٠.٠٢٥- ٠.٠١	(أليوريت)[1]		(أليورولايت)[2]		(أليوريتية)
< ٠.٠١		غضار (بيليت)		أرجيليت		بيليتية

شكل ٤ جدول التصنيف الحبيّ للصخور الحطامية والغضارية. (حسب روخين، ١٩٦٩ – معدّل)

---

[1] اليوريت ، أليورايت Aleurite، مصطلح مشتق من اليونانية Alevron أي دقيق، طحين، وهو حسب العالم الروسي زافاريتسكي (١٩٣٠)، صخر حطامي هشّ يتكون من حبيبات قطرها ما بين ٠.٠١ و ٠.١ مم، وهو ما يسمى في المراجع الغربية والأمريكية Silt.

[2] اليورولايت- Aleurolite، هو حسب باتورين، ١٩٣٢، صخر حطامي، يتكون بشكل رئيسي من الأليورايت، ويمثل اللوس أحد أشكالـــه، ولكن فيه ٥- ٣٠% من مواد بساميتية وبلليتية. للأليورولايت أنواع عديدة تتعلق بنسب المواد الداخلة في تركيبه، ويميز بينها ليثولوجياً.

من جهة أخرى يمكن تمييز أنماط الرمال التالية ضمن الصخور الحطامية استناداً إلى العلاقة بين حبيبات الكوارتز وبللورات الصفاح وحطام الصخور الأخرى. ضمن تلك الأنماط نجد الرمال الكوارتزية (تحتوي على ٥ % من الشوائب مكونة من صفّاح وحطام الصخور الأخرى) والأركوز (يحوي ٥ % شوائب من حطام صخري) والغريواك (شوائب حتى ٥ % من الكوارتز)- ومن البديهي وجود كافة الأنماط الانتقالية بين الأشكال السابقة.

تتضمن الصخور البيروكلاستية ثلاثة أنماط صخرية هي:

١- الطف والبريش الطفّي: ويتكوّن فيهما الملاط والحطام من مواد بركانية المنشأ.

٢- المواد الشبيهة بالطفّ: وتحتوي على ما يزيد عن ٥٠ % من مواد بركانية المنشأ.

٣- الصخور الرسوبية الطفية المنشأ.

ب_ الصخور الرسوبية الكيميائية المنشأ:

أما الصخور الرسوبية كيميائية وعضوية المنشأ، فيمكن تقسيمها إلى عدد من المجموعات، وذلك اعتماداً على تركيبها، كما يظهر في الشكل (٥).

يعتمد التصنيف في هذا الجدول على قرينة واحدة فقط هي التركيب الكيميائي، لذلك فإنه يمثّل تصنيفاً للصخور المكوّنة من مركب واحد فقط.

المجموعات الصخرية	الأنماط الصخرية الرئيسية
الفحمية (الكربونية)	الفحوم الحجرية، الغضار الصحفي القابل للاشتعال- السجيل الزيتي
الاليتية	اللاتيريت، البوكسيت
الحديدية	صخور أكسيدية وكباريت، سيد يريت

المغنيزية	صخور أكسيدية وكربوناتية
السيليسية	دياتوميت، سبانغوليت، صوّان، جاسبر
الفوسفاتية	فوسفوريت
الكربوناتية	حجر كلسي، دولوميت، مارل
الملحية	جصّ، انهدريت، ملح الطعام، صخور بوتاسية-مغنيزية

شكل ٥ – جدول تصنيف الصخور الكيميائية والعضوية المنشأ (حسب روخين، ١٩٦٩).

ج– طريقة تمثيل البنية الليثولوجية باستخدام رباعي الوجوه التركيبي الرئيسي:

إذا أخذنا بعين الاعتبار أن أي صخر رسوبي يتكوّن- عادة- من خليط يدخل في تكوينه عدد من المركبات فقد اقترح بيتيجون (Pettijohn, ١٩٥٧) فكرة **رباعي الوجوه التركيبي الرئيسي**، الذي يمكّننا على خير وجه من تقييم تركيب مختلف الصخور الرسوبية. فالصخور وحيدة المركب، أي تلك التي لا تحتوي على أكثر من (٥ %) من الشوائب، تقع على رؤوس رباعي الوجوه (شكل٥) مثل الرمال الكوارتزية والغضاريات والحجر الكلسي والرسوبات السيليسية. أما الصخور ثنائية المركب فتقع على أضلاعه، بينما تقع الصخور ثلاثية المركبات على وجوهه، وأخيراً الصخور المكوّنة من أربع مركبات فتقع ضمن رباعي الوجوه. ومن البديهي أن رؤوس رباعي الوجوه قد تتضمّن مركبات أخرى مثل: المواد القابلة للاشتعال والمركبات المغنيزية أو الكبريتية. أما تصنيف الصخور على أضلاع رباعي الوجوه التركيبي الرئيسي ووجوهه فنجدها في الشكل ٦. بينما يمثّل الشكل ٧ التصنيفات التفصيلية فائقة الدقة، التي اقترحها روخين وأطلق عليها اسم **المخططات المثلثاتية**.

إن الأنماط التي تمّ حصرها من الصخور الرسوبية والبركانية المنشأ، تكوّن القسم العلوي من الغلاف الصخري Lithosphere أو ما نسميه على وجه الدقّة الغلاف المتطبقّ Stratosphere. وقد قدّر حجمها بالتقريب - حسب عدد من الباحثين- اعتماداً على دراسة نسب تركيز البوتاسيوم والصوديوم ضمن مياه البحار ومعطيات سرعة الترسيب ومساحات توزع السماكات الرسوبية وثخاناتها فكان:

(٣÷١٣). ^{٨} ١٠كم^{٣}. وحسب دراسات قامت بها رونوفا، ١٩٧٢، يتوزع ما يعادل ٧٥ % من الصخور الرسوبية ضمن مناطق المقعرات الجيولوجية Geosyncline أما الـ ٢٥ % الباقية، فتصادف ضمن المناطق السطحية Platform. إن الصخور الرئيسية التي تكوّن الستراتوسفير(*) هي: الغضاريات (الغضار الصفحي) والرمال (الحجر الرملي) والحجر الكلسي على الترتيب، أما الأليورايت، فيتوزع ضمن الغضاريات والرمال.

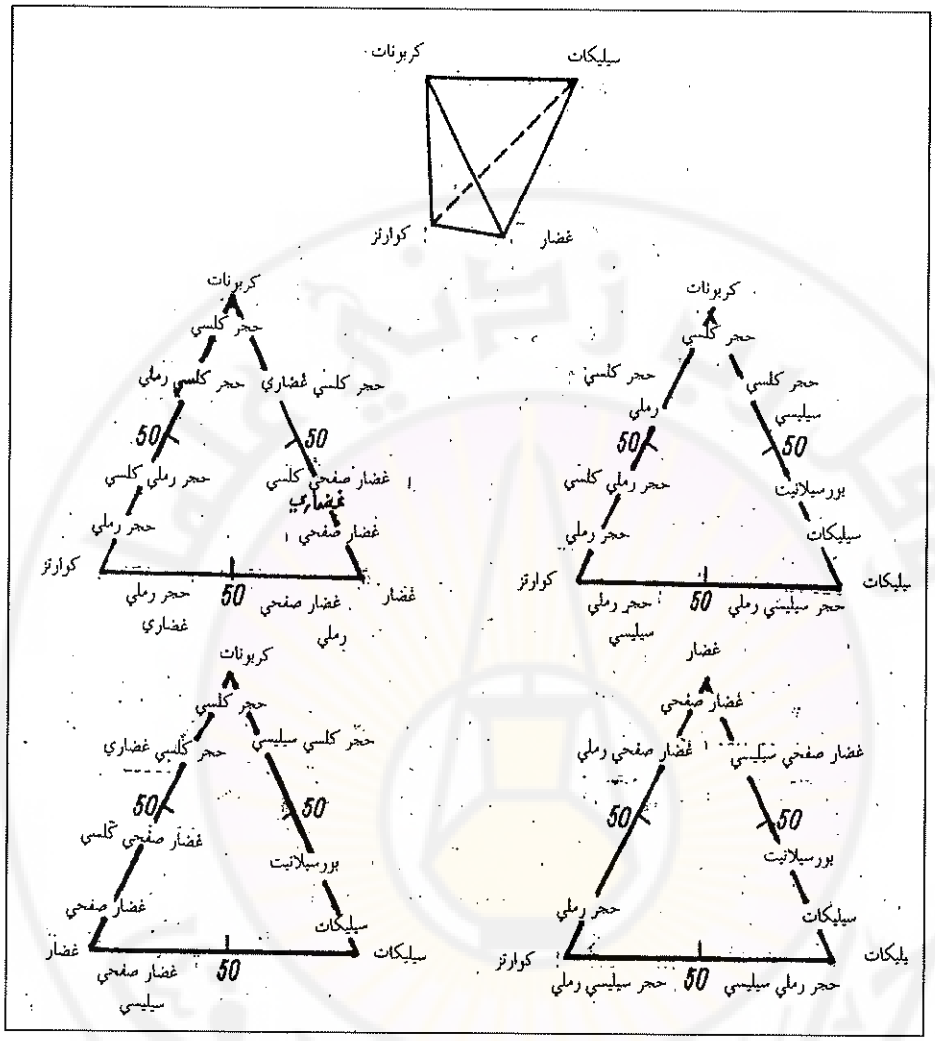
اعتماداً على ما تقدم ذكره، وبناء على الأبحاث المعاصرة المتوفرة يمكننا التوصل إلى الخلاصات التالية:

يمكن افتراض أن الصخور الغضارية تكوّن ٥٠- ٥٥% من كتلة الستراتوسفير، أما الصخور الرملية فتشكل ٢٥ % والكربوناتية ١٥- ٢٠ %.

وبهذا يكون الوزن النوعي للصخور الرملية في السطحيات – على ما يبدو- أعظم .

وللصخور الغضارية أقل منه في النطاقات المتحرّكة (أي في المقعرات الجيولوجية).

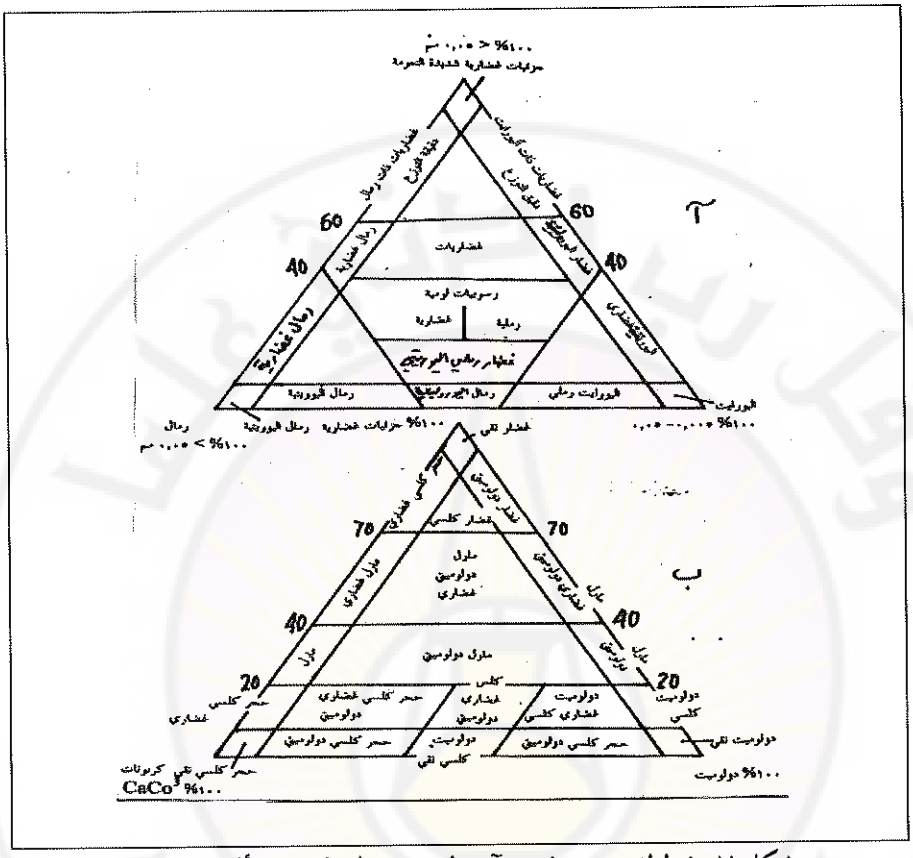
(*) استراتوسفير: أي القطاع المطبق من قشرة الأرض.



شكل ٦- رباعي الوجوه التركيبي الرئيسي, مع التفسيرات المختلفة لوجوهه الأربعة.

(حسب كرومبيان وسلوس, ١٩٥١)

وأخيراً تجب الإشارة إلى أن الكتلة الرئيسية للصخور الرملية تنتسب إلى الزمر القارية Continental series، بينما تنتسب الصخور الكربوناتية إلى الزمر البحرية Marine series.



شكل ٧: مخططات تصنيف : آ- الصخور الرملية – الألبوريتية – الغضارية، ب – الصخو الكلسية – الدولوميتية– الغضارية (عن روخين ١٩٦٩)

٢-٤-٢- التطبق Stratification

يعدّ التطبق أحد أهم خصائص الصخور الرسوبية، الذي يتمتع بأهمية بالغة واستثنائية، لدى وصف المقاطع وتصنيفها، أي تقسيمها أو تصنيفها، وعند تحديد ظروف توضع ومنشأ السماكات الرسوبية. ويفهم من مصطلح التطبق

Stratification، الإشارة إلى التوضع الأفقي "او الميـــل الأولّـــي"[*] لعناصـــر الرسوبات، أو للرسوبات ذاتها والذي يحصل لدى التغيّر في تركيب المادة المترســـبة وسرعة وشروط الترسيب ذاتها ضمن وسط الترسيب.

ترتبط ظاهرة التطبق عادة، بتغيّر نظام الترسيب. أما تشكّل ســـطوح التطبـــق فيرتبط بشروط تراكم الرسوبات وبتصلّب الرسوبات المتوضعة سابقاً (القديمـــة). وهكذا فكل طبقة تنفصل عن الطبقات الواقعة تحتها أو فوقها بتوقف أو انقطـــاع طويل أو قصير الأمد. إلا أن هناك إمكانية أخرى تكمن وراء وقوع حادثة التطبق. وتجب هنا بالدرجة الأولى، الإشارة إلى الترسيب اعتباراً من تيارات المياه العكـــرة، التي تؤدي إلى تعاقب توضع الرسوبات وفق النظام التالي بالترتيب: رسوبات خشنة ثم متوسطة ثم دقيقة الحبات. حيث تكون حدود الطبقات هنـــا قليلـــة الوضـــوح ومتموّجة. ويمكن ملاحظة التطبق في السماكات المكوّنة مـــن عناصـــر موجهـــة Oriented eliments، وعلـــى ســـبيل المثـــال في الصـــخور التجمعيـــة Conglomerate، حيث يتوجه الحصى فيها بفعل التيارات المائية. وأخيراً يتكوّن لدى الغضاريات تطبق دقيق جداً، تسببه الخصائص التي تتمتـــع بهـــا الشـــكبات البللورية للفلذات الغضارية ذاتها.

ومن الجدير بالذكر أن التعريف الوارد سابقاً والذي يلقى قبولاً بشـــكل عـــام بخصوص ظاهرة التطبق، يحتاج إلى بعض التوضيحات المتعلّقة بالجانب التطبيقـــي للبحث الجيولوجي. وقبل كل شيء فإن الحديث عن التطبق أو "الطبقية" يتضـــمّن الإشارة إلى التفاوت أو الاختلاف في التركيب المادي للطبقات المتعاقبة. ويقتنـــع

(*) الميل الأولّي: يقصد بالعبارة أول ميل (إذا وجد؟)، والذي تتصف به الرسوبات الأم قبل تعرضها لأي تشوّه مهما كان. وقد تتوضّع الرسوبات الأم مائلة ميلاً خفيفاً لا يزيد عن عدة درجات، كما سيرد فيما يلي، وخصوصاً يشاهد هذا في تطبق توضعات مصاطب الأنهار ورسوبات الشواطئ والبلاجات.

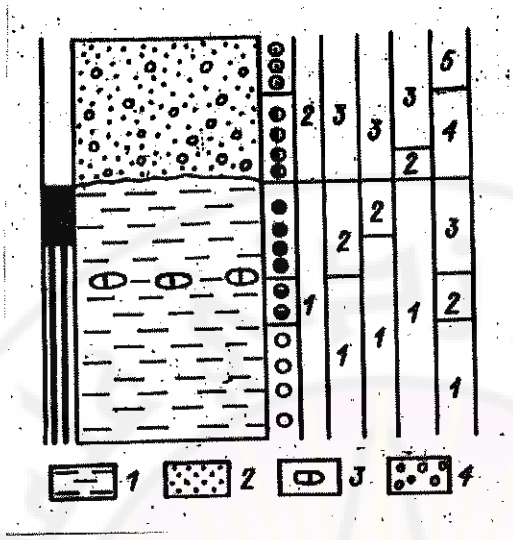
الجيولوجيون غالباً، لدى وصف المقاطع الصخرية، بأن الكثير من الطبقات المعروفة لديهم بشكل جيّد، تتكوّن من عدد ضخم من الطبقات الرقيقة "الطبيقّات" القليلة السماكة بدورها، وتكون هذه الأخيرة متماثلة في تركيبها. هذا من جهة، ومن جهة أخرى، فلدى الزمر الرسوبية العظيمة السماكة، المكوّنة من تعاقبات صخرية، فإن سماكة بعض الطبقات (الحزم) قد تصل إلى عدة عشرات من الأمتار. في هذه الحالة، سيظهر لدى التكشفات- Outcrop غير الكبيرة جزء من الطبقة فقط. وللأغراض التطبيقية كما في عمليات المضاهاة – Correlation بالنسبة لمقاطع معيّنة، يجب البحث عن منطلقات إضافية (مثلاً خصائص توزع الفاونا والفلورا الخ....) تسمح بتمييز مجالات أكثر (تخصيصاً) ضمن المقاطع (أي تسمح بوصف طبقات مستقلّة). وكما أشرنا سابقاً، فإن ظهور صفة التطبّق، ترتبط بعمليات الترسيب. ولكن عند وصف تكشّف مكوّن من تعاقب من الرمل والحجر الرملي، سيُميّزُ الجيولوجيون هذا، وذاك بالطبع على صورة طبقات مستقلة، علماً بأن ظهور الحجر الرملي هو أمر مفروغ منه نتيجة للتصلّب الصخري Diagenese. ولدى تعميم جميع هذه الحالات، يمكن الإشارة إلى أن تحديد الطبقات يجري بطرائق متنوعّة باستخدام مختلف القرائن التي تتمتع بها الصخور الرسوبية، كما يتمّ بما يتناسب وأغراض البحث ودرجات الدقة المطلوبة وأخيراً بما يتفق مع طريقة البحث ذاتها.

آ- طرائق تحديد الوحدات الصخرية (الليثولوجية) في المقطع الجيولوجي:

في الشكل (٨) تظهر الحالات المختلفة لأسلوب تحديد طبيعة وعدد الطبقات الصخرية ضمن تكشُّف exposure، حيث يتمثّل القسم السفلي للمقطع بالغضار والعلوي بالرمل. وفي ظروف عمليات المسح الجيولوجي Geological survey صغير المقياس، حيث لا يتطلب العمل تفصيلاً كبيراً، ويُكْتَفَى بتقسيمِ المقطعِ إلى

مستويين؛ الأوّل غضاري والثاني رملي. إلا أن المسح الجيولوجي كبير المقياس، الـذي ينتج عنه خرائط جيولوجية تفصيلية، مما يتطلّب تحديدات أكثر دقّة وتفصـيلاً، عنـد ذلك يمكن تقسيم الغضار إلى طبقتين بفضل المستوى المرشـد، أو الطبقـة المعلّمـة Marking layer (تسمى أحياناً بالطبقة المفتاحية Key bed)، المكوّن من عقيدات Concretion الكلس. يلاحظ الباحث في الليتولوجيا عند دراسة هذا التكشف تغيراً في التركيب الفلزي للغضار من مستو ى الى آخر، ويمكنه ذلك من تقسيم السـماكة الغضارية إلى طبقات مختلفة، أما بالنسبة للباحث المهتم بالفوسفورايت (الفوسـفات)، فإن تقسيم الغضار لن يكون لـه أهمية تذكر، لكنّنا بالمقابل، نجده مجبراً علـى عـزل المستوى السفلي من الرمل- الغني بعقيدات الفوسفورايت- في صورة طبقة مسـتقلة. وأخيراً يتمكن عَالِمْ طبقات الأرض- اعتماداً على تغيّرات المجـاميع Assemblages النباتية والحيوانية - من تحديد "**طبقته الخاصة**" في هذا التكشّف. حيث إن خصـائص الفاونا والفلورا المتغيّرتين خلال المقطع كماً ونوعاً، ودرجة الحفظ المستحاثي، بالإضافة إلى قرائن أخرى، كل ذلك يسمح بإعطاء كل من هذه الطبقات مواصفات بصـرية بحتة.

على هذه الصورة يستخدم الجيولوجيون - غالبـاً - في عملـهم التطبيقـي الخصائص التي تتمتّع بها الصخور الرسوبية، بغية تحديد ووصف الطبقات المختلفة، حيث لا تتمتع تلك الخصائص بعلاقة مباشرة بالتطبّق كما يظهر من مثالنا السابق (شكل٨). ولكن غالباً ما يقال إن هذه الطبقات التي يبدو أنها حددت أو وصفت بطريقة متفق عليها (أي اصطلاحية) تتوافق في الواقع مع تغيرات معينـة في نظـام وسرعة الترسيب، وأن حدودها Boundary توافق دورة حتية وانقطاعاً ترسيبياً مستتراً وأن الصبغة الاصطناعية لتحديدها، تبدو بالتالي ظاهرية فقط.



شكل٨– الطرائق المختلفة لتقسيم المقطع إلى طبقات استناداً إلى أهداف ودرجة تفصيل البحث. إلى اليسار من العمود الطبقي يظهر التركيب الفلزي للغضار (باللون الأسود– مونتموريلونايت، المخطط – خليط فلزي)، وإلى اليمين يظهر معقدات فاونية متنوعة. أرقام الطبقات المقترحة: ١– غضار ٢– رمل ٣– عقيدات كلسية ٤– حثرات فوسفاتية.

وبغض النظر عن كل ما قيل سابقاً، فإن أسس تحديد الطبقات تكمن في جميع أشكال التغيرات التي تطرأ على التركيب المادي للصخور. كما أن الضرورات الشكلية– لدى وصف خصائص التطبق– أدّت إلى صياغة بعض التصنيفات التي نجدها في الشكل ٩.

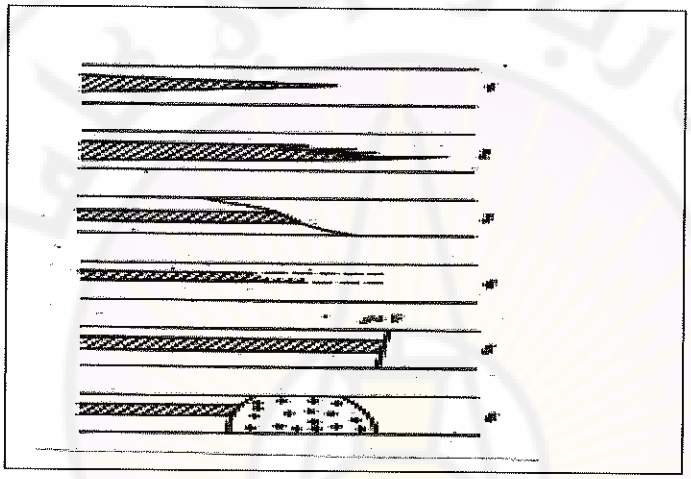
حسب انغرام ١٩٥٤		حسب فوسويفيتش ١٩٥٢	
نمط التطبق	السماكة (مم)	نمط التطبق	السماكة (مم)
طبقة	فائقة الثخانة ١٠٠٠	فوق ثخينة	٥٠٠٠
	ثخينة ١٠٠٠- ٣٠٠	مفرطة الثخانة	٤٠٠٠- ١٠٠٠
	متوسطة ٣٠٠- ١٠٠	ثخينة	٩٠٠- ٥٠٠
	رقيقة ١٠٠- ٣٠	متوسطة	٤٠٠- ١٠٠
	رقيقة جداً ٣٠- ١٠	معتدلة	٩٠- ٥٠
		رقيقة	٤٠- ١٠
طبيّقة (طبقة رقيقة)	ورقية ١٠- ٣	شبه ورقية	٩- ٥
	وريقيّة حتى ٣	ورقية	٤- ١

شكل٩ – جدول يبين طرائق تصنيف التطبّق بحسب سماكة الطبقات (عن انغرام ١٩٥٤ و فوسويفيتش، ١٩٥٢) .

ب– السحنات وتغيرها مع الإنتقال الأفقي:

وعلى أيٍّ حال، يجب على الجيولوجي أن يعرف لدى التطبيق العملي– حتماً– إلى أي حدّ تتمتع الطبقات التي قام بوصفها– ضمن مقاطع خاصّة أو محددة– "بالثبات". ففي الحالات العامة، يمكن تحديد ثبات الطبقات اعتماداً على ظروف الترسيب وأوضاعه وبالتأريخ اللاحق لأعمار التوضعات المترسبة. لذا، تقدم لنا الجيولوجيا أمثلة وافرة حول استمرارية بعض الطبقات"قليلة السماكة"، بصورة واسعة (مثلاً طبقة البنتونايت في توضعات الكريتاسي العلوي، في ولايتي وايومينغ ومونتانا الأمريكيتين، التي تستمر عدداً من الكيلو مترات – حسب مور، ١٩٣٥)،

وبعض حلقات فليش طابق الكامباني، التي تمّت ملاحظتها في شمال - غرب القفقاز، ضمن مساحة بلغت ٦٠ – ٨٠كم حسب غروسهايم ف. ا. ، ١٩٧٣). ومن جهة أخرى تقدم أمثلة حول عدم إمكانية تتبع (استمرارية) الطبقات ضمن تكشف واحد. ويوضح (الشكل ١٠) الحالات المتنوعة لغياب أو انقطاع الطبقة Bed limitation في المكان.



شكل١٠- الحالات المختلفة لغياب الطبقة من المقطع (حسب ل.ب.روخين، ١٩٥٥)

١- التضاؤل. ٢- التضاؤل غير المنتظم. ٣- الانقطاع بسطح تعروي.٤- اختفاء السطوح المحددة للطبقة.٥- التشوه التكتوني. ٦- الحدود الطبيعية لمنطقة تجمّع.

وبشكل عام، يمكن افتراض أن الطبقات التي تحتوي عليها السماكات البحرية الكبيرة، تكون أكثر ثباتاً بالمقارنة مع مثيلاتها القارية Continental أو لدى الطبقات البحرية المركزة أو المكثّفة – Condensed. ويمكن للجيولوجي المتمرّس، افتراض إمكانية استمرار الطبقات الموصوفة من قبله، وذلك بالاعتماد على مظهر الصخور

المدروسة.

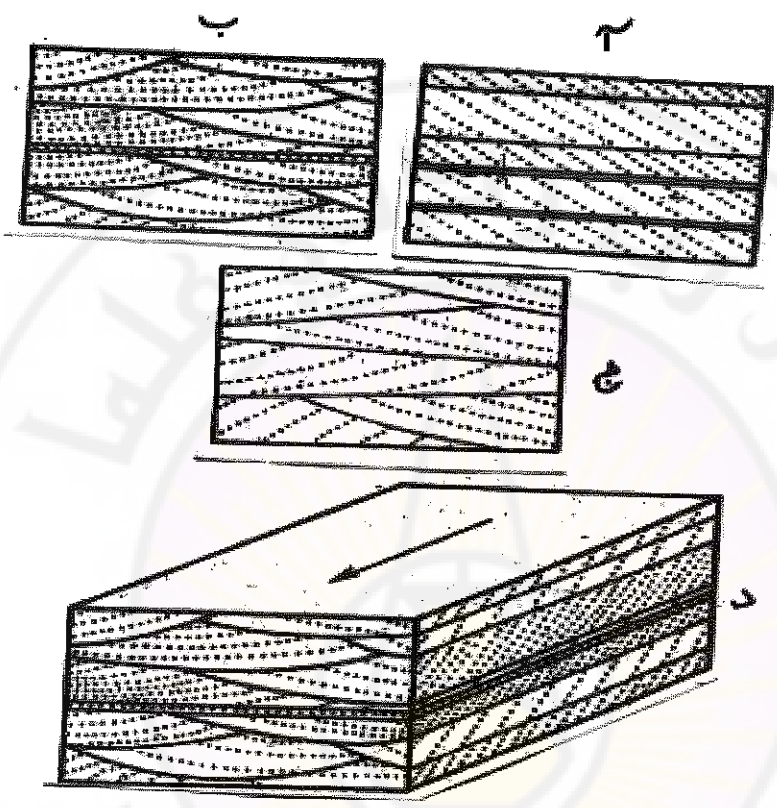
منذ اللحظة الأولى التي يتم فيها تحديد الطبقات ضمن المقطع، يبدأ عمل عالم الطبقات بشكل حقيقي. إلا أن دراسة التطبّق وسطوحه تتمتع بأهمية كبرى، ليس بالنسبة للستراتيغرافيا فقط. فيجدر القول إن خصائص التطبق نفسها تقدم لنا تصوراً عاماً حول درجة الثبات التي تتمتع بها عملية التراكم الرسوبي. إذ يبدو بوضوح، أنه كلما ازداد تكرار حدوث تعاقبات صخرية ضمن المقطع، كلما كانت لحظات استمرار الترسيب أقصر أمداً (**وهو تصوّر صحيح مع بعض التحفظات، إذ ليس نادراً أن نكتشف وجود انقطاعات في الترسيب ضمن الطبقات المتماثلة**).

ج- نماذج التطبق المائل والتشوهات الناتجة عن التشوهات التكتونية-الطيّ والفوالق Slanting bedding:

إن بعض أنماط التطبق تقدم لنا معلومات هامة، ويمثل التطبق المائل Slanting bedding ضمن هذه الأنماط مكانةً خاصة. يصادف هذا التطبق بكثرة وافرة ضمن الرسوبات الرملية – الأليوريتية القارية والبحرية (ضحلة المياه بشكل خاص). وتتلخص أهمية الطبقات المائلة في احتوائها على كمية وافرة من المعطيات التي لا تقتصر على المعلومات المرتبطة بشروط تشكل الرسوبات فقط، بل وباتجاهات حركة الكتل المائية والهوائية التي تتكوّنُ تحت تأثيرها الطبقات **ذات الميل الأوليّ**.

(الميل الأولي يكون خفيفاً عادة، وتتصف به بعض الطبقات الرسوبية فور تشكلها تحت تأثير العوامل التي أوردناها، والقاعدة هي أن تكون الطبقات الرسوبية أفقية. ويلاحظ الميل الأوليّ، لدى الطبقات الرسوبية المتشكلة على البلاجات البحرية أو في مصاطب ومجاري الأنهار، وهي تتبع في ميلها ميل كتلة المياه في سرير النهر باتجاه المصب أو باتجاه البحر في مناطق الشواطئ البحرية).

إن أشهر أنواع التطبق المائل هو: المسطح والعدسي والاسفيني (الشكل١١).

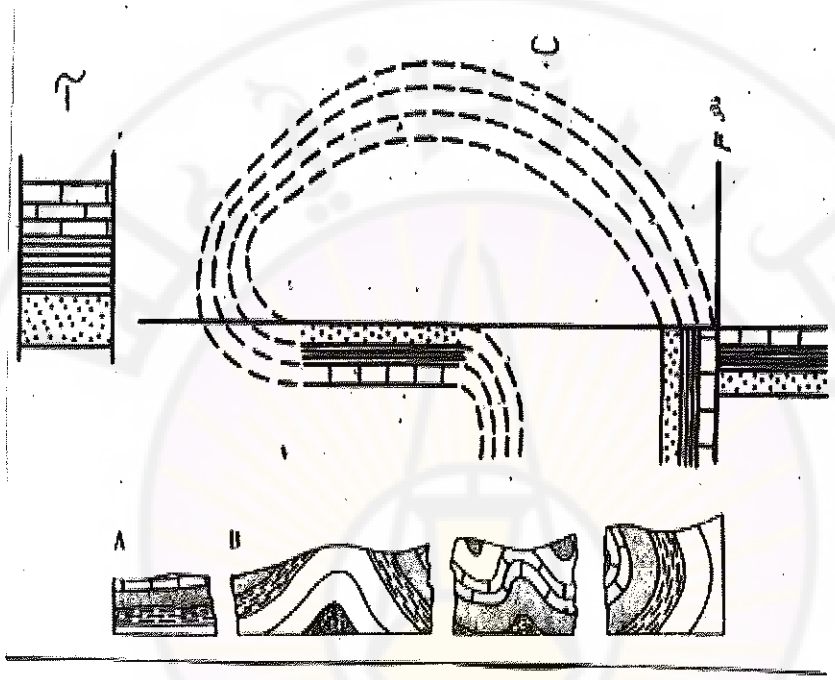


شكل ١١– أنماط التطبيق المائل الرئيسة (حسب شروك ر. ، ١٩٥٠)

آ– تطبق لوحي، ب– عدسي، ج– اسفيني، د– مخطط مجسم يظهر العلاقات العادية بين التطبق اللّوحي والعدسي كتطبقات مائلة. يشير السهم إلى اتجاه الجريان.

كما أن أهمية التطبق المذكور، تظهر لدى تفسير بنى السماكات الرسوبية ضمن النظم المطوية– أي المقعرات الجيولوجية. وإن معرفة أسلوب تعاقب الطبقات،

يسمح بشكل خاص بالوقوف على إمكانية حدوث توضع مقلوب أو يُمكِّن مـــن فهم بنية زمر الطبقات المتوضعة شاقولياً (شكل ١٢).



شكل١٢

أ- تفسير بنية طية مقلوبة ذات أجنحة ايزوكلينالية هابطة عمودياً، وذلك بدراسة تعاقب الطبقات.

يظهر إلى اليسار المقطع الطبيعي للسماكة الصخرية التي تعرضت للتشوّه.

ب- أسس تحديد قمة وقاعدة طبقة (عن موللر) متابعة طبقة في نفس المكان:

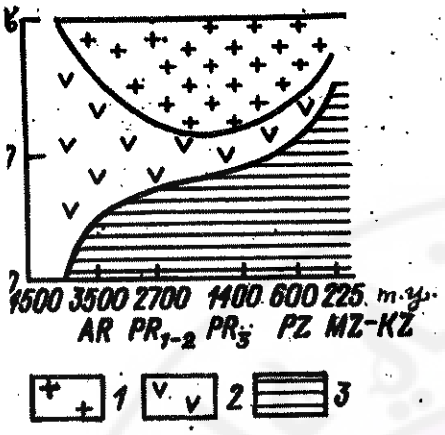
A-توضع أوليّ للطبقات،

B- بعد الطيّ.

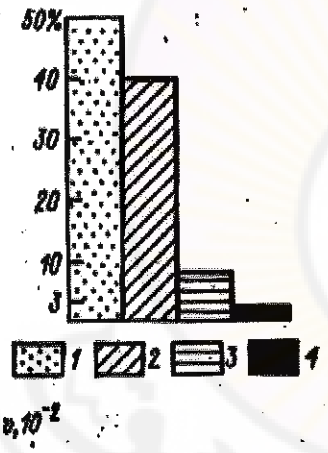
٢-٤-٣- خصائص توضع التتابعات الرسوبية- عدم التوافقات والثغرات

Unconfomities and gaps

عرف منذ نصف قرن مضى، بناءً على دراسة البنية المادية والجيوكيميائية، أن المصدر الرئيسي لتكوّن الصخور الرسوبية – بدءاً من الباليوزوي- يتمثل بالتوضعات الرسوبية الأقدم عمراً (Barrell، 1917؛ Clark، ١٩٤٢). يؤكد ذلك، الدراسةالإحصائية للمعطيات الجيولوجية القديمة Paleogeology والجغرافيا القديمة Paleogeography (شكل ١٣). وتُظْهِرُ معطيات علم الترسيب المعاصر، أن نصف الصبيب الصلب للأنهار يتوضع في دلتاتها، بينما يتوضع ٤٠ % في المناطق البحرية الضحلة، ولا يصل سوى ٣- ٥ % إلى المناطق البحرية العميقة (جيفوتوفسكايا ا. ي.١٩٦٤) (الشكل ١٤). وعلى ما يبدو، فإن هذه النسب قد حفظت خلال الماضي الجيولوجي. إلا أن مقطع أي من أحواض الترسيب، يُظْهِرُ أن الثخانة الأعظمية للتوضع، ليست من نصيب المناطق، الهامشية، بل تقع ضمن المناطق العميقة من تلك الأحواض. إن من الأمور الداعية للحيرة بصورة أكبر، تلك النتائج التي نحصل عليها عند حساب سرعة توضع الرسوبات – أي العلاقة بين حجم الرسوبات بالنسبة لمساحة حوض الترسيب ومدد العصور الجيولوجية- ضمن تلك الأحواض.



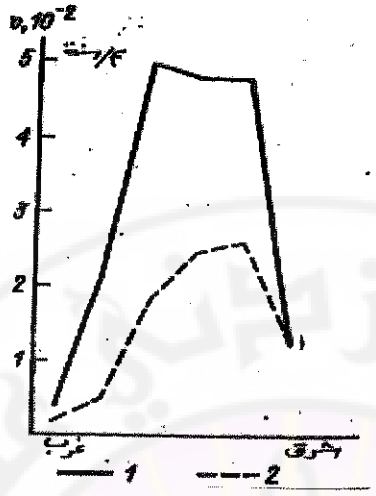
شـــكل ١٣- مخطـــط تغيّـــر علاقـــات مجموعات الصخور الهامة بدلالة الزمن.
(حسب رونوف آ. ب. ١٩٧٢مع تعديل وفق *USGS ، ١٩٨٠)
١-غرانيت واورتوغنايس.
٢-اندفاعيات.
٣-صخور رسوبية



شكل ١٤- توزع منتجات الصبيب الصلب المعاصر في الأنهار بمختلف نطاقات الترسيب.
(حسب جيفوتوفسكي آ. ي.، ١٩٦٤).
١-الدلتات.
٢-المناطق البحرية الشاطئية.
٣-البحار المفتوحة.
٤-المنخفضات البحرية العميقة.

---

* USGS: للولايات المتحدة الأمريكية Geologic Names Committee، ١٩٨٠. في AGI data Sheets ، الطبعة الثالثة، J.Thomas Dutro, Jr. وآخرون، معهد الجيولوجيا الأمريكي، ١٩٨٩.



شكل ١٥– مخطط سرعة توضع رسوبات الكريتاسي في شمال– غرب سيبيريا .
(حسب ميسيجنيكوف م. س.، ١٩٧١).
١– توضعات طابق السينوماني. ٢–توضعات طابق الماستريختي.

آ– سرعة ترسيب التوضعات الرسوبية:

في الشكل ١٥، يظهر مخطط تغيّر سرعة الترسيب ضمن البنى الرئيسية لشمال – غرب سيبريا (حسب ستيبانوف د. ل. ، ١٩٧٩). ومن السهولة بمكان، الاقتناع بأنه سواءٌ أكان الأمر بالنسبة لتوضعات طابق السينوماني المالحة المياه، أم بالنسبة لتوضعات الماستريختي البحرية عادية الملوحة، فإن سرعة الترسيب في مركز الحوض تكون أكبر بعدد من المرات، منها في أطرافه الشرقية والغربية.

وهكذا نستنتج أن سرعة، الترسيب الخاصة بالسماكات الصخرية القديمة لا تعكس المسار الحقيقي للترسيب، بل تظهر كوسيلة للحفاظ على "كمال" المقاطع وبالتالي، خلال أي من فترات الزمن الجيولوجي يحصل توزّع "لا يعرف الانقطاع" للرسوبات التي تراكمت اعتباراً من الأطراف وباتجاه مركز الحوض. وبطبيعة الحال فإن هذا يؤدي إلى، حذف قدر كبير من الرسوبات ذات التوضع الأولي من مقاطع

جيولوجية محددة. ويعتبر هذا الوضع، بمثابة الإيضاح الوحيد لواقع الفروق الهائلة (ما يعادل ٢-٣ مرات) بين سرع ترسيب التوضعات المعاصرة والقديمة، طالما أن الجيولوجيا قدمت عدداً كبيراً من الأمثلة غير القابلة للنقاش، عن التوضع فائق السرعة، وذلك ضمن طبقات الباليوزوي والميزوزوي (كدفن الغابات الحية ضمن التوضعات القارية، والدفن الحيّ للمتعضيات القاعية Benthic أو تلك التي ابتلعتها الأوحال الناعمة بما فيها زنابق البحر Crinoids الخ....).

ب- انقطاعات الترسيب Diasteme:

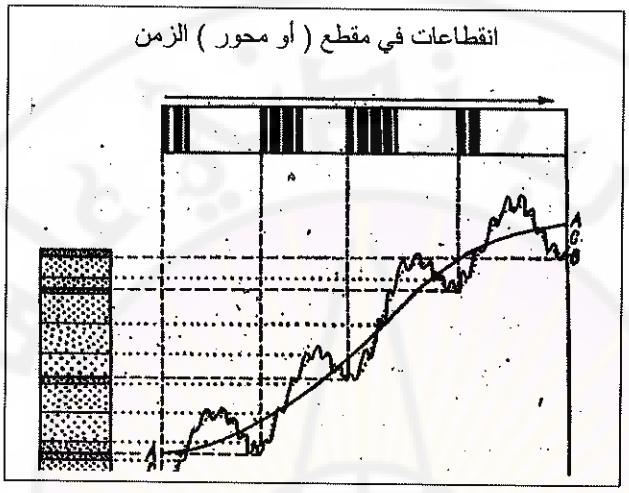
لقد أشار باريل (Barrell،١٩١٧) إلى الحقائق سابقة الذكر لأول مرة، إذ لاحظ أن الترسيب، ليس إلا حدثاً إيقاعياً Rhythmic، تضبطهُ أو تسيّرهُ التغيّرات التكتونية والمناخية. ويُظْهِرُ الشكل ١٦، نموذجاً وَضَعَهُ باريل، بغية بيان وضع تلك التغيرات بالنسبة "لمنحني التكافؤ (آ- آ). ويبيّن الشكل بوضوح، كيف أن زمن توضع الرسوبات أقصر بكثير من زمن توقف الترسيب أي- زمن الانقطاعات الترسيبية. بناء على ذلك، فإن توضع الرسوبات التي تمّ حفظها قد حدث بسرعة فائقة.

إن الانقطاعات الترسيبية التي تمثّل إحدى مميزات عملية الترسيب أسميت بالدياستيمات* (مفردها Diastem) من قبل باريل. وأن هذه لا تسجّل- مع الاسف الشديد- ضمن المقاطع الجيولوجية، رغم أن برينكمان (١٩٢٩، Brinkmann) قدّم طريقة بارعة تهدف إلى الكشف عن وجودها، وذلك بناء على دراسة بنية الكوسموسيراتيدات (أحد عوائل الأمونيات Ammonites). فقد افترض

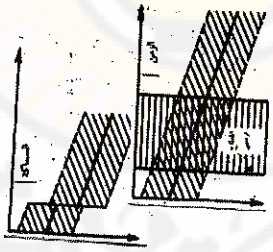
---

* دياستيم Diastem أو Diastema: عدم توافق نتج عن فترة انقطاع محلية في الترسيب Non-deposition Period أو ذات امتداد زمني قصير.

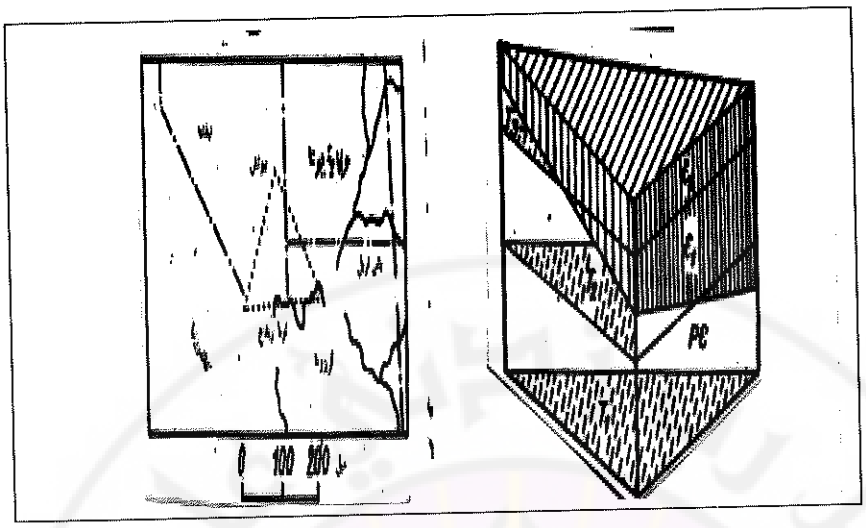
أن بنية هذه الأمونيات، تتغيّر مع الزمن وفق نظام صارم. ولقد أشار برينكمـــان، إلى مستويات ضمن المقطع الجيولوجي، لاحظ فيها أن تلك المستويات تختص بـــتغيرات فجائية –شكل ١٧.



شكل ١٦– مخطط يظهر تذبذبات مستويات الترسيب وانعكاساتها في المقاطع (إلى اليسار) والمدد النسبية لفترات الترسيب والانقطاعات الترسيبية (إلى الأعلى)، حسب باريل–١٩١٧.



شكل ١٧– مخطط برينكمان الذي يوضح طريقة قياس سماكات الرسوبات، التي تم تدميرها خلال "دياستيما"واحدة. (حسب زيغلر، ١٩٧٢).



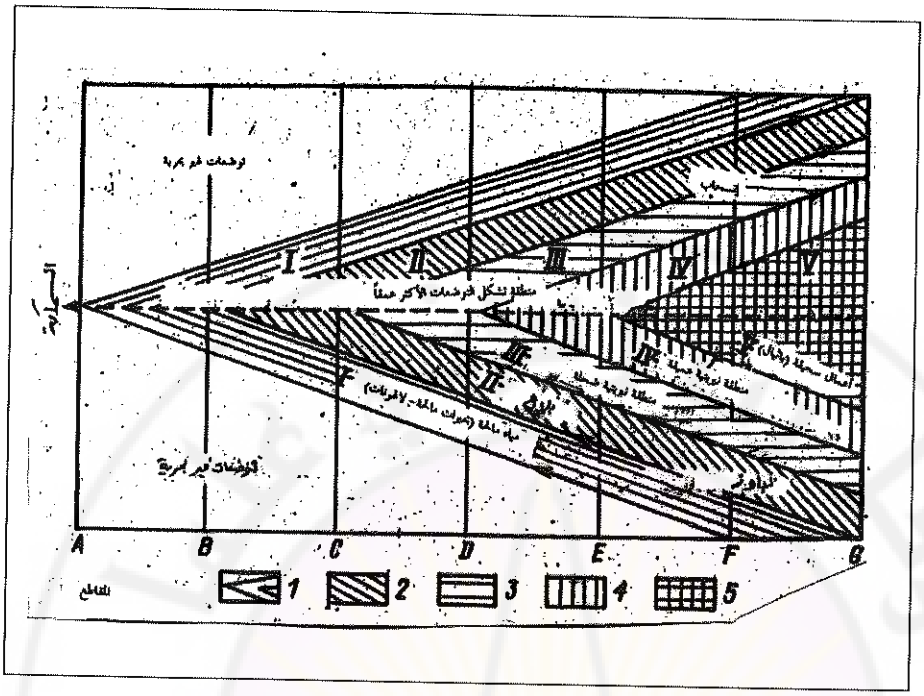
شكل ١٨– مخطط ثلاثي الأبعاد لتغيرات عمر الغضار الصفحي في تشكيلة (برايت انجل) الممثل بخطوط شاقولية، وذلك في مختلف مناطق توزعه (حسب ويللر وبيسلي، ١٩٤٨) قاعدة السماكة في كاليفورنيا– مقطع (نوبا ريدج)، البريكامبري، وفي نيفادا، مقطع (بيوتش) الكامبري السفلي، وفي اريزونا (مقطع باس تريل) الكامبري الاوسط.

T1– مستوى ضمن ما قبل الكامبري .

T2– مستوى أساس الكامبري السفلي،

T3 – مستوى الحدود بين الكامبري الأسفل والأوسط.

Damascus University



شكل١٩– تغير السحنات خلال دورة تجاوزية أو (طغيانية)– انسحابية واحدة.
١– ٥ معقدات المنخربات المحيطية

ولدى سحب القسم العلوي من الشكل اليساري شاقولياً نحو الأعلى، حتى الوضع الذي يتطابق فيه مع القسم السفلي، نتمكّن من الوصول إلى تقدير سماكة الرسوبات المحذوفة من المقطع (التي تمّ تدميرها، أي ازالتها). ومن الجدير بالذكر أن طرائقاً كهذه لا يمكن استخدامها إلا بالنسبة لعدد محدود من المقاطع، هذا بالإضافة إلى أنها تعدّ بالغة الصعوبة لدى التطبيق الفعلي. ومن الجدير بالذكر أيضاً، أن تحفظ في الأذهان حقيقة أن قسماً قليلاً فقط من التوضعات التي تمّ تراكمها، يتم حفظها ضمن أي مقطع. لذلك تبدو قضية التأكد من تواقت زمن تكوّن

التشكلات ممكن فقط لدى درجة محددة من الدقة تعادل ما لا يقل عـــن ٢٠٠- ٥٠٠ ألف سنة (لدى استخدام الطرائق البيوستراتيغرافية، مع اســـتثناء توضـــعات الدور الرباعي).

ج- التوزع المكاني للأجسام الجيولوجية:

لقد عالجت الأمثلة السابقة حالات تدور حول مقاطع خاصة، بينما ننتقل الآن إلى البحث في موضوع التوزع المكاني للأجسام الليثولوجية، وأن هذا يضعنا وجهاً لوجه أمام مشاكل من طبيعة مختلفة مثل: إلى أي حدّ يتواقت بدء وانتهاء تشـــكل حزم أو تتابعات رسوبية محددة في إطار نقاط ختلفة تكوّنها الطبيعية؟

توجد بلا شك أجسام ليثولوجية قليلة الثخانة بأعداد لا تحصى، وتبدو هـــذه متواقتة في جميع الأمكنة التي تتواجد فيها. واسطع مثال على ذلك طبقات الرمـــاد البركاني Volcanic ash وطبقات البنتونايت Bentonite. وإذا اعترفنا بسيطرة مناظر طبيعية- Landscape (المقصود شروط بيئية طبيعية محددة) معينة في نقاط خاصة من سطح الأرض، كانت تسيطر لمدد بالغة الطول، إذ تقدّر أحياناً بعشرات ملايين السنين، فمن الطبيعي افتراض، أنه تبعاً للتطوّر التكتوني لتلك المناطق ستظهر أوضاع متشابهة في مناطق مختلفة "خلال أزمنة متفاوتة"، **يؤدي هذا إلى تشـــكل سماكات غير متماثلة العمر – ومن جهة أخرى- غير متواقتة.**

د- الدورات الترسيبية Sedimentary Cycles:

في سنة ١٩٤٨، نشر كل من ويلر وبيسلي نتائجهم حول دراســـة مجموعـــة (برايت انجل) ضمن القسم الجنوبي من الخانق الكبير Grand canion في الولايات المتحدة- شكل ١٨. وقد تبين أن عمر قاعدة هذه المجموعة المكوّنة من الغضـــار الصفحي- Shale، يتراوح بين ما قبل الكمبري في الشمال وحـــتى الكمـــبري الأوسط في الجنوب الغربي. فتوصل هذان الباحثان، بناء على ذلك، إلى أن تـــوزع

السماكات الرسوبية يحدده التجاوزات البحرية الحاصلة عبر الزمن، وبالتالي فإن حدود تلك السماكات لا يفترض بها أن تكون متماثلة في العمر. ولقد توصل شو Show- ١٩٦٤، على نفس النتائج، في دراسته حول ديناميكية الترسيب في البحار الهامشية Epicontinental Sea.

تمثل جميع هذه المعطيات في واقع الأمر ملحقات تطبيقية لقانون "غالوفكينسكي- والتر حول **الانتقال التدريجي للسحنات**. التي تحلّ إحداها محل الأخرى شاقولياً (أي في الزمان) وأفقياً (أي في المكان). ويظهر **الشكل ١٩** نظام تغيّر السحنات خلال دورة تجاوزية- انسحابية Transgressive-Regressive Cycle واحدة. وتشمل الدورة الترسيبية حركتين لخط شاطىء البحر واحدة تجاوزية تعقبها حركة إنسحابية وتختصّ كل منهما بسحنات رسوبية كلاستية ورملية وغضارية خاصة، تحفزهما بالتبادل أنشطة تكتوزنية قشرية.

وهكذا يمكننا استنباط الخلاصة التالية: **تتناسب إمكانية عدم تواقت حدود سماكة ما طرداً مع تزايد زمن تكون تلك السماكة**. وتجب هنا ملاحظة أن كافة الأمثلة التي تمّ استعراضها سابقاً تنتسب إلى رسوبات توضعت في إطار شروط "جغرافية طبيعية" محددوة.

هـ- الترسيب والتكتونيك Sedimentation and Tectonics:

يرتبط الترسيب عبر الزمن بشكل وثيق بالحركات التكتونية، بل ويتحدد بتلك الحركات بشكل عام. وتبدو أوضح صور الارتباط بين عمليات الترسيب وبين النشاط التكتوني على شاكلة ما يسمى بالطبقات التعويضية Compensating bed وغير التعويضية Non-Compensating bed. وتتلخص هذه الحالات بأنه في ظروف بلوغ "منحني تكافؤ السماكات"، فإن الرسوبات المتراكمة تعادل في ثخانتها قيمة الهبوط الذي يطرأ على قشرة الأرض. ففي حالة كهذه، حيث

تكون سرعة الترسيب أكبر في قيمتها من قيمة النشاط الهبوطي، يحدث (امتلاء) في الحوض الترسيبي، ويتم تقسيمه إلى مجموعة من الأحواض الفرعية، وأخيراً يؤدي هذا كله إلى توقف كامل في عمليات الترسيب. كما حدث في شرق السطيحة الروسية خلال الطابق الكازاني- ترياسي. وعلى العكس، ففي ظروف تكون فيها سرعة الهبوط متفوقة على سرعة الترسيب، تتكوّن منخفضات ضمن المنحدر القاريّ Inter- shelf depression (وذلك في السطحيات) ومنخفضات بين جبلية Hollow (ضمن المناطق الجيوسينكلينالية)، حيث تتوضع رسوبات ضحلة المياه قليلة السماكة بشكل شاذّ. ومثال ذلك توضعات تشكيلة الغضاريات البيتومية في سيبيريا الغربية والتابعة لدور الجوراسي العلوي Upper Jurassic Period.

يضاف إلى ذلك، أنه غالباً ما تصادف حالات غياب كامل أو جزئي لرسوبات توافق مجالات زمنية محددة بدقة من الوجهة الكرونولوجية (مثلاً: الكرونات(*)، الأعمار، العصور، الأحقاب، الأدوار). وغالباً ما تظهر هذه الانقطاعات الترسيبية ضمن مساحات شاسعة الامتداد. أما أسباب هذه الانقطاعات، فتتمثل غالباً بالنشاط التكتوني وبما يرتبط به من تغيرات باليوجغرافية من النمط الإقليمي أو المحلي. وإلى جانب هذه الحالة، هناك حالات أخرى تتسبب في حدوث الانقطاعات الترسيبية. ونقصد بذلك التباطؤ الحادّ في سرعة الترسيب، وكذلك التعرية تحت المائية ووجود تيارات مائية ذات جريان دائم، تحمل جميع ما يرد من رسوبات (كما يحدث على هضبة "بلاك" على شواطئ فلوريدا بالولايات المتحدة) وأخيراً فقد ترتبط الانقطاعات بتيارات العكر Mud currents المحمّلة بالطين

(*) الكرون Chron: وحدة جيوكرونولوجية ذات علاقة بأحقاب القطبية المغناطيسية العادية Normal والمقلوبة Reverse، وقد تستمر فترة كرون واحد $10^4 - 10^5$ سنة، ويسود فيها نمطي القطبية المغناطيسية المذكورين. وقد يقابلها استراتيغرافيا النطاق- zone.

والأوحال.

تمثل الانقطاعات أحداثاً ذات أهمية تطبيقية بالغة بالنسبة للجيولـــوجيين، ودون وضع الانقطاعات الترسيبية في الحسبان، لا يمكننا مضاهاة المقـــاطع الجيولوجيـــة الخاصّة بشكل صحيح وبعيد عن الأخطاء. كما أنه من المستحيل رسم أي نمط من الحدود الستراتيغرافية. فالحقيقة الأجدر بالاهتمام هي، كون تلـــك الانقطاعـــات تتضمن في ذاتها مجموعة "هائلة" من المعلومات المرتبطة بالتطوّر التكتوني والجغرافي للمنطقة. ولذلك، فبطبيعة الحال يلزم لتمثيلها "لغة اصطلاحية" موحدة بشكل يحوز الرضى. ومن المعتقد أن أحد أنجع التصانيف التي تتناول الانقطاعات وما يرتبط بها من "عدم توافقات" هي التي تقدم بها كلّ من دانبار وروجرز (الشكل ٢٠).

و- عدم التوافق Disconformity:

يقترح كل من دانبار وروجرز أربعة احتمالات ممكنة لعدم التوافق وهي كمـــا يلي:

١- لا توافق غطائي Nonconformity وهي حالة توضع الصخور المتطبقة فوق صخور اندفاعية أو متحولة غير مطبقّة وهو عدم توافق طبقيّ، أي في التطبق ذاته..

٢- عدم توافق زاوي Angular unconformity يطلق هذا الاسم علـــى حالة سماكتين صخريتين مشوّهتين بأشكال مختلفة، وتتمتعان بعناصر توضع طبقيـــة مختلفة (اختلاف اتجاه – Strike الطبقات وزوايا ميلها Deep).

٣- عدم توافق متوازي Disconformity وهي حالة سمـــاكتين صـــخريتين تتمتعان بعناصر توضع طبقية متماثلة (فيما يتعلق بالاتجاه والميل) و بنفس الوقـــت، توجد بينهما حدودٌ تعروية شديدة الوضوح، تتمثل بسطح تماس Contac غـــير مستو أو متموّج، وبآثار نشاط حديدي (وجود أكاسيد الحديد الملونة) في سقف

الرسوبات السفلى، وبتراكم مواد حطامية خشنة أو تجمعات فوسفاتية في قاعدة الرسوبات الغطائية، وقس على ذلك. وبشكل عام يميز هذا النوع من عدم التوافق انقطاع في الترسيب، أي أن سماكة رسوبية حُذِفَتْ من المقطع الجيولوجي. وهو يسمى أحياناً عدم توافق متوازي Parallel unconformity أو عدم توافق طبقي تعروي متوازي (Sofiano، ١٩٥٧)*

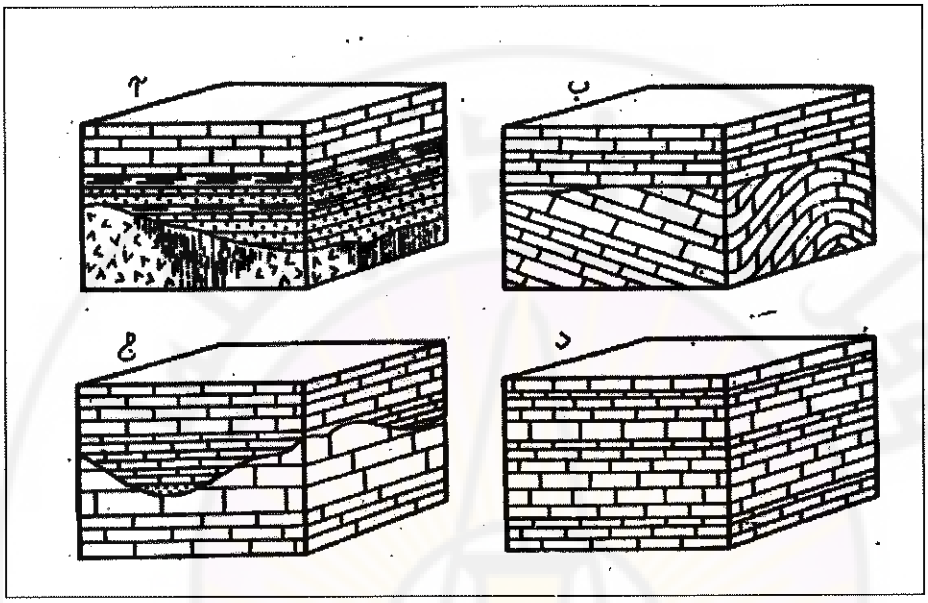
٤- عدم توافق مستتر Paraconformity وهي حالة سماكتين صخريتين يظهر سطح التماس بينهما كسطح تطبق بسيط مع وجود انقطاع ترسيبي يمكن الكشف عن وجوده بشكل عام بالطرائق البيوستراتيغرافية.

ز- الطبقات التعويضية Compensating Beds:

وهكذا فلدى تعاطي الجيولوجيين مع الجانب التطبيقي من البحث الستراتيغرافي، سنجدهم مضطّرون إلى التعامل مع مقاطع كاملة - مع الأخذ بعين الاعتبار الملاحظات التي ذكرناها سابقاً- وغير كاملة. وقد اتضح أن هناك حالة أو نمط ثالث من المقاطع، تبدو كما لو كانت حالة "وسط" بين النمطين سابقي الذكر. والمقصود هنا، تلك المقاطع المكونة من الطبقات التعويضية Compensating beds. ونقصد بعبارة الطبقات المكافئة تلك التتابعات الرسوبية قليلة الثخانة التي تحتوي على فاونا وفلورا تابعة لمجال استراتيغرافي، ذي امتداد واسع (بالمقارنة مع سماكتها). وكمثال على تلك الطبقات، نذكر توضعات طابق التوارسي Toarsian stage في جنوب غرب بلغاريا، والرمال "الخضراء الدنيا" التابعة لطابق الألبي Albian stage في جنوب انكلترة، أو مستويات طابق البيرياسي Berriasian stage في حوض نهر أوكافي الاتحاد السوفيتي (السابق). لقد سيطر خلال فترة طويلة من الزمن تصورٌ مفاده، أن الطبقات التعويضية تحتوي على

* Sofiano, T. A. : English – Russian Geological Dictiary, Moscow, 1957.

مستحاثات أعيد توضعها بشكل فوضوي، وأنه بناءً على ذلك يجب تحديد عمرها بموجب مجموع المستحاثات التي تصادف فيها.

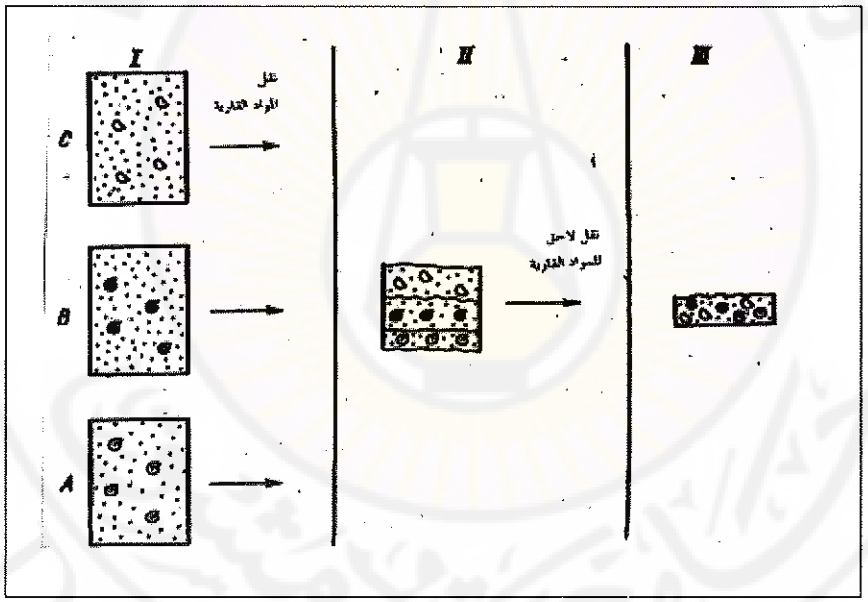


شكل ٢٠– أنماط عدم التوافق (حسب دانبار, وروجرز, ١٩٦٢)
آ – عدم توافق غطائي, ب – عدم توافق زاوي, ج– عدم توافق متوازي,
د – عدم توافق مستتر

إلا أن المعطيات التي تمّ الحصول عليها خلال الفترة الأخيرة على يدي كيزي (Casey, ١٩٦١) وغيره، بيّنت أن الطبقات التعويضية تحتوي غالباً على مستويات حاملة للمستحاثات، وهي تتصف بقلة سماكاتها وتوزعها المحلي. وبناء على ذلك يمكن أن نستخدم مع هذه الطبقات الطرائق البيوستراتيغرافية العادية.

يمكن تصور الطريقة التي تتكوّن بها الطبقات التعويضية على الشكل التالي: ضمن وسط مائي ذي حركة لا تهدأ، تنقل الرسوبات المتوضعة سابقاً بواسطة التيارات، إلا أن القواقع الكبيرة وكذلك تخثرات الفوسفات تتجمع وتتراكم

بالقرب من مواقع هبوطها في القاع، متعرضة إلى نقل محدود نسبياً فقط (شكل ٢١). وفي فترات متفرقة، تنشط عوامل التعرية إلى درجة تؤثر على المواد ذات البنية البسيفيتية. وفي حالةٍ كهذه تلاحظ الانقطاعات الترسيبية المثبتة في المقاطع بواسطة الطرائق البيوستراتيغرافية. وبطبيعة الحال، إن عمليات النقل التي تتعرض لها المواد البساميتية أو المواد الأكثر نعومة قد تتم بسرعة ثابتة نسبياً، وعندئذ يحصل تراكم البقايا المستحاثية التي عاشت في أزمان مختلفة ويتم اختلاطها ببعضها البعض. لذا فإن دراسة الطبقات التعويضية يتطلب دقة وانتباهاً خاصين. وفي حالة كتلك فقط، يمكن تحديد تعاقب الطبقات والفصل بين الانقطاعات الترسيبية المحلية والإقليمية.



شكل ٢١– مخطط آليات تشكل الطبقات التعويضية

٢-٤- ٤- أشكال توضعات الصخور الرسوبية

Forms of Deposition of the Sedimentary Rocks

إن أهم وظائف الأبحاث الستراتيغرافية الإقليمية تتمثل في تحديد العلاقات المكانية- الزمانية لكافة الوحدات الستراتيغرافية، التي تمّ تحديدها ضمن مساحة محددة من الأرض. ومما يجدر ذكره، أنه لدى إيضاح نظم بنية التوضعات الليثولوجية، نصطدم مباشرة بالفروق الكبرى في خصائص توزع أنماط صخرية محددة ضمن أوساط الترسيب البحري منها والقاريّ. وتُظْهِرُ ملاحظة الرسوبات المعاصرة أن تراكم الرسوبات فوق القارات، يتم بسرعة تفوق سرعة تراكمها في الأوساط البحرية. وتبقى هذه الملاحظات صحيحة، فيما يخصّ الأحقاب الجيولوجية الماضية. يضاف إلى ذلك أن الرسوبات البحرية- بوجه إجمالي- تتمتع بانتشار أوسع ضمن الليتوسفير من التوضعات القارية، وذلك بفضل شروط الحفظ الأكثر جودة. وكما أشرنا سابقاً، ضمن التوضعات البحرية ضحلة المياه والتابعة- على الأغلب – لبحار هامشيةEpicontenental sea ، يلاحظ بوضوح كبير سيطرة الرسوبات الغضارية (أكثر من ٥٠ %) بينما لا تزيد الرمال عن ٢٠ %، وعلى العكس ففي التوضعات القارية، تظهر الرمال كواحدة من أكثر التوضعات توزعاً، بحيث لا يضاهيها في غزارة توزعها إلا اللوس- *Loess فقط.

تتخذ التوضعات الرملية أشكالاً شديدة الاختلاف وكثيرة التنوّع. وبشكل عام يميّز أربعة أنماط رئيسية من هذه التوضعات التي تختلف عن بعضها البعض باختلاف نُسَبِ طولها إلى عرضها (بيتيجون وآخرون، ١٩٧٦) وهي على النحو التالي:

آ- التوضعات الغطائية: تكون النسبة بين طولها إلى عرضها ١/١ تقريباً.

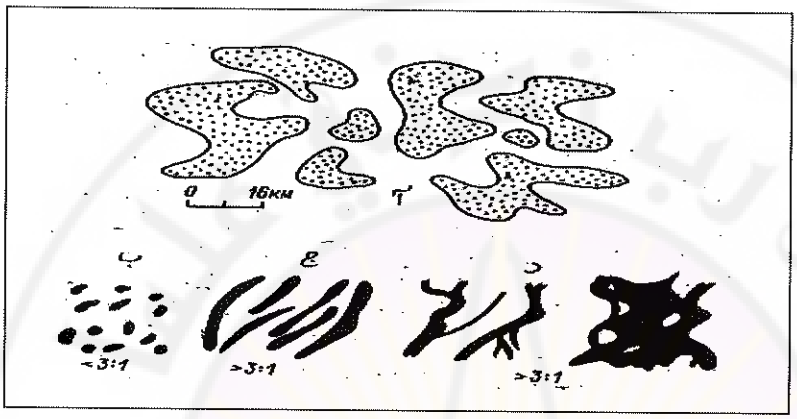
---

* لوس Loess: غبار ريحي متراكم، سيليسي التركيب بشكل أساسي. وقد انتقل هذا الغبار dust من الصحاري، أو من المناطق الجرداء الخالية من الغطاء النباتي حول الأغطية الجليدية، انظر المعجم في آخر الكتاب.

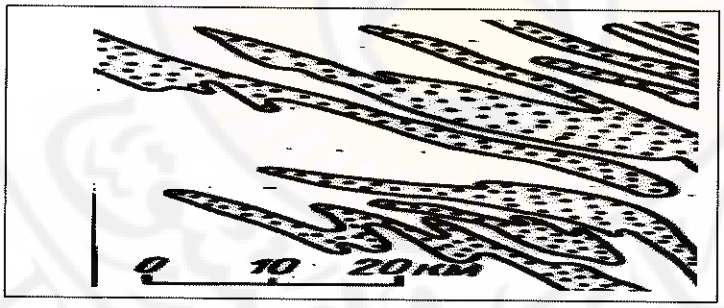
ب- التوضعات العدسية: النسبة لا تزيد عن ١/٣.

ج- التوضعات الشريطية: النسبة تتراوح بين ١/٣- ٢٠.

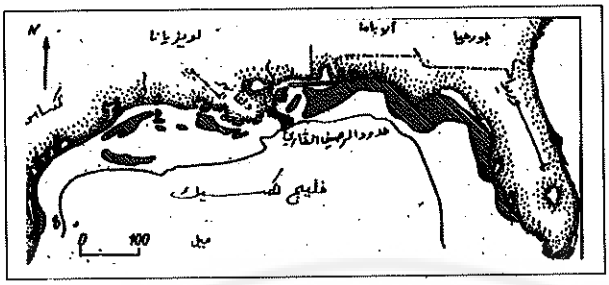
د- التوضعات الشجرية الشكل: تكـــون متعرجـــة مـــع تفرعـــات عديـــدة (شكل ٢٢ آ,ب,ج).



شكل ٢٢-أ- الأشكال الطبيعية للتوضعات الرملية (حسب بيتيجون, بوتر وسيفر, ١٩٧٦) توضعات غطائية, ب- عدسية ج- شريطية, د- شجرية الشكل

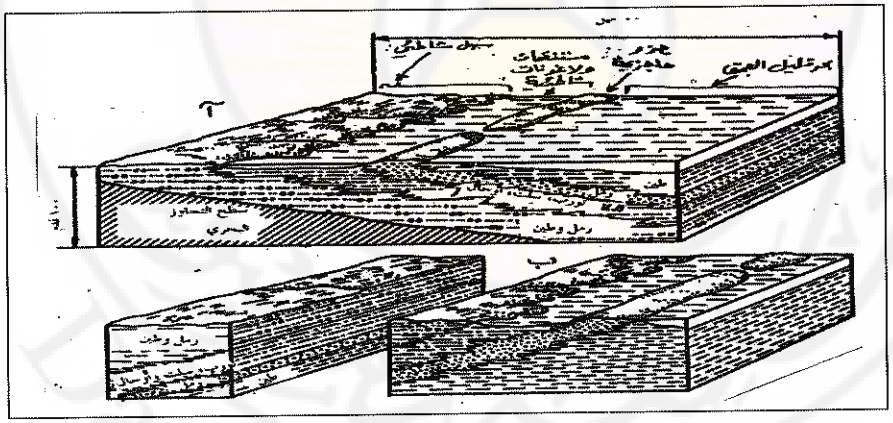


شكل ٢٢-ب- أجسام رملية متطاولة في أحد قطاعات بحر الشمال (عن بيتجون, بوتر وسيفر ١٩٧٦).



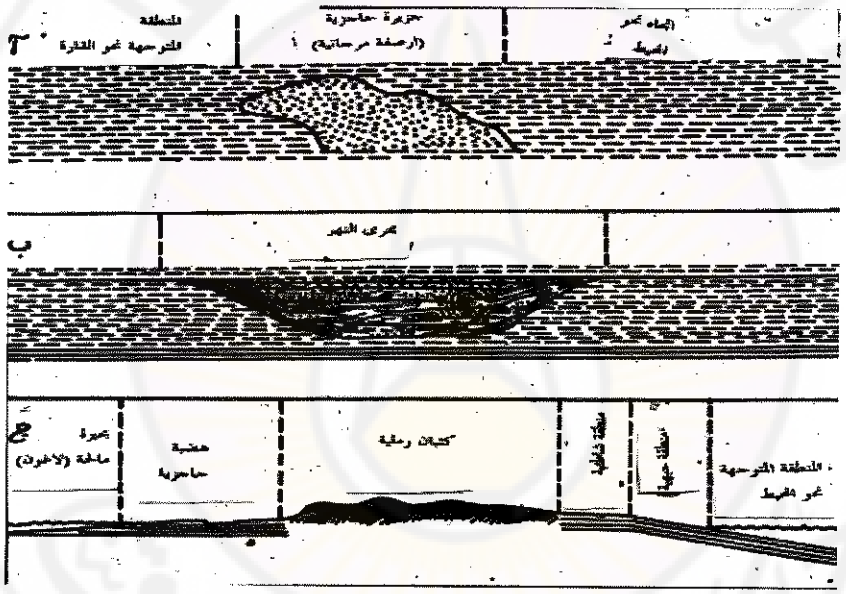
شكل ٢٢–ج– شكل الأجسام الرملية في القسم الشمالي من خليج المكسيك,عن شيبارد,١٩٦٤

تكون أشكال التوضعات الرملية كثيرة التنوع ضمن السماكات البحرية، وكقاعدة عامة تتراكم الرمال على الشواطئ أو البلاجات على الجزر الحاجزية قرب الشواطئ. وفي إطار ظروف كتلك، تشكل الرمال عدسات ضيقة وقصيرة نسبياً، تمتد بشكل مواز لخط الشاطئ. إلا أنه في ظروف مناطق بحرية ضحلة، تتشكل أحياناً توضعات رملية متطبقة، وليس عدسية الشكل، وتسمى هذه بالأغطية الرملية. ويفسر تشكلها، الاختلاط المزمن لمناطق الجزر الحاجزية، في ظروف سيطرة حركات المدّ والجزر ضمن الوسط البحري (بوشر، ١٩٧٧؛ شيبارد، ١٩٦٩؛ كرومبيان وسلوس، ١٩٥٦؛ أيشر، ١٩٧١)، (شكل ٢٣).



شكل ٢٣– مخطط توضع مختلف أنماط الصخور بالقرب من الشاطئ في حالة تجاوز (آ) وانسحاب (ب) بحريين (حسب ايشر, ١٩٧١)

وفي حالات قليلة جداً، قد تتشكل التوضعات الغطائية بفضل التيارات التي تنقل المادة الرملية، أما الصيغة الغالبة لشكل توضعات الرمال في الأوساط البحرية، فهو النمط العدسي.تتوضع الرمال في الأوساط القارية في مجاري الأنهار وعلى ضفاف البحيرات الكبرى وفوق المساحات المكشوفة (المفتوحة) لتأثير الرياح. وتعدُّ الرمال اللحقية والريحية، النمط الأكثر توزعاً. فالأولى منها – لدى حفظ مجرى النهر- تشكل عدسات متطاولة، مسطحة ومقوّسة (شكل ٢٤). أما الثانية فتُكوِّنُ كقاعدة عامة "الأغطية أو نمط التوضعات الغطائية".



شكل ٢٤– مقاطع عرضية للتوضعات الرملية (حسب شيبرد, ١٩٦٤)

أ– حاجز مدفون, ب– مجرى مائي مدفون, ج – مقطع عرضي في جزيرة حاجزية.

إن هجرة أسرَّة الأنهار، تقود إلى تشكل اللحقيات الرملية الغطائية. وتلاحظ في بعض الأحيان أنماط منشئية من مختلف أشكال التوضعات الرملية بالقرب من

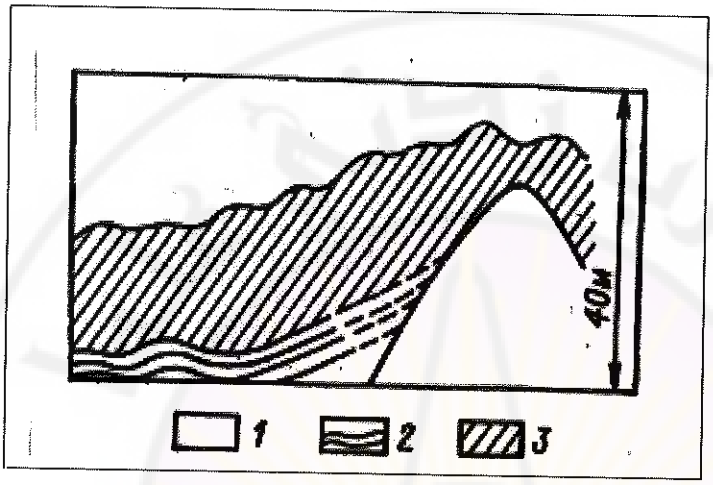
بعضها البعض، رغم اختلاف أشكالها. فمثلاً استطاع بول، ١٩٦٧، أن يميز أربعة أنماط من الرمال الكلسية المعاصرة في جزر الباهاما، وهي كالتالي: شرائط رملية بحرية، شرائط حاجزية ناتجة عن المدّ، طبقات غطائية ريحية، وأخيراً أغطية رملية داخلية مسطحة.

فيما يخص أشكال التوضعات الغضارية والكلسية، نجد أنها ترتبط "كذلك" بمنشأ هذه التوضعات بالدرجة الأولى. ففي الأوساط البحرية تشكل الغضاريات أغطية منتظمة تتوزع على الأغلب فوق مساحات ذات اتساع هائل. وعلى سبيل المثال، تمّ تتبع سماكات الغضاريات التابعة للجوراسي العلوي في غرب سيبيريا، فتبين أن مساحة انتشارها تفوق ١٥٠٠ كم^{2}. وعلى العكس، ففي الشروط القارية، تلاحظ الغضاريات غالباً على شكل عدسات متطاولة محدودة المقاييس، توافق أمكنة وجودها مواقع أودية المجاري القديمة. يستثنى من ذلك الرسوبات الغضارية البحرية، التي تُكَوِّن توضعاتٍ شبه مطبقة، ذات مقاييس أصغر بكثير بالمقارنة مع الأغطية البحرية.

أما التوضعات الكلسية (الكربوناتية)، فترتبط بمناطق الترسيب البحري على الأغلب. وعلى العكس، فضمن الشروط القارّية نادراً ما تتوضع السماكات الكلسية، وذلك ضمن بحيرات المناطق المناخية الجافة.

ففي الأوساط البحرية، تتمتع عمليات الترسيب بالنسبة للكلس بانتشار واسع. ومن الملاحظ أن السماكات الكلسية، تشكل بالإضافة إلى التوضعات الغطائية الهامة (على سبيل المثال، توضعات طابق التورنيزي في وسط وشرق السطيحة الروسية، أو توضعات الكريتاسي ضمن القسم الجنوبي من الجزء الأوروبي من الاتحاد السوفيتي السابق) كذلك تشكل عدسات متطاولة متفرقة. وتمتاز التوضعات الرصيفية في هذا المجال بأهمية خاصة إذ أن أشكالها تمتاز بتنوع استثنائي. فقد تشكل الأرصفة حواجز متّصلة، وقد تتخذ شكلاً حلقياً (الجزر المرجانية- Atoll)، وأخيراً فقد تقترب مقاطعها من التناظر. إن

هذه الأرصفة المتناظرة قد تشكل سلاسل منتظمة بلغ طول بعضها ١٢٠ كم. إن مميزات هذه الأرصفة تتمثل في السرعة الباهرة لنموها، بالمقارنة مع سرعة تراكم الرسوبات الكلسية عضوية المنشأ، أو الغضارية المؤاقتة لها، أي المماثلة في العمر (شكل ٢٥).



شكل ٢٥- أحد أشكال البنى الرصيفية (حسب ناليفكين,١٩٤٩). ١-كتلة رصيفية. حجر كلسي غضاري متطبق. مع شرائح من المارل . ٢-دولومايت.

٢- ٤- ٥- السحنة Facies

سبق لنا أن أشرنا إلى تأثير الظروف المحيطة بعملية الترسيب على شكل وتركيب تجمعات الصخور الرسوبية المتكونة تحت تأثير تلك الظروف. وبطبيعة الحال يجب أن نلاحظ حقيقة تواجد ظروف ترسيب مختلفة ضمن حوض ترسيبي واحد خلال زمن محدد ما. وقد كان من الممكن افتراض أن الرسوبات متماثلة العمر، ستختلف بشكل ملموس بتكوينها الماديّ وبخصائصها البنيوية والتركيبية. فقد تمّ الكشف عن هذه الظاهرة من خلال الأعمال والدراسات التطبيقية التي أجراها غريسلي سنة ١٩٣٨، لدى دراسته لتوضعات الجوراسي ضمن جبال الألب السويسرية، حيث

استقطبت على الفور اهتمام الجيولوجيين.

آ– التحليل السحني: لقد تزايد الاقبال على استخدام "التحليل السحني" Facial Analysis كنتيجة لتنامي أعمال البحث والتنقيب عن مكامن النفط والغاز الطبيعي والفحوم الحجرية، التي اتّخذت لها مسرحاً ضمن مساحات أحواض الترسيب الكبرى. وذلك استناداً إلى أن إظهار العلاقات الستراتيغرافية الخاصة بالسماكات المنتجة وغير المنتجة "للمواد المفيدة" ، وكذلك التنقيب عن تجمعات الخامات وتحديد مواقعها، هو أمر ممكن، لكنه مشروط بإيضاح منشأ– Genesis الرسوبات فقط. ولكن يبدو – إلى جانب ذلك– أنه لا يوجد تعريف نهائيّ لمفهوم السحنة في المراجع الجيولوجية. ففي الوقت الذي يميل فيه البعض إلى اعتبار السحنة "كنمط من التوضعات المختلفة عمّا يحيط بها"، يفترض آخرون، أن من الأصحّ فهم السحنة على أنها "وضع ترسيبي محدد أو وحدة أساسية للمنظر الطبيعي– Landscape". وبالطبع يوجد بين هاتين النظريتين المتطرفتين عدد لا يحصى من الآراء المتفاوتة. ومهما يكن الأمر، فسنفهم السحنة على أنها (**توضعات تشير خصائصها الليتولوجية والباليونتولوجية إلى ظروف تشكلها المحددة، وهذه تختلف عن ظروف تشكل الرسوبات الواقعة إلى الأسفل والأعلى منها، والتي تحلّ محلها في الاتجاهات الجانبية**).

ب– أنماط السحن: وهكذا لا يدخل في مفهوم السحنة خصائص التوضع فقط، بل وظروف تشكل المادة الرسوبية. ولقد بات واضحاً أن الجيولوجيين الأمريكيين استخدموا مصطلح **السحنة الصخرية** Lithofceis للتعبير عن **الخصائص السحنية الصخرية**، بينما استخدموا للتعبير عن الظروف التي يحدث في إطارها تشكل السحنة الصخرية مصطلح "ليثوتوب" Lithotope. وعلى نفس النهج، فإن معقدات المتعضيات المستحاثة المميزة لسحنة ما، تشكل ما نسميه

بالسحنة البيولوجية Biofaceis، بينما نسمي وسط حياتها **بيوتوب** Biotope. وبما أن السحنتان **البيولوجية والصخرية**، تظهران كما لو أنهما تمثلان مميزات خاصة بسحنة ما محددة، فإنه لا بد لهما في الحالات العامة من "**الاتحاد**" مكانياً، وخصوصاً في تلك الحالات التي يتمّ فيها تحديد السحنة البيولوجية بواسطة المتعضيات القاعية Benthose. ويمكن هنا التحدث عن **المستحاثات المرتبطة بالسحنة**، لأن الكائنات القاعية Benthic المتثبتة والمتحركة وثيقة الصلة برسوبات القاع وبطبيعتها). إلا أن تطابقاً كهذا يعتبر أمراً نادر الحدوث في الواقع العملي. وفي حقيقة الأمر، إن مجموعات Assemblages كاملة من المتعضيات – ويأتي في طليعتها المتعضيات الهائمة أو المعلّقة Planktonic والسابحة Nektonic لا تُظْهِرُ ارتباطاً وثيقاً بسحنات محددة. وكمثال على ذلك نذكر شعاعيات الكريتاسي العلوي لغرب سيبيريا، فهي تصادف من جهة ضمن الحجر الرملي السيليسي وصخور الدياتوميت، ومن جهة أخرى ضمن الغضاريات الكلسية أو غير الكلسية.

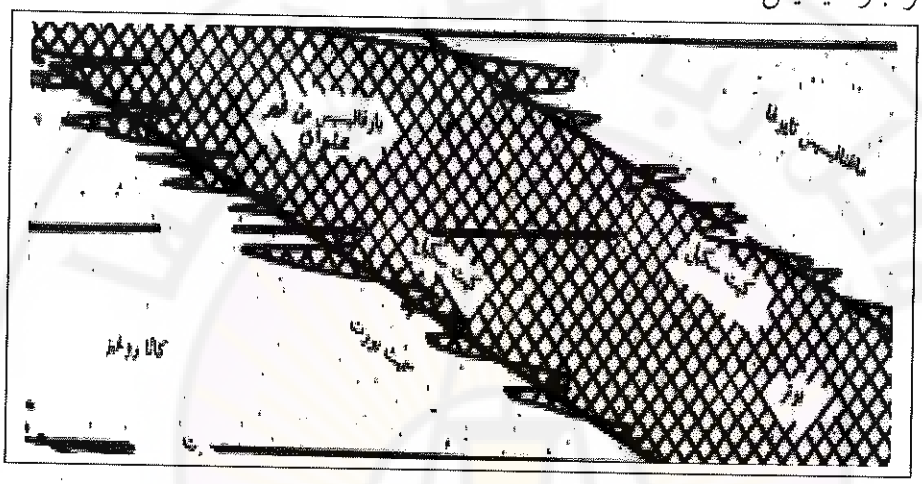
من ناحية أخرى، لا يبدو صحيحاً القول، بأن معقدات المتعضيات القاعية دائماً ذات ارتباط " وثيق" بسحنات صخرية محددة. فيكفي أن يتبادر إلى الأذهان اينوسيرامات– Inoceramidae الجوراسي الأوسط. أما من جهة أخرى، فلا يعتبر وضعاً نادراً، أن توافق السحنات الصخرية Lithofacies التي يتسم تحديدها خلال الأعمال التطبيقية عدداً من السحنات الحيوية Biofacies. ويرتبط هذا – في الواقع– قبل كل شيء، بغسل الفاونا وفرزها خلال عملية تشكل المادة الرسوبية. كما أن حالات وصفت، بحيث أن السحنة الصخرية المحددة تمثّل عدداً من البيوتوبات بكل وضوح.

وهكذا فقد تبدو السحنات الصخرية في إطار شروط ترسيب غير متناقضة

نسبياً (عدم وجود حركة نشطة للمياه، ونقل خفيف للمواد القارية المنشأ) بمثابة تعميم لبعض الأوضاع، أو بعبارة أخرى "يمكن أن يوافق الليتوتوب عدداً من البيوتوبات" (حسب ستيبانوف، ١٩٧٦).

ج- **السحنة والتقسيمات الستراتيغرافية الأخرى:** منذ الزمن الذي تمّ فيه اكتشاف السحنات، ظهرت مشكلة تتعلق بعلاقتها بالتقسيمات الستراتيغرافية Stratigraphic division. وكما هو معروف فإن غريسلي نظر إلى السحنات على أنها "**تقع ضمن الوحدات الستراتيغرافية**" التي قام بتحديدها. وهكذا، السحنة (حسب غريسلي) تظهر وكأنها قسم خاص من استراتون "منفرد مكانياً"، ولقد حفظت وجهة النظر هذه في النشاط التطبيقي لأغلب الجيولوجيين حتى وقتنا الحاضر. إلا أن حدود الوحدات الستراتيغرافية اعتبرت في زمن غريسلي كحدود متماثلة من حيث العمر أيّ **متواقتة- Isochrone**. أما في أيامنا هذه حيث تمّ بدقة التمييز بين الوحدات الستراتيغرافية وبين وحدات الزمن الجيولوجي Geochronologic subdivisions، فإن العلاقات بين **السحنات** وبين **الستراتونات**، ظهرت على أنها أكثر تعقيداً، فالسحنات هي- بالطبع- وثيقة الارتباط بالوحدات الليثوستراتيغرافية، وهي- كما هو الحال- لدى هذه الأخيرة. فقد تتقاطع **الحدود الزمنية الستراتيغرافية** Chronostraigraphic boundaries، ويتضح ذلك من مثال خاص تقدمه السحنة البيتومينية في غرب سيبيريا، حيث إن وضع سقف هذه السحنة (أي سطحها العلوي) يتغيّر من الشرق نحو الغرب، منتقلاً بين القسم العلوي وطابق الفولجي Volgian stage (التسمية من نهر الفولغا في روسيا) وحتى الطابق الهاتيريفي الأوسط. ففي سنة ١٩٣٤ أجرى كاستر Kaster دراسة لتوضعات الديفوني في بنسلفانيا، فاكتشف تقاطع الحدود السحنية مع الايزوكرونات (وهي حدود كرونواستراتيغرافية، أي

استراتيغرافية متواقتة) فاقترح تسمية تلك السحنات بالماغنافيسيس- Magnafacies، بينما اطلق اسم بارفافيسيس- Parvafacies على أجزاء الماغنافيسيس التي تحددها الايزوكرونات، والتي تدخل في تركيب تقسيمات كرونو استراتيغرافية محددة. ويظهر الشكل ٢٦ العلاقة بين سحنات من نمطيّ الماغنافيسيس والبارفافيسيس.



شكل ٢٦- العلاقة بين الماغنافيسيس (السحنات الكبيرة) و البارفافيسيس (السحنات الصغيرة) ضمن توضعات الديفوني في بنسلفانيا, حسب كاستر,١٩٤٣.

إن أيّ وحدة استراتيغرافية تتضمّن – كقاعدة عامة- سحنات مختلفة، لا يحلّ فقط بعضها محلّ البعض الآخر في المكان (أفقياً)، بل وفي الاتجاه الشاقولي عبر المقاطع. ومن الأمثلة الشديدة الوضوح عن هذه الحالة التكرارات أو الإيقاعات Rhytme الحاملة للفحم في حوض الدانباس (الاتحاد السوفيتي السابق) وفي بنسلفانيا، التي يتكوّن كل منها من عدد من السحنات المختلفة عن بعضها البعض. وأمام هذا المظهر يتهيأ لنا – غالباً- أنّ كلّ طبقة مستقلة تمثّل سحنة مستقلة بذاتها. ويبدو أن هذا تصوّر صحيح بشكل عام، إلا أن هناك بعض التحفظات، طالما يتوفر احتمال وجود سحنات محددة

تتمثل بأنماط متنوعة من الصخور، وأوضح الأمثلة على حالة كتلك، يتمثل بتيارات العكر، التي تحمل الأوحال والطمي المكونة من رسوبات تتناقص فيها حجوم الحبات عبر المقاطع بالتدريج. إلا انه في الحالات العامة، وأمام سحنة محددة بدقة، تمثّل وحدة فائقة الضآلة، فإن الجيولوجيون يستخدمون في التطبيق العملي "سحنات تعميمية" إلى حدّ كبير. تسمح كلّ منها عادة بالانقسام إلى عددٍ من الوحدات السحنية الأولية.

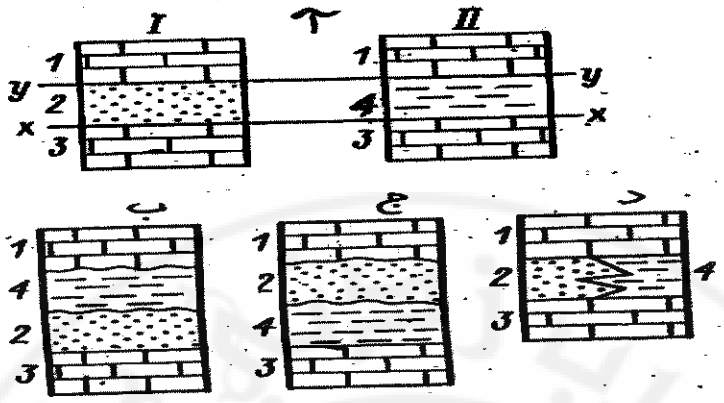
د- السحنة والتشكيلة: استناداً إلى ذلك، اقترح ناليفكين، 1955، تصنيفاً سحنياً يحتوي أربع وحدات أطلق على أولها و(أصغرها) اسم "**سحنة**" Facies، واسمى أكبرها "**تشكيلة**" Formation.

يوصف عادة ثلاثة أنماط من التشكيلات كالآتي: **التشكيلات البحرية** Marine Formation **والتشكيلات القارية** Continental Formation. **والتشكيلات الانتقالية** Transitional Formation التي تسمى أيضاً **البحرية المالحة** Lagoonal Formation . لكن المعطيات الجديدة المستمدة من جولات سفينة الأبحاث الأمريكية العاملة ضمن المحيطات "غلومار شالنجر" تظهر أنه بالإمكان تمييز تشكيلة رابعة مستقلة، وهكذا تبرز **التشكيلات المحيطية** Oceanic Formation. إلا أن ناليفكين، ينتقد مصطلح "تشكيلة"، الذي اقترحه شخصياً، للتعبير عن المجموعات السحنية الكبرى. **ذلك لأن هذا المصطلح مستخدم من طرف الجيولوجيين الأمريكيين للتعبير عن ما يوافق في الجيولوجيا السوفيتية مصطلح "حزمة" Svita (سفيتا، بالروسية) أي (Suite)*** . وبغية التعبير عن أضخم المعقدات السحنية يستخدم الأمريكيون تعبير "**شروط الترسيب**" Lithotope، ويميزون فيها بين شروط بحرية ولا بحرية وانتقالية (دانبار، روجرز،

* Suite: حزمة، انظر المعجم في آخر الكتاب.

.(١٩٥٧

هـ- نموذج تطبيقي من التحليل السحني: تتمتع السحنات بنظر الستراتيغرافيين بأهمية عظمى، إذ ليس هناك شيء يؤدي إلى تعقيد عمليات مضاهاة المقاطع بعضها ببعض، أو الوصول إلى تصورات متناقضة حول السماكات الرسوبية- كما يحدث لدى ظهور أو حدوث "تغيرات سحنية". وكمثال على ذلك سنقوم باستعراض الحالة البسيطة التالية: في المقطعين I و II -آ، وبين حزم الحجر الكلسي، يقع في المقطع I سماكة من الحجر الرملي، وفي المقطع II توجد سماكة من الغضار (شكل ٢٧). إن سقف الحزم ٣ وقواعد الحزم ١ تمثل بناءً على معطيات التدقيق البيواستراتيغرافي، سطوحاً قابلة للمضاهاة بشكل جيّد (أيّ متماثلة من حيث العمر). وهكذا فإن الحزم ٢ و ٤ في المقطعين المدروسين متماثلة من حيث العمر بالتقريب، ويمكن النظر إليها كمترادفات سحنية أو نظائر سحنية (المقصود، ذات عمر واحد). إلا أننا نستطيع أيضاً افتراض أن الحزم ٢ و ٤ هي "حزم متعاقبة"، تحلّ إحداها مكان الأخرى ضمن المقطع الإجمالي (أو المقطع العام- وهو مقطع جيولوجي تركيبي مبني على أساس عدد من المقاطع الجيولوجية الخاصّة أو المحلية، وهو يتضمن كافة التغيرات الليتولوجية في منطقة ما ويمثلها). أما في المنطقة التي يقع فيها المقطع I فتغيب الحزمة ٤، بينما تغيب الحزمة ٢ في المنطقة حيث المقطع II.



شكل ٢٧– احتمالات مضاهاة السحنات المختلفة التي تقع بين سماكات تقبل المضاهاة فيما بينها بشكل جيد .آ – مقاطع خاصة ب– ج–د–الاحتمالات الممكنة للمقاطع الاجمالية,x-x,y-y مستويات قابلة للمضاهاة (ايزوكرونات) .←

ولحلّ هذه المشكلة التي نلخصها بالسؤال التالي: هل نتج هذا الوضع عن دورة تعرية Wethering؟ أم عن عمليات استبدال سحني- Replacemnt of Facies؟ لحلّ هذه المعضلة، يقتضي الأمر التغلب على عدد كبير من الصعوبات الستراتيغرافية "المثيرة للجدل". ومن الواضح أن أي اتفاق في الآراء- أمام حالة كهذه- يكون ممكناً فقط عند وجود معطيات إضافية. وافضل خلاصة يمكن التوصل إليها لدى التتبّع المباشر في الحقل، هي طبيعة العلاقة بين الحزم ٢ و٤. وكقاعدة عامة فإن إمكانية تتبع كهذا تبدو محدودة جداً، أما بسبب ظروف التكشف Outcrope أو بسبب عدم كفاية عدد الحفر والآبار، أو لغياب معلومات مفصلة وكاملة عن المقاطع ضمن لبابات الحفر الخاصة بالآبار.

وهناك طريقة خاصة أخرى، لإظهار التغيرات أو الانتقالات السحنية. وتتمثل هذه الطريقة بالمضاهاة الستراتيغرافية Correlation. وبطبيعة الحال فإن التأكد من تماثل أعمار الحزم ٢ و٤ يعدّ أمراً أساسياً، كي ننظر إليهما كونهما متعادلتان

سحنياً. وحتى في حالة كهذه لا بد من أن نضع في حسابنا مقياس المجالات الزمنية التي تمّ تحديدها. وهكذا، فإذا توصلنا إلى أن الحزم ٢ و ٤ تنتسبان إلى جملة الكريتاسي- Cretaceous system، فإن هذا لا يمنع أن تكون الحزمة ٢ تابعة للكريتاسي الأسفل، بينما تتبع الحزمة ٤ للكريتاسي العلوي. وأن انتساب هذه الحزم لطابق الباريّمي Barremian stage، يفتح أمامنا إمكانية تأريخهما (أي تحديد عمرهما) بنسبهما إلى الباريمي السفلي أو العلوي، وقس على ذلك.

وهكذا، فحتى الطرائق البيواستراتيغرافية تسمح بإظهار العلاقات بين مختلف السحنات بشكل تقريبي ليس إلاّ. وفي ظروف كهذه، فإن دقة المقارنة التي تلبي- في اقصى الحالات — الاحتياجات التطبيقية للجيولوجيين، تحدد بدرجة التفصيل في تقسيمات جملة صخرية محددة. فمثلاً يكفي بالنسبة للديفوني بوجه عام، أن نحدد انتساب كلا السحنتين إلى تحت طابق Substage واحد. أما فيما يتعلق بالجوراسي العلوي فيكفي ربطهما بنطاق واحد Zone.

يضاف إلى ذلك أن تحديد العلاقات السحنية التي ذكرت سابقاً، يسمح بتشخيص بنية الزمر الرسوبية ضمن المناطق "البينية"، التي لم تحظ بالدراسة بعد، كما تقدم لنا معطيات كبيرة الأهمية في إعادة رسم صورة الأوضاع الباليوجغرافية. وبغية التوجه الصحيح (بناء على تلك الأسس) في عملية البحث والتنقيب عن مختلف أنواع المواد المفيدة.

وكمثال، يمكن أن نذكر التصوّر الخاص "بالتناقص التدريجي لحبيبات الرسوبات"، لدى الانتقال من الشاطئ نحو أعماق الحوض الترسيبي، والاستبدال التدريجي للتوضعات "القارية" بالتوضعات العضوية والكيميائية المنشأ. ففي البحار المعاصرة، معروف أن التوضعات الرملية تبعد عن الشاطئ بعداً معيناً بالقرب من أطراف الرصيف القاريّ Shelf. ويمكن تفسير ذلك عادة، بارتفاع مستوى الماء

في المحيط العالمي بعد آخر العصور الجليدية Glacial Ages خلال الدور الرباعي Quaternary Period. ومن جهة أخرى، فبين أطراف القارة ومنطقة الجزر الحاجزية (أو حاجز الجزر) يحدث توضّع للمواد "الاليتية" ناعمة الحبيبات، وذلك ضمن البحيرات المالحة- Lagoon، المحصورة في هذه المواقع. إن جميع الحالات سابقة الذكر، معروفة بشكل جيّد ضمن الأحواض القديمة. وعلى سبيل المثال ضمن بحار الكريتاسي السفلي في حوض — هاتانغيا.

٢-٤- ٦- التشكيلة Formation

يتحدر المصطلح الستراتيغرافي "السحنة Facies" من العبارتين اللاتينيتين Facia أو Facies، واللتان تشيران إلى المظهر الخارجي، الهيئة Look، الشكل Figure، الوجه Face أو الى حالة مادة ما (Hallam, 1981، Walker, 1984)، وقد أدخل المصطلح المذكور إلى الجيولوجيا نيكولا استينون في العام ١٦٦٩، غير أن المفهوم المعاصر للسحنة يعود إلى Amanz Gressly (١٨٣٨).

يتكون الغلاف الرسوبي للأرض من عدد قليل نسبياً من أنواع الصخور المتطبقة. لذا فإن من الممكن مصادفة الرمال والغضاريات متشابهة التركيب، سواء في أسفل الباليوزوي أم في الكاينوزوي (السينوزوي) نفسه. وقد أدى هذا الوضع إلى عدم التعرف على قوانين توزع الصخور الرسوبية (ولفترة طويلة من الزمن)، من خلال منظار تاريخي (بسبب تشابهها). ولقد تبين فيما بعد أن التصلب الصخري Lithogenesis، قد عانى من تطور خلال التاريخ الجيولوجي للأرض. وبفضل استرانوف ١٩٤٨- ١٩٦٣، تبين بوضوح أن التصلب الصخري هو حادث "موجه". وهكذا يلاحظ خلال حركة التاريخ الجيولوجي تزايد نسبة الكالسيوم ضمن الصخور، وفي نفس الوقت تتناقص نسبة المغنيزيوم. وكنتيجة للتراجع المحسوس في عمليات الدلمتة يتناقص بشكل محسوس تراكم الصخور

السيليسية الكيميائية المنشأ.

آ- **التشكيلات والنشاط التكتوني:** يضاف إلى ذلك أنه بالنسبة لمجموعات كاملة من الصخور يسيطر نظام دوري محدد فيما يتعلق بحجم توزعها الواسع ضمن المقاطع. فقد لوحظ مثلاً علاقة وثيقة بين الحركات التكتونية الكبرى وبين الأطوار الرئيسية لتكون الفحم الحجري. ونتيجة لذلك، فإن بعض الأنماط المتميزة من الصخور (الكربونات، الفحوم، الفليش) تكتسب انتشاراً محسوساً خلال مراحل محددة فقط في تطور البنيات الكبرى من قشرة الأرض. وقد أشار الجيولوجي الفرنسي برتران لأول مرة في نهاية القرن الماضي إلى نظام تعاقب الفليش والمولاس ضمن مقاطع باليوجين الألب. وقد أطلق اسم تشكيلاتFormations على مجموعات الصخور التي تظهر عند مراحل محددة من التطور التكتوني للمنطقة، مستخدماً نفس المصطلح الذي اقترحه فوكسيل منذ القرن الثامن عشر .

تُعَرَّفُ التشكيلة بأنها (**باراجينيز مجموعة صخرية نظامية وطبيعية مكونة من توليفة محددة من الصخور- الرسوبية، البركانية والإندفاعية التي تتكون في مراحل محددة من تطور النطاقات البنيوية الرئيسية للقشرة الأرضية**).

إن المؤثرات الرئيسية التي تحدد توزع التشكيلات المكاني وظهورها بشكل عام تتلخص بنمط الحركات التكتونية وبالمناخ . ومن الجدير بالذكر أن تشكيلات متشابهة تظهر عند مراحل محددة في تطور كل من السطحيات والمقعرات الجيولوجية، وذلك عند وقوعها ضمن مناطق مناخية متماثلة. وتعتبر التشكيلات المكونة من صخور المتبخرات Evaporites والتشكيلات الحمراء، مميزة بشكل خاص للمناطق الجافة Aride zones، بينما تتميز المناطق الرطبة Humide zones بالتشكيلات الحاملة للفحم والجليدية. ونجد في الشكل ٢٨ مجموعة نمطية للتشكيلات موزعة وفق المناطق البنيوية والمناخية، ولا بد من ملاحظة أن التوزع

التشكيلاتي الوارد في هذا الشكل هو من النمط النموذجي.

إن التطور الحقيقي لبعض المناطق يؤدي إلى فرط تزايد في سماكات بعض التشكيلات، بينما يسبب على العكس اختصاراً كبيراً لسماكات تشكيلات أخرى وقد يؤدي إلى غيابها بالكامل. وعلماً بأن تحديد ووصف التشكيلات يعود الفضل فيه إلى تعميم المعطيات أو الحقائق الستراتيغرافية، كما توظف بشكل رئيسي في استيضاح تأريخ التطور التكتوني لمناطق كبرى وتوزع مكامن المواد المفيدة ضمنها والقوانين الأساسية لتوزع أنماط الصخور الرسوبية المختلفة. فمن المؤكد أنها قد تستخدم في إيضاح العلاقات الستراتيغرافية وخصوصاً في المناطق القليلة الحظ من الدراسة.

ايوجيوسينكلينالات ومنخفضات بين جبلية		ميوجيوسينكلينالات ومقدمات حفر		سطيحات متحركة		سطيحات مستقرة		مراحل الدورات التكتونية
النطاق الجاف	النطاق الرطب	النطاق الجاف (أحمر اللون)	النطاق الرطب (رمادي ناتج عن مياه عذبة	النطاق الجاف	النطاق الرطب	النطاق الجاف	النطاق الرطب	
بركانية سطحية		مولاس (علوي)		ترابوفية[٢]	جليدية، لوسية	قارية حمراء اللون	جليدية ليمنيتية حاملة للفحم الحجري	الختامية

<table>
<tr><td rowspan="2">حاملة للأملاح</td><td rowspan="2">ليمنيتية[1] (بحيرية أو ينابيع) وحاملة للفحم الحجري</td><td rowspan="2">مولاس(سفلي) (شلير[2])</td><td rowspan="2">كربونا تية- حمراء اللون</td><td rowspan="2">ابليتية حمراء اللون</td><td>متبخرا تية حمراء اللون</td><td>بارالية علوية حاملة للفحم الحجري</td><td rowspan="2">المتأخرة</td></tr>
<tr><td colspan="2">بحرية إنسحابية أرضية</td></tr>
<tr><td>بورفيريتية</td><td>فليشية</td><td colspan="2">كلسية جيوسينكلينالتية</td><td rowspan="2">ليمنيتية حاملة للفحم الحجر ي</td><td rowspan="2">كربوناتية سطحية</td><td rowspan="2">الوسيطة</td></tr>
<tr><td>(رصيف حاجزي)</td><td>حجر كلسي بيتومي)</td></tr>
<tr><td colspan="2">سبيللتيتية - كيراتوفيرية</td><td colspan="2">أسبيدية</td><td>ترابوفية</td><td>جليدية</td><td>بحرية تجاوزية أرضية قاعدية- لاغونية قارّية</td><td>المبكرة</td></tr>
</table>

شكل ٢٨- المجموعات السحنية النمطية (عن خاين، ف،ي، ١٩٦٤، مع التبسيط).

هوامش :

(١)- ليمنيتي Limnitic، ناتج عن المياه العذبة.

(٢)- شلير (من الروسية) أحد أشكال المولاس.

(٣)- ترابوفية (من troppar من اللغة السويدية، معناها درج السلم)، استخدم هذا المصطلح في اسكندينافيا لتسمية الماغما الثقيلة الداكنة (البازلتيات، البورفيريت والدياباز الخ...).

بعد ذلك التاريخ استخدم المصطلح استخدامات عديدة كما تمّ تطبيقه بصور مختلفة، وتبعاً إلى "المرشد الطبقي (الستراتيغرافي) العالمي International Stratigraphic gide " (Hedberg, 1976)، فإن معنى عبارة سحنة Facies

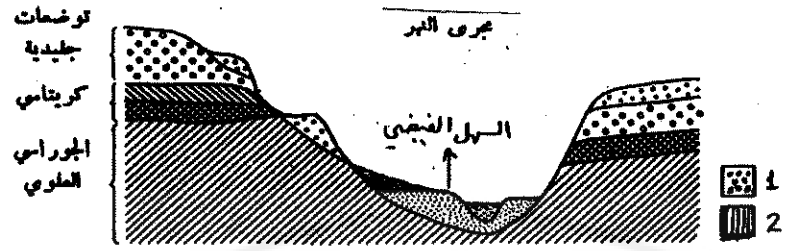
في علم طبقات الأرض هو: "**يمكن أن يعني مصطلح سحنة في الستراتيغرافيا هيئة، أي مظهر خصائص صخور طبقات الأرض أو مكونات صخور الطبقات**". وقد عانى مصطلح سحنة من العديد من التعديلات في فهمه. فصخور طبقات الأرض، قد تبدي فروقات واختلافات كبيرة في سحناتها من جميع الأصناف والأنواع، بحيث يمكن للمرء أن يتحدث عن سحنة صخرية- Lithofacies، سحنة حيوية Biofacies، سحنة فلزية Mineralogic facies، سحنة بحرية Marine facies، سحنة بركانية Volcanic facies وهكذا (1989, Schoch).

٢-٤- ٧- أسس دراسة توضعات الدور الرباعي

Principles of the Quaternary Deposits Study

في الثلث الأول من القرن العشرين كان ينظر إلى الرباعي Quaternary على أنه حقب Era، أما الآن فأعطي له رتبة دور Period.

آ- **وصف المصاطب النهرية والبحرية ودراستها**.تقام معسكرات التدريب الحقلي الجيولوجي عادة في مناطق نمو وانتشار الشبكات المائية، وذلك لأن ضفاف الأنهار والجداول تمكن من ملاحظة ودراسة التكشفات. التي تمثل في واقع الأمر مناطق خروج أو تكشُف الصخور Exposure الأم على السطح الطوبوغرافي الحالي، ويضاف إلى فوائد هذه الأمكنة المعدة للدراسة التطبيقية، تواجد المصاطب النهرية. التي تمكننا من إغناء معرفة الطالب فيما يتعلق بخصائصها وشروط تشكلها. بالإضافة إلى التعمق في دراسة أوضاع هذه التشكلات اللحقية من الوجهة الجيولوجية، فهي تفيد في جمع الكثير من المعلومات المتعلقة بعلم الهيدرولوجيا Hydrology، كما تعطينا مثالاً جيداً على تأثير البنية الجيولوجية على شكل التضاريس بشكل عام وعلى أشكال المجاري المائية بشكل خاص.



الشكل ٢٩- مخطط توضيحي لمقطع عرضي للمصاطب النهرية. المنطقة المنقوطة حول مجرى النهر تمثّل توضعات السهل الفيضي وتتكون من لحقيات نهرية. الرموز: ١- توضعات المصطبة النهرية الاولى. ٢- توضعات المصطبة الثانية.

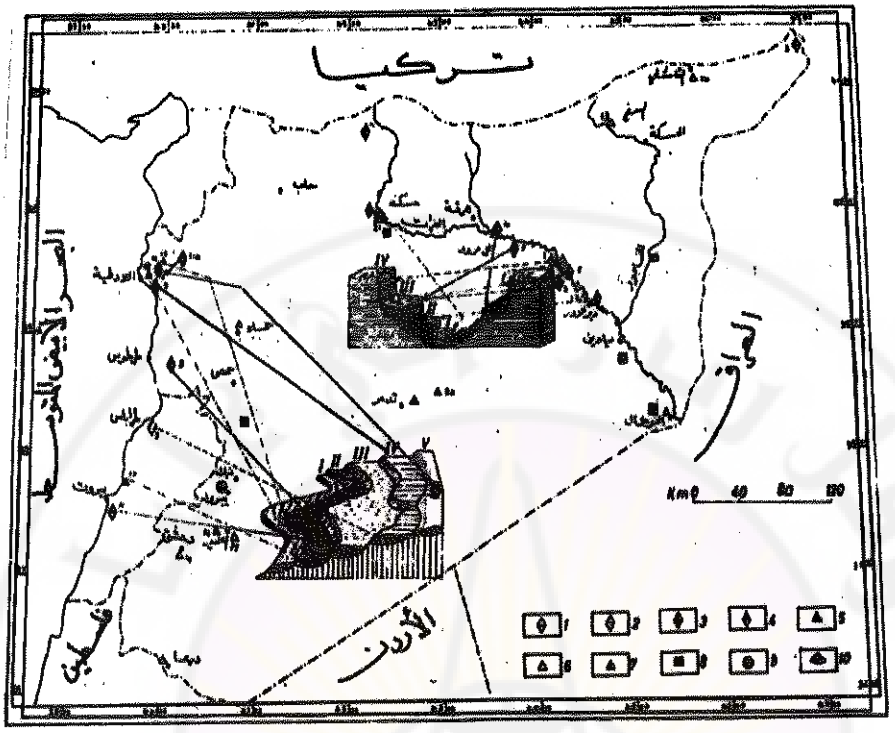
في الدراسة المورفولوجية للمصاطب بشكل عام، يجب الانتباه إلى وجود عدة مصاطب في أكثر الأنهار (شكل ٢٩) ولا تلعب القرائن الليثولوجية دوماً دوراً رئيساً في فصل أحدهما عن الآخر. بل إن القرينة الأساسية في عزل هذه المصاطب والتعرف على عددها هو ارتفاع سطحها المطلق عن سطح الماء في مجرى النهر (أو الارتفاع عن سطح الماء في البحر).

فلكل مصطبة ارتفاع معين يميزها وتكون أقدم المصاطب عمراً هي أعلاها عن سطح الماء (في البحر أو النهر أو البحيرة. الخ...) فأعلى مصاطب نهر بردى (منطقة التكية) وبالتالي أقدمها عمراً ترتفع عن سطح ماء النهر بحدود (٧٠- ٧٥)م. أما المصاطب الأحدث عمراً، فهي أخفض مستوىً. فعلى الساحل السوري حددت عدة مستويات من المصاطب البحرية أعلاها (أقدمها عمراً) ترتفع ما بين ١٩٠- ٢١٠م فوق سطح البحر. أما أحدثها (هولوسين) فلا يزيد ارتفاعها عن ثلاثة أمتار (شكل ٣٠)، إن هذا الوضع المقلوب بشكله الظاهري في حالة المصاطب ونقصد بذلك توضع أقدم المصاطب في الأعلى وأحدثها في الأسفل، يجب أن لا يخل بفاعلية قانون تعاقب

الطبقات بمفهومه الزمني Chronologic، الذي ينص على أنه في شـــروط توضـــع طبيعي، تقع الطبقات الاحدث عمراً في الأعلى. فمن الواضح أن هذا الوضع الشـــاذ ظاهرياً تفرضه الشروط الخاصة بتشكل المصاطب Terraces. إن المناطق التي تتوزع فيها التشكلات المصطبية بشكل عام تعتبر بيئة جيدة لدراسة أنماط التوضعات الناتجـــة عن التعرية بكافة أشكالها: كالريحية Eolian واللحقية Eluvial والنهرية Aluvial وغيرها. وما ينتج عنها من ربط وتحليل لمصادر التغذية بالمواد الحطامية ونوعية هـــذه المواد، وأخيراً أنماط الصخور التي ستنتج عن مجمل هذه العمليات. إن ذلك يساعد في إلقاء الضوء على آلية الكثير من العمليات الجيولوجية التي تمت في الماضي. هذه الطريقة التحليلية المقارنة هي ما يطلق عليه اسم مبدأ الواقعية.[1]

---

[1] مطابقة الواقع Actualism وهي مبدأ شال لايل في كتابه نظرية الأرض (١٧٨٨- ١٧٩٥)، أي (الطريقة التي يعتمد فيها على القياس والمطابقة بين الحالة المدروسة وما يطابقها ويماثلها من حوادث ماضية وحاضرة مشابهة في المسببات والنتائج. فمثلاً كانت تعيش الفيَلَة (موقع اللطامنة على نهر العاصي خلال وقت مبكرٍ من الدور الرباعي، بينما تعيش الآن في أفريقيا في شروط مناخ استوائي حار ورطب، وأن وجود الفيَلَة في عصور ماضية في سورية (موقع اللطامنة على نهر العاصي) وفي أوروبا (وجدت على شكل مستحاثات) تجعلنا بالقياس إلى الواقع الحالي، نصل إلى استنتاج أن مناخ أوروبا في الماضي كان شبه إستوائي، وكذلك كان الحال في سورية (حسين، ك.م.، ٢٠٠٢).



الشكل ٣٠- مصور المواقع التي عثر فيها على الأدوات الصوانية (الظران):

١- الظران الابيفيلي (مجموعة فيتزل وهالير). ٢- الظران الابيفيلي (مجموعة ميرزاييف). ٣- ظران الاشولي الأوسط(مجموعة ميرزاييف) ٤- ظران الاشولي والتاياك (مجموعة فيتزل وهالير) ٥- ظران الليفالواز الأعلى (مجموعة ميرزاييف) ٦- ظران الليفالواز الأعلى (مجموعة بيرفيه) ٧- الظران الاورينياكي (مجموعة بوركارت) ٨- ظران العصر الحجري الحديث (مجموعة ميرزاييف) ٩- مواقع التجمعات البشرية في المغاور ١٠- مخاريط نقضية (المخطط الموضوع حسب ميرزاييف).

وأخيراً يمكننا القول في هذا المجال إن دراسة المصاطب النهرية لها علاقة وثيقة بدراسة توضعات الدور الرباعي Quaternary Period بل تعدّ المادة النموذجية لدراسة هذه التوضعات. وخصوصاً إذا أخذنا بعين الاعتبار أن المصاطب النهرية والبحرية هي المكان الوحيد تقريباً الذي يمكن أن نصادف فيه كامل التتابع الصخري Full Sequence لتوضعات الدور الرباعي. التي تكون طبقاتها الأقدم

عمراً غير ظاهرة في المناطق السهلية (الديماس والبادية السورية وغيرها) والممهدة. فهي تقبع تحت توضعات الرباعي الأحدث عمراً والمؤلفة غالباً من توضعات الحديث Recent. هذا الوضع بحد ذاته يقودنا إلى حقيقة لا تقل أهمية وهي أن وجود مقطع كامل لتوضعات الرباعي في مكان واحد يمكننا من إجراء دراسة مقارنة ليس لأنماط التوضعات من الوجهة الليتولوجية فقط بل ومن الناحية المستحاثية (فاونا وفلورا) بل ومن الناحية الأثرية Archeology.

ب- أهمية القرائن الأثرية في دراسة توضعات الدور الرباعي:

يجب أن لا يفوتنا أبداً، أن تصنيف الدور الرباعي وتقسيمه إلى وحدات زمنية وليثو- استراتيغرافية Chrono Lithostratigraphic subdivisions أصغر حجماً يعود الفضل فيه، في أكثر الأحيان، إلى اللقى الأثرية التي خلفها الإنسان في أماكن يقطنها خلال تاريخه الطويل. وليس سراً أن الإنسان القديم بأنواعه كافةً كان يقطن ضفاف الأنهار على وجه العموم، وذلك لحاجته إلى المياه في أغراض شتى، وأولها الحصول على المياه العذبة للشرب له ولحيواناته المدجنة. من هنا يأتي تفسير غزارة اللقى الأثرية المدفونة في توضعات المصاطب النهرية. والتي باختلاف أشكالها وأنواعها وأزمان صنعها تمكننا من تحديد عمر التوضعات المصطبية الحاملة لها، بل ومن إجراء المضاهاة فيما بينها.

ولعل اقتراح تسمية الدور الرباعي بالانثروبوجين Anthropogene[1] ليس إلا تمييزاً لهذا الدور العتيد الذي تميز على كافة الأدوار والأحقاب الجيولوجية بظهور الإنسان وبترافق مخلفاته الدالة على حضارته مع توضعات هذا الدور(وفي الشكل٣١)، نجد بعض الأدوات الصوانية التي تم على أساسها تصنيف توضعات

---

[1] انثروبوجين Anthropogene: العصر الذي نشأ خلاله الإنسان Anthropos من اليونانية: أي رجل أو كائن بشري بسلالاته المتعددة.

الدور الرباعي أو الأنثروبوجين في إطار منطقة حوض البحر المتوسط.

ج- أهمية المناخ والمادة المستحاثية والقى الأثرية والبركنة والحركات التكتونية الحديثة في دراسة توضعات الدور الرباعي:

يتميز الدور الرباعي بشكل أساسي عن بقية الأحقاب والأدوار التي يتضمنها تاريخ الأرض الجيولوجي الطويل. ويظهر هذا الاختلاف والتمييز في مظاهر كثيرة ومتنوعة نجد في مقدمتها:

١- ظهور الإنسان خلال هذا الدور الذي يقدر مداه الزمني بحوالي ١.٦٣٠ مليون سنة، الأمر الذي يتفرد به عن كافة أدوار عمر الأرض الجيولوجي.

٢- ظهور الجليديات وسيطرتها في المناطق القطبية والدوائر المحيطة بها، حتى درجات العرض المنخفضة باتجاه خط الاستواء في جنوب جبال الألب في النصف الشمالي من الكرة الأرضية. وتكرر ظاهرة العصور الجليدية Glacial ages على أربع فترات في مناطق الألب، وأكثر أو أقل من ذلك في مناطق أخرى، ويفصل بينها فترات بين جليدية Interglacial episodes[1].

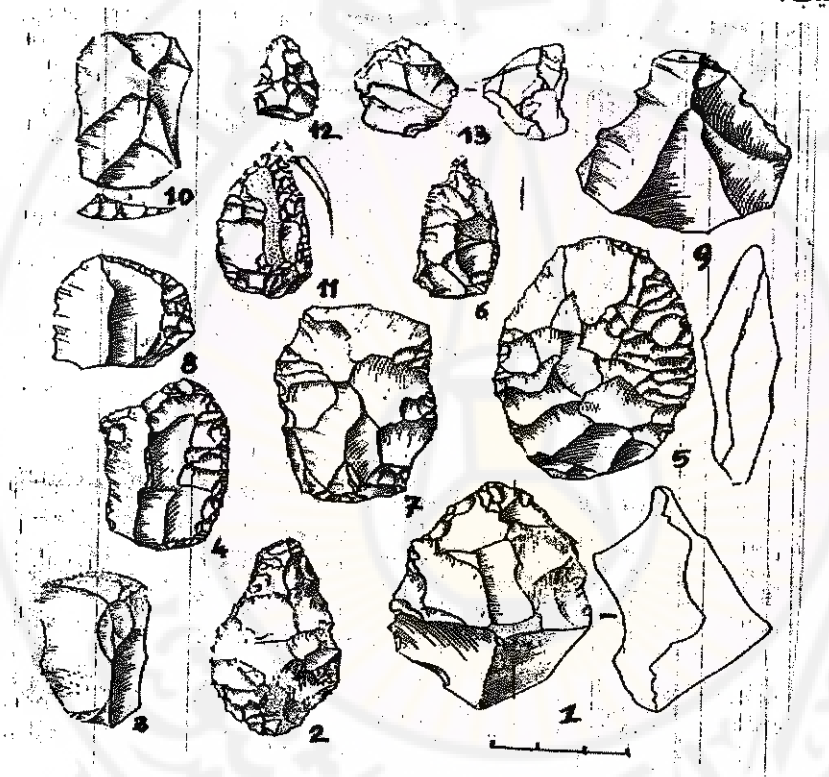
٣- انعكس أثر السيطرة الجليدية بشكل واضح على المناخ. فأصبح يميل إلى البرودة بشكل عام. وبالمقارنة مع مناخ الدور السابق أي النيوجين، يمكن القول، بأن الدور الرباعي أشد برودة، وإن كان القسم الأبكر من الرباعي أقل برودة من أقسامه الأخرى، بسبب تأخر ظهور الجليديات في بداية الدور الرباعي. لهذا السبب، يسمى القسم الأسفل من الرباعي بالفترة قبل الجليدية Preglacial episod.

---

[1] جليديات الألب: تشير الدراسات إلى أن الجليديات التي تتابعت في مناطق الألب هي أربع، تبدأ من الأقدم إلى الأحدث وفق ما يلي (غونز- مندل- ريس- فورم) كان يفصل بينها فترات تراجع خلالها الجليد باتجاه الشمال والجنوب ، وأطلقت عليها نفس أسماء الجليديات السابقة واللاحقة بها ويطلق عليها بشكل عام اسم فترات بين جليدية Interglacial episodes.

٤ – أدى انخفاض درجة الحرارة خلال الدور الرباعي وسيطرة شروط مناخية باردة (بحسب درجة العرض) إلى ما يلي :

آ– اختلاف في توزع أنواع وأجناس الكائنات الحية الحيوانية والنباتية. فأثناء الأدوار الجليدية، كان الزحف الجليدي يتجه نحو خط الاستواء، دافعاً أمامه الحيوانات والنباتات المحبة للحرارة كافةً باتجاه المناطق المعتدلة والمدارية والاستوائية بالترتيب.



الشكل ٣١– لقى صوانية من الباليوليت Pàleolithic الأسفل في فرنسا (حسب لـيروا– غوران). ١– : أبيفيل، ٢– ٦: أشول أوسط ٧–١٠: أشول علوي ١١–: ميكوك ١٢– ١٣؛ تاياك: ١، ٢، ٤، ٧، ١٢– سكاكين يدوية، ٣– مقشط ٥، ٨– مشحذ، ٦– مثقب، ٩، ١٠– مشطف، ١١– مقشط للقطع، ١٣– سكين كبيرة الحجم.

وقد حدث العكس في الفترات بين الجليدية، فبسبب تراجع الجليد نحو الأقطاب كانت النباتات والحيوانات توسّعُ رقعة انتشارها نحو الشمال، والجنوب، مكتسبة بذلك مناطق عيش جديدة، هي التي تحررت بعد ذوبان الجليد الذي كان يغطيها. هذا المبدأ يعدّ من المبادئ الأساسية في تفسير وفهم طبيعة وبنية الفاونا والفلورا خلال الدور الرباعي في مختلف المناطق. وهو يطلق عليه مبدأ هجرة Emigration المتعضيات، وقد لعب شكل التضاريس دوراً رئيسياً في سهولة أو صعوبة هذه الهجرة. فمثلاً كانت البيئة الصحراوية في سيناء والصحاري أو أشباه الصحاري التي تقع إلى الشمال منها تشكل عائقاً طبيعياً أمام هجرة النباتات الأفريقية باتجاه سورية في الفترات بين الجليدية Interglacial- أو ما يقابلها في سورية وحوض البحر المتوسط، أي الفترات بين المطيرة Inter-Pluvia episodes وهكذا.

تلعب البحار والحواجز الجبلية أيضاً نفس الدور، ومن جهة أخرى فإذا كانت الفِيَلَةُ ترتع بشكل واسع في سهوب جنوب أوروبا خلال البليوسين، فإن وجودها خلال الدور الرباعي يقتصر على أفريقيا وفقط بعض المناطق الأخرى إلى الشمال قليلاً (اللطامنة في وادي نهر العاصي).

ب- لم يقتصر تأثير سيطرة الجليديات خلال الدور الرباعي وما سببه من تدهور المناخ (البرودة والجفاف) على أن يكون دافعاً قوياً لهجرة أنماط معينة من الفلورا Flora والفاونا Fauna. بل أثّرَ بشكل قوي على بيئة المجتمعات الحية Biosynoses الحيوانية والنباتية. فقد أنقرضت أجناس وأنواع محبة للدفء Thermophyle وازدهرت وتوسعت رقعة انتشار محبات البرودة، ولا بد من ربط انقراض الأنماط المبكرة من سلالات الفيلة والنمور والغزلان والجمال من الحيوانات الثدية الكبيرة Big Mammals وغيرها في المناطق المدارية والمعتدلة لعدم قدرتها

على تحمل برودة المناخ، الذي سيطر على سطح الأرض في خطوط العرض العليا بدءاً من الدور الرباعي، في الوقت الذي استطاعت أسلافها الحالية التكيف مع هذه الشروط الجديدة.

بعد هذا العرض المختصر لخصائص الدور الرباعي العامة، يمكننا أن نضع أيدينا على حقيقة أن المادة المستحاثية يمكن أن تلعب دوراً أساسياً في دراسة وتصنيف توضعات الدور الرباعي، ولكن أي مستحاثات تلك يا ترى التي يجب اعتمادها لهذا الغرض؟ وهل لجميع مستحاثات الرباعي نفس الأهمية والقيمة البيواستراتيغرافية؟ بناء على ما تقدم يمكن القول بأن المستحاثات القارية بشكل عام هي الأقوى دلالة والأجدى في تصنيف توضعات الرباعي، وذلك لأن التغيرات التي طرأت على الفاونا والفلورا القارية كانت أسرع حدوثاً وأعمق أثراً منها لدى الفاونا والفلورا البحرية بشكل عام، أين تسود شروط أكثر استقراراً وديمومة .ونقصد بالمستحاثات القارية: غبار طلع وأبواغ النباتات القارية والمشطورات ورخويات المياه العذبة وغيرها.

د- الفاونا القارية Continental Fauna:

لا بد من ملاحظة أساسية فيما يتعلق بالفاونا القارية ذاتها. وهنا يمكن طرح سؤال حيوي من نفس نمط السؤال السابق، ألا وهو: هل القيمة البيواستراتيغرافية والباليونتولوجية متعادلة بالنسبة لكافة أنماط الفاونا القارية، بخصوص دراسة وتصنيف توضعات الدور الرباعي؟ للإجابة على هذا السؤال، لا بد من القول، بأن الحيوانات ذوات الدم الحار Hot Blood بشكل عام والثديات Mammalia بشكل خاص، هي المؤهلة فعلاً لتلعب الدور الأهم في إرشادنا إلى وضع صيغة صحيحة ومنطقية لتصنيف توضعات الدور الرباعي، على أسس باليونتولوجية. فذوات الدم الحار تحتفظ في جسمها بدرجة حرارة مستقلة عن تغيرات وتقلبات

درجة حرارة الوسط الذي تعيش فيه، وأي خلل يصيب هذا المعدل الحـــراري في دمها قد يؤدي إلى موتها. بعكس الزواحف ذوات الدم البارد Cold Blood الـــتي تتغير درجة حرارة جسمها بحسب تغير درجة الحرارة في الوسط الذي يحيط بهـــا. من هنا كان خضوع وتأثر ذوات الدم الحار بتقلبات عناصـــر الوســـط المناخيـــة والحيوية أبعد أثراً وأعمق بكثير من ذوات الدم البارد. مما يدفعها إلى الهجـــرة إلى مناطق ذات شروط حرارية مناسبة، أو إلى التكيف مع الشروط الجديدة، وفي هذا حافز قوي على تحفيز قدراتها واستعداداتها التطورية، ولعل تطور ذوات الدم الحار بهذه السرعة التي تم التأكد منها، ليس إلا مظهراً تطبيقياً وعملياً لهذا المبـــدأ. وإن ثالث الاحتمالات هو انقراض وموت بعض الحيوانات لعجزها عن إيجاد مخرج في خضم التغيرات البيئية التي لا ترحم، والتي أصابت أوساط حياتها. وســـواء أكـــان تصرف الثدييات يتفق مع أي من المبادئ الثلاث الســـابقة الـــذكر- الهجـــرة - Emigration أو التطور Evolution أو الانقراض الكارثي Catastrophic death، فلن تكون النتيجة إلا تعاظم أهمية وقيمة مستحاثات هـــذه المتعضـــيات Organisms البيواستراتيغرافية، وإعطائها صـــفة مســـتحاثات مرشـــدة Key Fossils. وفعلاً تعمل المستحاثات المرشدة دوراً هاماً بالنســـبة لنـــا في دراســـة جيولوجية الدور الرباعي، بحساسيتها المرهفة إلى تقلبات المنـــاخ، لفهـــم طبيعـــة التغيرات التي أصابته منذ البداية وحتى وقتنا الحاضر.

أما الثدييات وهي الفئة الحيوانية الأكثر انتشاراً وسيطرة خلال الدور الربـــاعي، فهي أفضل ذوات الدم الحار من جهة، وحيث أنّ أكثرها قاري من جهة أخـــرى، لذلك تتوفر فيها كافةً الشروط لتحوز الدور الأهمّ في مساعدتنا في إجراء الدراسة الصحيحة لجيولوجية الدور الرباعي. فهي أكثر مجموعات المملكة الحيوانية نشـــاطاً في الخضوع للمبادئ الثلاث السابقة الذكر.

من مجمل ما سبق ذكره، تلعب الثديات دوراً أساسياً في تصنيف Classification توضعات الدور الرباعي، وكما في مناطق أخرى من قشرة الأرض، كذلك في مناطق البحر المتوسط وأوربا والبحر الأسود. توجد جداول بيواستراتيغرافية لتصنيف توضعات الدور السابق الذكر مبينة على أساس مستحاثات الفاونا القارية Continental fauna المسماة بالثديات Mammalia. لذا هناك مقياس خاص بالدور الرباعي لمنطقة البحر المتوسط على أساس مستحاثات الثديات، أما في الأوساط البحرية والمائية، فيلجأ إلى الاعتماد على الفاونا الشديدة الحساسية لتقلبات شروط الوسط كالمنخربات مثلاً. علماً بأن التغيرات في شروط الأوساط المائية أقل أهمية منها على القارات، أيّ على اليابسة.

هـ- تحليل ابواغ وغبار طلع الفلورا القارية Continental Flora:

إن أهم الاكتشافات العلمية في حقل الباليونتولوجيا في مطلع القرن الحالي هو اكتشاف طريقة جديدة للدراسة المستحاثية أطلق عليها طريقة تحليل غبار الطلع والأبواغ Pollen and Spore analysis واختصاراً تسمى تحليل الطلع Pollen analysis أو Palynological method أما علم غبار الطلع والأبواغ الحديثة فيسمى Palynology وقد كان لهذا العلم أهمية بيولوجية (وراثية وتصنيفية والخ....).

في نهاية القرن التاسع عشر ومطلع هذا القرن العشرين، ولكن وجد أن حبيبات grains غبار الطلع والأبواغ Spores تتمتع بغلف Membrane شبه كيتينية التركيب على الأغلب مكونة من مادة تسمى Sporopollenine وهي ذات مقاومة عالية، تمكن من حفظها عشرات الملايين من السنين (أقدم المستحاثات الطلعية اكتشفت في ما قبل الكمبري أي يعود عمرها إلى أقدم من ٦٠٠ مليون سنة) .

ولقد طرح فون بوست Von Post استخدامها لأول مرة كمادة مستحاثية تفيد في

دراسة التوضعات وتصنيفها استراتيغرافياً. وقد أطلق على هذا النوع من دراسة المستحاثات النباتية اسم Paleopalynology، تمييزاً له عن علم غبار طلع النباتات المعاصرة Palynology. وقد دلّ التطبيق العملي لهذه الطريقة، تمتعها بقدرة فائقة على إعطاء أدق مواصفات تركيب المجتمعات النباتية Botanical biosynosis أو الغطاء النباتي Vegetation، الذي يرتبط مباشرة بتغير الشروط المناخية وغيرها من الشروط الحيوية والبيئية environmental. والذي يمكن اكتشافه بتحليل تركيب الفلورا، أي الغطاء النباتي في مختلف المناطق. ولما كانت الفلورا خاضعة للمبادئ الثلاث، التي تتصرف وفقها المتعضيات بشكل عام، والمذكورة في الفقرة السابقة (الهجرة — التطور- الموت أي الإندثار أو الانقراض). تحت تأثير الشروط الحيوية - البيئية وخصوصاً لدى الفلورا القارية، يمكن أن نعطي لهذه الفلورا أهمية لا تقل عن أهمية الثديات في اعتمادنا عليها لتصنيف توضعات الدور الرباعي استراتيغرافياً. إن علم غبار الطلع والأبواغ المستحاثة وطرائق المستحاثات المجهرية الأخرى Micropaleantology قد تكون سبيلنا لكشف كافة ردود أفعال الغطاء النباتيّ القاري منها والبحري، أمام التغيرات في شروط أوساط حياتها، وغالباً ما تحتوي الجداول الستراتيغرافية والكرونواستراتيغرافية لتصنيف توضعات الدور الرباعي على معطيات التحليل البالينولوجي جنباً إلى جنب مع معطيات خصائص الطيف الفاوني أي مجاميع الحيوانات التي يتم وصفها وتسجيل وجودها في الصخور، مما يعطي صورة أوضح وأكمل عن شروط الوسط المسيطر في زمن حياتها. كما يمكننا وبكل دقة إعادة بناء Reconstruction المنظر الطبيعي Landscape للوسط المسيطر في كل من الفترات الجيولوجية. وفي الجدول اللاحق (شكل ٣٢) ثبتنا بعض المعطيات البالينولوجية المميزة للكاينوزوي (السينوزوي) في سورية.

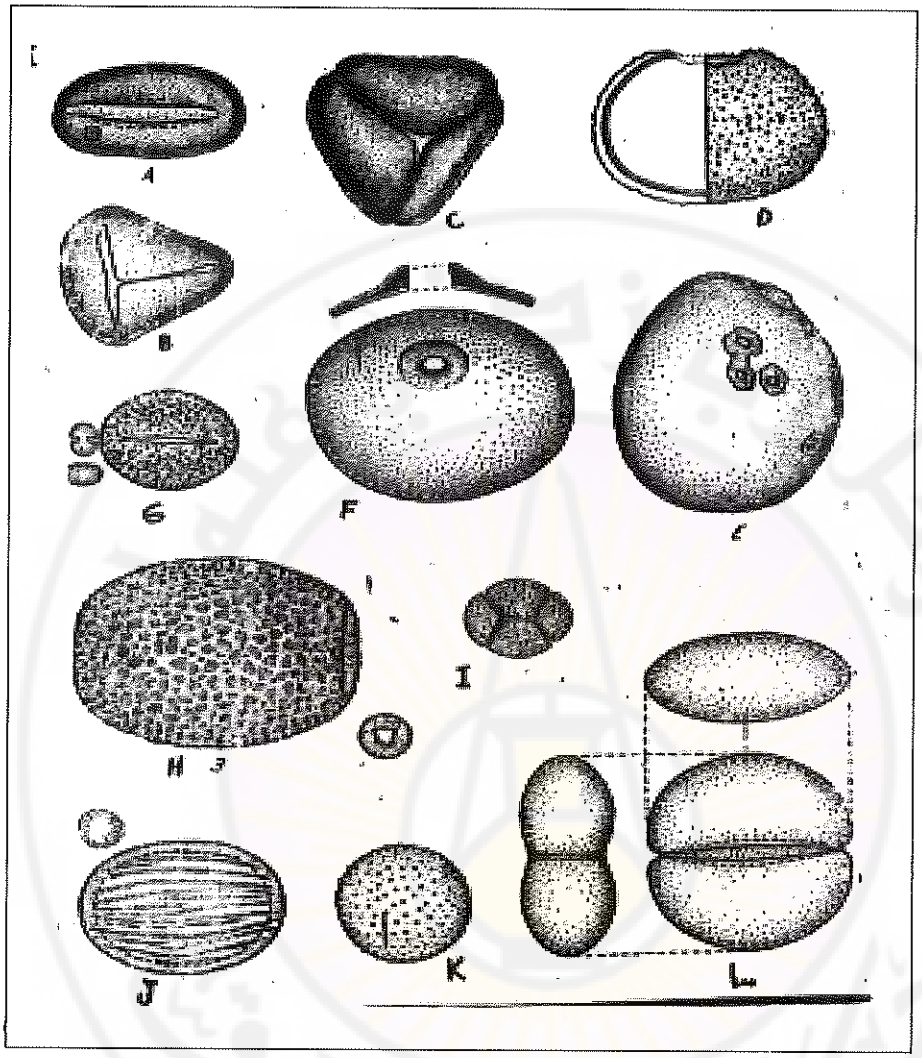
ولا يخفى أن لعلوم المستحاثات النباتية كانطباعات الأوراق Leaf prints

وعلم الثمار المستحاثة Carpology وعلم الخشب المستحاث Fossil wood، وغيرها من العلوم والمواد الأخرى دوراً كبيراً في زيادة دقة تصوراتنا عن خصائص الفترات الماضية من عمر القشرة الأرضية من الوجهة الجيولوجية. إن الباليوبالينوجيا تعدّ الوسيلة الفعالة في دراسة التوضعات القارية الخالية من أي أثر للفاونا. ومن هنا يأتي التركيز على هذه الطريقة وتعميم استخدامها. وفي (الشكل ٣٢) بعض أنماط غبار الطلع والأبواغ المستحاثة التي يعتمد عليها في إجراء التصنيف الستراتيغرافي للطبقات الصخرية. ولا بد من ملاحظة أنَّ الخصائص المذكورة سابقاً كافةً، والمميزة للدور الرباعي أدت إلى تكريس منحىً خاص مختلف في دراسة هذا الدور جيولوجياً. وهذا بدوره دفع إلى ظهور فرع مستقل ضمن مجموعة العلوم الجيولوجية يطلق عليه اسم جيولوجية الدور الرباعي Quaternay Geology.

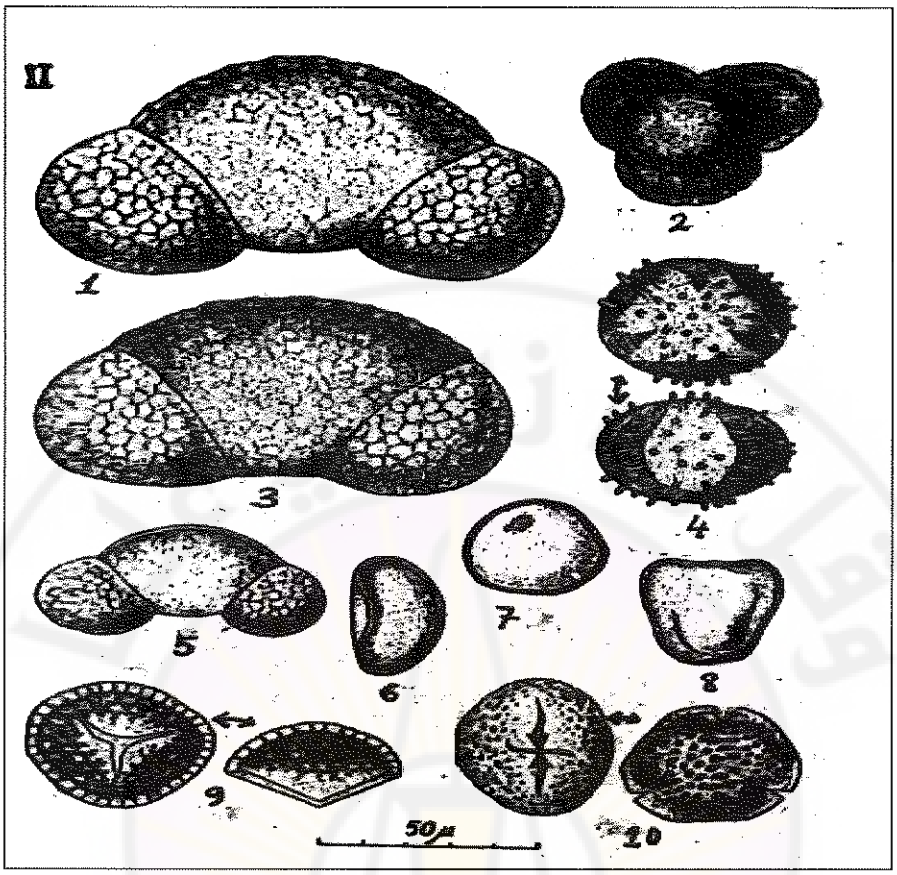
Series زمرة	Subseries تحت زمرة	Stage طابق	فلورا التوضعات البحرية	فلورا التوضعات القارية Vegetation
↑ بلايستوسين Pleistocene	↑ أوسط	↑ تحريني	سيطرت النباتات الشجرية مع سيطرة أشجار مغلفات البذور Angiosperm على عاريات البذور Gymnosperm وانتشار النباتات العشبية التي ارتفعت فيها نسبة النباتات محبات الجفاف. يوجد ضمن الأشجار نسبة جيدة من محبات الدفء وتواجد جيد للنباتات البوغية	كما في التوضعات البحرية، مع فارق رئيسي يتمثل فقر الغطاء النباتي في فترة تراكم هذه التوضعات.

Series زمرة	Subseries تحت زمرة	Stage طابق	فلورا التوضعات البحرية	فلورا التوضعات القارية Vegetation
	سفلي	سيسيلي(صقلي)	ازداد الغطاء النباتي الشجري وتضاءلت نسبة النباتات العشبية. وازدادت نسبة النباتات محبات الرطوبة (ميل نحو الرطوبة في المناخ).	كما في التوضعات البحرية تقريباً، مع التأكيد على فقر الغطاء النباتي وميل إلى الجفاف
بليوسين Pleocene	سفلي	بليزانسي	سادت شروط مناخية غير مستقرة بسبب تغير تركيب الغطاء النباتي، تناوب في السيطرة بين الأشجار والأعشاب	سيطرت الأشجار رغم أن المناخ غير مستقرّ أيضاً.
ميوسين Miocene	علوي	مسيني		الأشجار مسيطرة من المغلفات والعريانات وتوازن بين محبات الرطوبة ومحبات الحرارة، المناخ يميل إلى الدفء مع جفاف نسبي.
	أوسط	تورتوني	سيطرت الأشجار بشكل واضح، تشكل غابات مختلطة	تعادلت عندئذ تقريباً كمية الأشجار والأعشاب، مناخ جاف دافئ.

(شكل ٣٢) بعض المعطيات البالينولوجية المميزة للكاينوزوي (أو السينوزوي) في سورية (وفق حسين ك.م.١٩٧٣).



Damascus University



تتمة الشكل ٣٣:

II – نماذج متفرقة من الأبواغ ،Polypodium –6، ٩ –كينوبوديوم) وغبار الطلع (١، ٢، ٣، ٥– صنوبريات، ٤– سنتوريا، ٧– Poaceae، ٨– Trapa والبقية).

و– أهمية دراسة الحركات التكتونية الحديثة والبركنة الرباعية: تمثل دراسة الحركات البنيوية الحديثة والبركنة الرباعيين والتي ترتبط بالتاريخ الجيولوجي للدور الرباعي أهمية كبرى في دراسة وتصنيف توضعات الدور الرباعي, هذا بالإضافة الى وسائل الدراسة الأخرى المشار إليها في الفقرات السابقة آ– ه). وتعد معرفة

الحركات التوازنية للبحر وتوزع رماد البراكين وحركة الفالواق خلال الدور الرباعي ضرورية جداً لدراسة توضعات الدور الرباعي.

٢-٤- ٨- المستحاثات وبعض قوانين التسمية النباتية والحيوانية:

Fossils and the Principles of Botanical & Zoological Binominal Nomenclature

تستخدم بقايا العالم الحي (المستحاثات) في الجيولوجيا عادة كوثائق جيولوجية أو باليونتولوجية بالغة الاهمية في الوصول إلى تقسيمات زمنية طبقية - Chrono stratigrapic وذلك لأن وجود بعض البقايا العضوية أو مجموعات منها يكون مميزاً دوماً لقطاع معين من الزمن.

فيجب أن لا ننسى أن للستراتيغرافية الحيوية Biostratigraphy دوماً مفهوم تطوري أي تاريخيّ، والستراتيغرافية هنا كعلم تستفيد من الفكرة التطورية للعالم الحي. إن الجداول الستراتيغرافية مبينة في جميع الحالات على أساس هذا المفهوم، وليس هذا فقط، بل أن قيمة المستحاثات لا تقلُّ مطلقاً أثناء البحث في مواضيع أخرى، كإيضاح منشأ وشروط توضع الصخور الرسوبية. إذ لا تخفى العلاقة الوثيقة التي تربط المستحاثات بالأوساط التي تعيش فيها. والمستحاثات Fossils بالتعريف هي البقايا العضوية كافة، التي تواجدت خلال الأحقاب الجيولوجية وآثار نشاطها الحيوي، المحفوظة في طبقات القشرة الأرضية، وكل أثر يدل على حياة سابقة. فليست نادرة الحوادث التي يجد فيها الجيولوجيين قطعاً من قوقعة أو هيكلاً لكائن حي في حالة ممتازة من الحفظ، ويمكن الاعتماد عليها في تحديد زمن تشكل الرسوبات الحاملة لها.

غالباً ما تحفظ بقايا العضويات Organisms في صورة انطباع Imprint أو على شكل نوى أو لبابات أيّ قوالب Cast، داخلية أو خارجية. ومن الجدير بالذكر

أن النسيج والمكونات الرخوة من العضوية الميتة يصيبها التلف والتفسخ، ولا يحفظ منها في الحالة المستحاثة إلا التشكلات الهيكلية القاسية (القوقع والهياكل العظمية والنسيج الخشبي والبذور، الخ...). ولا تعكس الانطباعات والقوالب إلا بنية الأجزاء الصلبة من العضوية في أغلب الأحيان (يستثنى بعض الحالات). يعطي الانطباع أو القالب معلومات مفصلة عن خصائص بنية قسم من سطح قوقعة مستحاثة أي متحجرة، أما القالب الداخلي فيحفظ بشكل أو بآخر شكل العضوية الكامل أو القسم الأكبر منه. ويميز نوعان من القوالب:

١- قوالب داخلية Innercast: و يحدث ذلك عندما تنحل أو تتلف الهياكل أو القواقع الخارجية للحيوان الرخوي ولا تخلف ورائها إلا المادة الرسوبية التي توضعت ضمن الجوف العام. وغالباً ما نحصل على مثل تلك القوالب بنتيجة غزو الجوف الداخلي للمستحاثة (القوقعة مثلاً) وامتلائه بمواد رسوبية فلزية (وغالباً بالطين الكلسي أو الغضاري). ومن ثم إذابة جدران القوقعة. النوع الثاني للقوالب يسمى:

٢- قوالب خارجية External cast: وتنتج عن ملء المواد الفلزية الفراغ المحيط بالهيكل أو القواقع، مما يؤدي إلى تشكل انطباع للسطح الخارجي للقوقعة بكل تفصيلاته وتزييناته.

لقد خضع العالم الحي على كوكب الأرض لتغيرات ضخمة، و لم تؤد التغيرات لظهور بعض الأنواع والأجناس أو انقراضها فقط، بل إن مجموعات أكبر حجماً من الحيوانات والنباتات خضعت لنفس المصير كالعوائل Families والصفوف Classes والرتب Orders .

فعلى قارات الماضي الجيولوجي للأرض، وفي بحاره، كثيراً ما حدثت تغيرات كان تأثيرها على ابقاء لأنماط الحيوانية والنباتية المسيطرة كافةً كبيراً. حيث حلت

مكانها مجموعات جديدة أفضل تكيفاً بشكل واضح، وذلك كاستجابة لمبدأ الإنتخاب الطبيعي الذي أشار دارون الى فعاليته ضمن العالم الحي.

آ- **تطور الحياة بحسب الداروينية**Darwenism and Life Evolution:

إن عمليات تطور الحياة على الأرض قد سجلت ضمن قشرة الأرض بشكل سجل متتابع من المستحاثات، وأن العثور على بقايا عضوية (ضمن الصخور الرسوبية) تنتسب إلى نفس المرحلة من تطور الحياة، يعدّ حتى الآن الطريقة الأساسية والمثلى في الوقوف على زمن تشكل الصخور. وقد بينت الدراسات التطبيقية في حقل الستراتيغرافية عدم تمتع كافة المستحاثات بنفس الأهمية من الوجهة العملية في علم الطبقية. إذ أن أثمن ما نحتاجه بغية تحديد أعمار طبقات الصخور ومضاهاة التوضعات المختلفة، هو تلك البقايا التي خلفتها الحيوانات والنباتات القديمة، التي كانت تتمتع بتوزع جغرافي واسع، يصاحبه تواجد زمني محدود. هذه البقايا العضوية يطلق عليها اسم الأشكال المرشدة Guide forms. ولكن غالباً ما تكون المستحاثات مرشدة بالنسبة للتوضعات في منطقة محددة، أي في منطقة توزعها. أما خارج هذه المنطقة فقد تلاحظ المستحاثة المرشدة في توضعات أحدث أو أقدم عمراً، ولذلك فإن التوصل إلى نتائج دراسية أكثر دقة، يجب أن يعتمد على مبدأ أو طريقة التواقت Synchronic method في وضع الرسوبات، ليس على أساس نماذج متفرقة من المستحاثات المرشدة، بل على أساس الدراسة المفصلة لمحمل المعقد Complex أو المجموع Assemblage المستحاثي، الذي يمكن وصفه في هذه أو تلك من الطبقات. هذه الدراسة المفصلة تمكننا من كشف التواقت Synchronism في تشكل هذه أو تلك من التوضعات وبالتالي تحديد أعمارها النسبية Alternative Age.

نخلص من ذلك إلى أنه من الضروري إفساح المجال أمام الطلاب في

المعسكرات التدريبية الجيولوجية للتعرف على المستحاثات كافة في منطقة الدراسة وتوجيه نظر الطلاب إلى المرشدة منها، ونطاق توزعها الزمني والجغرافي في منطقة الدراسة. كما وأنه من الضروري معرفة بعض القوانين والقواعد المتبعة في التسمية الحيوانية والتي تفيد في العمل التطبيقي الحقلي بشكل منهجي وذلك على النحو التالي. بدون هذه المعرفة يصبح من الصعب التعرف على رموز ومعاني تواجد أنواع الحيوانات والنباتات كافةً ضمن طبقات الصخور الرسوبية. كما يصعب التعرف عليها وتحديد أسمائها بالاعتماد على المجموعات المستحاثية أو المراجع والكاتالوجات والأطالس التخصصية التصنيفية، وتصويرها أو رسمها، دون معرفة القواعد الصحيحة لهذا النوع من الأعمال العلمية الوصفية الدقيقة، كما يستحيل وصفها وصفاً صحيحاً.

وبشكل عام، يقسم العالم الحي إلى المملكة النباتية Plant Kingdom والمملكة الحيوانية Animal Kingdom بكامل محتوياهما النباتية والحيوانية إلى عدد من المجموعات التصنيفية العامة يطلق عليها اسم شعب Phylum تحتوي على عدة صفوف Class وتقسم هذه بدورها إلى رتب Order. وتتألف هذه من عوائل أو فصائل Family وفي كل فصيلة عدد من الأجناس Genera وهذه تقسم إلى أنواع

Species. هذه الأخيرة تعتبر الوحدات الأساسية في تصنيف العالم الحي. وقد يُصَنَّفُ في بعض الحالات وحدات أصغر حجماً ضمن الأنواع تسمى تحت أنواع Sub species أو عدة ضروب للنوع الواحد Varient. يطلق على تقسيمات العالم العضوي السابقة الذكر اسم "الوحدات التصنيفية Taxonomic units". مثلاً شعبة الحبليات (Cordata)، صف الثديات (Mammalia)، رتبة اللواحم (Carnivora)، فصيلة الكلبيات (*Canidae*)، جنس الكلب(*Canis*)، نوع

الكلب المترلي(*Canis familiaris*)، يرينا هذا المثال أن الوحدات التصنيفية كافة، والأكبر من النوع رمز لها بكلمة واحدة. بينما رمز للنوع باسمين يكتبان دائماً وإن كانت الكتابة لسبب ما بحروف واقفة فيوضع خط تحت الإسمين للدلالة على أن التسمية تتناول اسماء الأجناس والأنواع بحروف مائلة. إن إعطاء أنواع الحيوانات والنباتات كافةً اسماً ثنائياً مشتقاً من اللغة اللاتينية أو اليونانية يسمى التسمية الثنائية Binominal Nomenclature.

يجب أن يعقب اسم النوع اسم المؤلف الذي وصف هذا النوع. بحيث أن التسميات كافة باستثناء تسميات الأنواع وما دونها تكتب بحروف كبيرة. ونوضح ذلك بالمثال التالي: ضمن المنخربات (Subclassis foraminifera) التي تنسب إلى شعبة الأوليات (Protozoa) يوجد نوع *Spiroplectammina* **J. Nikitina** *azovensis* ، حيث تشير الكلمة الأولى هنا إلى اسم الجنس، والثانية إلى اسم النوع والثالثة تشير إلى المؤلف ويكتب اسم المؤلف بحروف واقفة غامقة وليس بحروف مائلة. ويمكن إعطاء القسم الأخير مختصراً. وإذا كان النوع قد وصف من قبل مُؤَلِّفَيْن، فيُلجأُ إلى ربط إسميهما بحرف العطف (et)، وإذا كان المقصود هو كتابة اسم تحت جنس Subgenera فيكتب اسمه بين قوسين مستديرين قبل ذكر اسم النوع مثلاً:

Productus (Linoproductus) cora **Orb** وتعني العبارة (Orb) هنا اسم المؤلف مختصراً إذ أن اسمه الكامل هو (Dè Orbiny). إذا كان اسم عائلة المؤلف محاطاً بقوسين دائريين، فهذا يعني أن مؤلف النوع قد وصفه ضمن جنس آخر مختلف، ولكن مؤلفين آخرين نسبوه إلى الجنس الحالي، الذي يذكر مرافقاً لاسمه. أما ما يتعلق بأسماء تحت الأنواع Subspecies فتكتب بعد اسم النوع، مثلاً *Gigantella gigantea Subsp. crassa* (martin) . وهناك طريقة

أخرى للكتابة حيث تغفل كتابة Sub sp. غالباً، وفي هذه الحالة يكتب اسم تحت النوع مباشرة بعد اسم النوع مثلاً.

Spiroplectammina carinata oligocenica J.Nikit,

حيث "*Oligocenica*" تشير إلى اسم تحت النوع.

كثيراً ما تصادف بقايا مستحاثية سيئة الحفظ، أو لا تزال معرفتنا بها محدودة، الامر الذي لا يسمح لنا من تحديد هويتها بمستوى من الدقة حتى النوع. أو أن نصل إلى تحديدها بشكل أكيد وموثوق. في حالات من هذا النوع تتبع القواعد التالية:

يشار إلى النوع الذي لم تحدد هويته بالعبارات التالية.

(Sp. indet.) أو (Sp. Ind.): أي إن النوع غير محدد Indeterminatum، وعلى سبيل المثال نذكر النوع الحيواني *Spirifer Sp.* Ind. والنباتي *Salix,* indet. في هذه الحالات وإذا كانت التبعية إلى الجنس قد حددت، أما تحديد التبعية أو النسب إلى النوع فقط بمقارنتها بنوع ما، فيوضع أمام اسم النوع الكلمة اللاتينية Conformis أي مشابه بشكل مختصر. أي Cf كما في المثال التالي:

Lima cf . *exallata* Terg. وتوضع الحروف aff. (من affinis- أي قريب من) عندما يراد الإشارة إلى أن المؤلف يتعامل على ما يبدو مع نوع جديد Sp.Nov. ولكن قلة المادة المتاحة لا تسمح بإعطاء اسماً جديداً. ولذلك يكتفي بالإشارة إلى قربه من النوع المذكور. مثلاً:

Globigerina aff. *apertura* Cushman. إذا استغنينا تماماً عن المقارنة مع نوع ما محدد. فبعد اسم الجنس يكتب Sp. مثلاً Globigerina sp. أما إذا توفر لدينا عدد من الأنواع، فيعبر عنها بالشكل التالي:.Sp sp. *Globigerina* أو

Globigerina spp. وكثيراً ما نلاحظ أثناء تدوين أسماء المستحاثات العبـــارة المختصرة ex gr وهي اختصار لـــ (ex grege من مجموعة) ويراد بها التعبير عن أنّ الخاصة المدروسة تنتسب لمجموعة ما من الأنواع تميزها هذه الخاصة مثلا:

Lenticulina ex gr. *dimorpha* (Tutk.)

لدى وصف خصائص التقسيمات الستراتيغرافية، غالباً ما يلجأ إلى ذكر قائمـــة بأنواع المستحاثات النباتية والحيوانية التي تصادف فيها. ويراعى في هذه القـــوائم، ذكر أسماء المستحاثات وفق ترتيبها التصنيفي. وقد تذكر أسمائها وفق نظام يعتمـــد على أهميتها الستراتيغرافية، وذلك بحسب الغرض من ذلك. وفي كافة الأحـــوال، يجب ذكر كافة ممثلي الجنس الواحد معاً. وللاختصار تتبع عادة كتابة اسم الجنس كاملاً بالنسبة للنوع الأول في الجدول. أما بقية أسماء الأنواع من نفس الجـــنس. فيعبر عن اسم

الجنس فيها بحرفٍ واحد أو حرفين فقط كما يلي: *Quercus rubra, Q. orientales*.

***

الفصل الثالث

طرائق دراسة طبقات الأرض

METHODS OF STRATIGRAPHY

٣-١- تحديد أعمار الصخور

٣-٢-طرائق تحديد العمر النسبي للصخور

٣-٢- ١- الطرائق اللامستحاثية في علم طبقات الأرض (الجيولوجية – الستراتيغرافية)

٣-٢-٢ – الطرائق المستحاثية في علم طبقات الأرض

٣-٢-٣-طرائق البحث الطبقية الحيوية

٣-٢ -٤- الأسس الرئيسة للطرائق المستحاثية في علم طبقات الأرض

٣-٢- ٥ – قوانين العملية التطورية

٣-٢- ٦- توزع البقايا المستحاثية للمتعضيات في المقطع

٣-٢-٧- أثر بعض المجموعات المستحاثية في علم الطبقية

٣-٢- ٨- التصنيف البيواستراتيغرافي للمقاطع

٣-٢-٩- المضاهاة البيواستراتيغرافية

٣-٢-١٠- طرائق المضاهاة البيوستراتيغرافية (المدرستان السوفيتية والروسية)

٣-٢-١١- طرائق المستحاثات المجهرية- طريقة عزل المستحاثات الصغيرة المقاومة للحموض عن البقايا غير القابلة للانحلال

٣-٢-١٢- المضاهاة البيواستراتيغرافية بالاستناد إلى تحليل المجموعات المستحاثية النباتية والحيوانية

٣-٢-١٣- المضاهاة الطبقية .

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

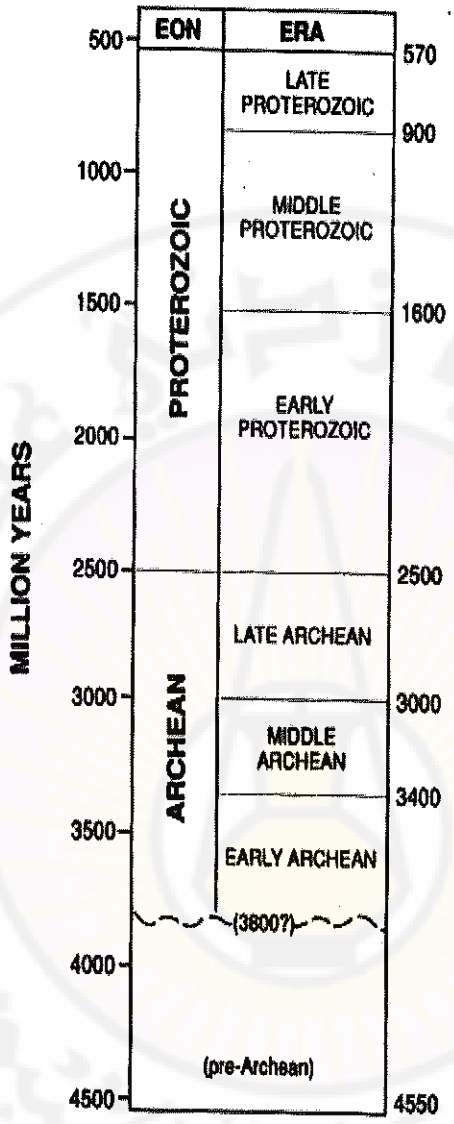
طرائق دراسة طبقات الأرض
Methods of Stratigraphy

٣-١- تحديد أعمار الصخور Determination of Rocks Ages :

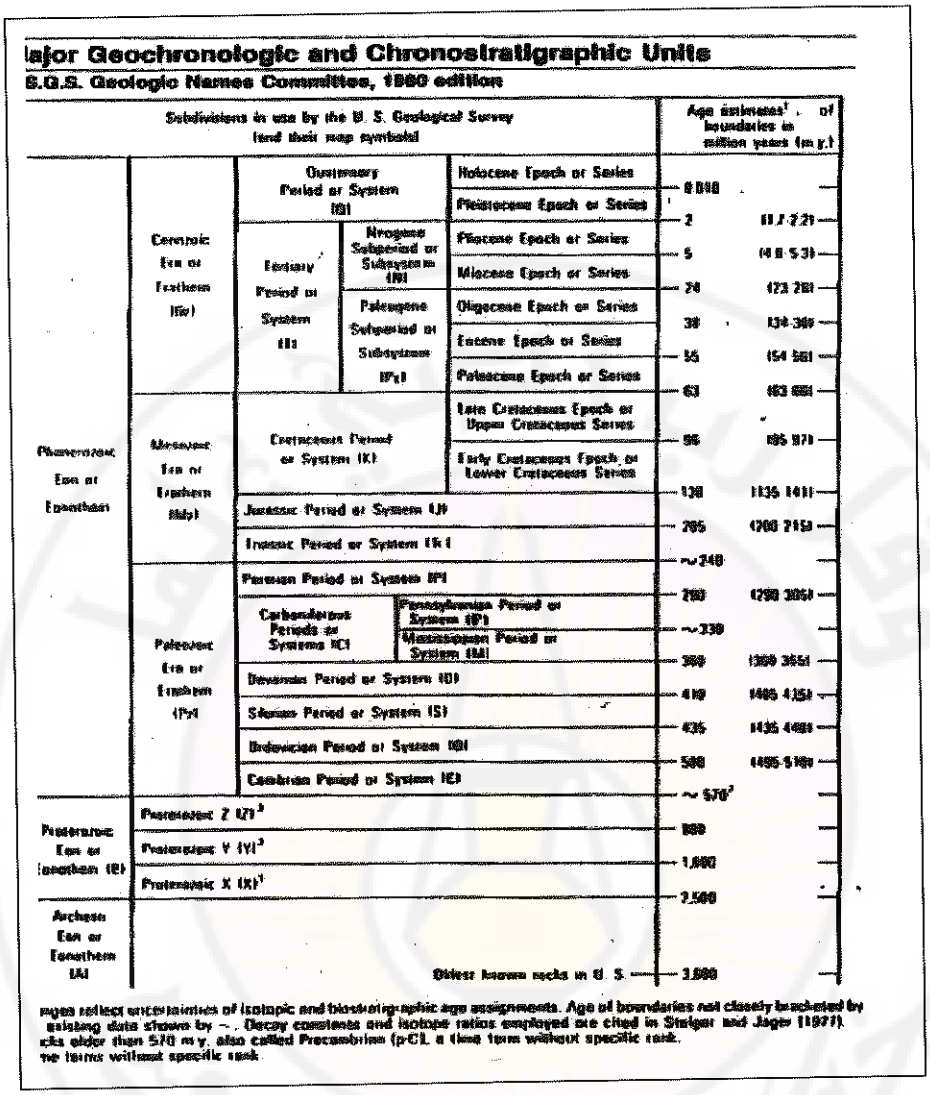
يبدأ البحث الجيولوجي دائماً بدراسة تركيب التوضعات وتحديد عمرهاdating. حيث إنه بدون التوصل إلى تحديد أعمار الصخور، يستحيل تحديد التاريخ الجيولوجي لقطاع محدد من قشرة الأرض.

إن علم طبقات الأرض Stratigraphy يهتم بدراسة التعاقب الزمني (الكرونولوجي) لطبقات الصخور وبأعمارها. أما الموضوع الذي تقوم الستراتيغرافيا بدراسته فيتمثل بالسماكات الصخرية المتطبقة، سواءٌ أكانت رسوبية Sedimentary، وهو ما يشكل موضوع علم الطبقية بشكلٍ أساسيّ، أم بركانية Volcanic المنشأ أم متحولة Metamorphic ويعدّ وصف تعاقب طبقات الصخور بمثابة معطيات مادية حقيقية للستراتيغرافي (يقصد هنا المعطيات المستمدة من مقاطع استراتيغرافية محددة).

أما تعميم عدد من المقاطع الستراتيغرافية الخاصة فَيُمَكِّنُ من إنشاء مقطع استراتيغرافي إجمالي مرجعيّ (العمود الطبقي للمنطقة) يتضمن أنماط الصخور المتواجدة في هذه أو تلك من المناطق كافة وكذلك التوضعات المتوضعة فوق بعضها البعض وفق نظام تعاقب زمني صارم، أما تعميم الأعمدة الطبقية — Stratigraphic columns — الخاصة بعدد من المناطق فَيُمَكِّنُ من اظهار تعاقب طبقات الصخور ضمن منطقة Region بكاملها (شكل ٣٤ و٣٥).



الشكل ٣٤– مقياس الزمن الجيولوجي لما قبل الكامبري (عن هاريسون وبترمان، ١٩٨٢)



lajor Geochronologic and Chronostratigraphic Units

S.G.S. Geologic Names Committee, 1980 edition

Subdivisions in use by the U. S. Geological Survey (and their map symbols)					Age estimates[1] of boundaries in million years (m.y.)
Phanerozoic Eon or Eonothem	Cenozoic Era or Erathem (Cz)	Quaternary Period or System (Q)		Holocene Epoch or Series	0.010
				Pleistocene Epoch or Series	2 (1.7-2.2)
		Tertiary Period or System (T)	Neogene Subperiod or Subsystem (N)	Pliocene Epoch or Series	5 (4.8-5.3)
				Miocene Epoch or Series	24 (23-26)
			Paleogene Subperiod or Subsystem (Pg)	Oligocene Epoch or Series	38 (34-38)
				Eocene Epoch or Series	55 (54-58)
				Paleocene Epoch or Series	63 (63-68)
	Mesozoic Era or Erathem (Mz)	Cretaceous Period or System (K)		Late Cretaceous Epoch or Upper Cretaceous Series	96 (95-97)
				Early Cretaceous Epoch or Lower Cretaceous Series	
		Jurassic Period or System (J)			138 (135-141)
		Triassic Period or System (Tr)			205 (200-215)
					~248
	Paleozoic Era or Erathem (Pz)	Permian Period or System (P)			290 (290-305)
		Carboniferous Periods or Systems (C)	Pennsylvanian Period or System (IP)		~330
			Mississippian Period or System (M)		360 (360-365)
		Devonian Period or System (D)			410 (405-415)
		Silurian Period or System (S)			435 (435-440)
		Ordovician Period or System (O)			500 (495-510)
		Cambrian Period or System (C)			~570[2]
Proterozoic Eon or Eonothem (P)	Proterozoic Z (Z)[3]				900
	Proterozoic Y (Y)[3]				1,600
	Proterozoic X (X)[3]				2,500
Archean Eon or Eonothem (A)				Oldest known rocks in U. S.	3,800

ages reflect uncertainties of isotopic and biostratigraphic age assignments. Age of boundaries not closely bracketed by existing data shown by ~. Decay constants and isotope ratios employed are cited in Steiger and Jäger (1977).
cks older than 570 m.y. also called Precambrian (p-Cl, a time term without specific rank.
ne terms without specific rank.

الشكل ٣٥- جدول الوحدات الزمنية الجيولوجية والزمنية الطبقية الرئيسية (عن U.S.G.S، هيئة المصطلحات الجيولوجية، طبعة ١٩٨٠)

ملاحظة: بقيت نشرة ١٩٨٣ مشابهة لهذا الاصدار دون تغيير إلا بنصوص ما قبل الكمبري (انظر الشكل ٣٤)

تمكننا الستراتيغرافيا من التوصل إلى حلول للمسائل التالية:

١- **تصنيف (تقسيم)** ثخانات الصخور الرسوبية والبركانية المكونة لقشرة الأرض إلى طبقات وحزم ونطاقات منفصلة بالاعتماد على تركيب هذه الصخور، أي خصائصها البترولوجية وعلى ما تتضمنه من مستحاثات، أي بالاستناد إلى محتواها الباليونتولوجي أو الفلزي بتحديد العمر المطلق absolute age بواسطة التأريخ الإشعاعي radioactive dating الذي تقدمه تقنيات المواد المشعة أو علم جيوكيمياء المواد المشعة (Rutter and Catto, 1995, Williams et al.,1993, Montgomery, 1997) radioactive geochemistry tech.

٢- **الكشف عن نظام تعاقب الطبقات بغية تحديد أعمارها النسبية** Relative age أو المطلقة Absolute age، ومن ثم وضع عمود طبقي محليLocal lithological cdumn. وفيما يتعلق بعمر الصخور الاندساسية- Intrusive- ضمن العمود الطبقي، فيحدد بعلاقتها مع الصخور الرسوبية أو بمحتواها من المواد المشعة Radio active eliments.

٣- **مضاهاة** Correlation الطبقات المتواقتة في تشكلها عبر مساحات واسعة ووضع أعمدة طبقية اجمالية وبروفيلات جيولوجية وربط هذه وتلك في بنية مجسمة (ثلاثية الأبعاد 3D) من النمط الإقليمي وما يناسبها من الجداول الستراتيغرافية.

٤- **تطوير مقياس استراتيغرافي موحد** Global unified chart لكامل الكرة الأرضية، اعتماداً على مقارنة وتعميم الستراتيغرافية الإقليمية Regional strategraphic chart.

٣-٢ – طرائق تحديد العمر النسبي للصخور: The Relative age determination of Rocks

تسمح مجموعة الطرائق التالية بتحديد العمر النسبي للصخور أي تحديد نظام تعاقب الصخور، وذلك بالاستناد إلى دراسة تركيبها وبنيتها وظروف توضعها ونمط تطبقها ومحتواها المستحاثي. إن طرائق تحديد عمر الطبقات التي تعتمد على دراسة المحتوى المستحاثي تسمى بالطرائق المستحاثية Paleontological أو الطرائق البيوستراتيغرافية Biostratigraphic Methods، وتسمى الطرائق الباقية بالطرائق اللامستحاثية Non-paleontological (أو الطرائق الجيولوجية-الستراتيغرافية). وتعتبر الطرائق المستحاثية Paleontological methods بمثابة الطرائق الأكثر أهمية بالنسبة للستراتيغرافيا.

٣-٢-١- الطرائق اللامستحاثية في علم طبقات الأرض (الجيولوجيا – الستراتيغرافية) Non - Paleontological Methods of Stratigraphy

يستخدم في البحث الستراتيغرافي بشكل واسع مجموعة من الطرائق اللامستحاثية، وتلك تتوقف إمكانية استخدامها على خصائص البنية الجيولوجية للمنطقة وخاصةً الأنماط البترولوجية وتركيبها ومنشئها ومحتوياتها. أما تطبيق تلك الطرائق بشكل ناجح، فيعتمد على دراسة وتدقيق نتائج البحث، التي يتم الحصول عليها باتباع مختلف طرائق البحث الجيولوجي ومقارنتها ببعضها البعض.

وسنتعرض في السياق التالي بشكل مختصر لخصائص الطرائق الأكثر استخداماً ضمن ما أسميناه بالطرائق اللامستحاثية في علم الطبقية.

آ- طريقة تعاقب الطبقات (الطريقة الستراتيغرافية) Method of Superposition:

تعتمد هذه الطريقة على دراسة العلاقات المتبادلة بين الطبقات ضمن تكشف

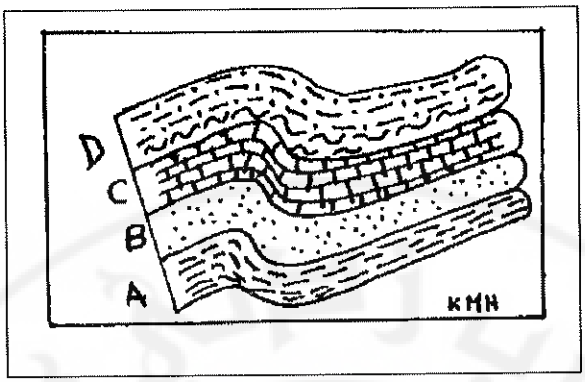
محدد. أما المبدأ الذي تعتمد عليه فيتلخص، بأن كل طبقة واقعة في الأعلى تكـــون أحدث عمراً من الطبقة الواقع تحتها. تستخدم هذه الطريقـــة بشـــكل واســـع في ظروف بنية جيولوجية بسيطة وتوضع طبقي أفقي أو أولي الميل.

في الشكل ٣٦، تكون الطبقة /B/ أحدث من الطبقة /A/ أمـــا الطبقـــة /C/ فأحدث من الطبقة /B/. وبدورها فإن الطبقة /D/ أحدث من الطبقة / C/. وفي أغلب الأحيان، تصادف حالات أكثر تعقيداً لدرجة أنه يصعب العثور على تعاقب طبقي طبيعي، بل وقد لا تسمح الفرصة بذلك في بعض المواقـــع، وخصوصـــاً إذا كانت هذه الطبقات تقع في طيّة من الطيات الوحيدة الميل ذات البنية المعقدة والتي تعاني من تشوه تكتوني (فوالق أو طيات).

في حالٍ كهذه، يجب البدء بتحديد قواعد الطبقات وسقوفها ثم دراسة أشكال توضعها، وبعد ذلك فقط يمكن الكشف عن التعاقب الطبيعي للطبقـــات. وعنـــد ذلك، قد لا يتأتى لنا دائماً مطابقة الطبقات التي تعاني من تشوهات تكتونية.

تتم مضاهاة الطبقات باستخدام مبدأ تعاقب الطبقات، بمتابعة الطبقات الأكثـــر سهولة بالنسبة للتعرف عليها ضمن المنطقة (والتي نســـميها الطبقـــات المعلمـــة Marker Beds)، وذلك بالانتقال من تكشف إلى آخر . إن الطبقات الواقعـــة ضمن تكشف مجاور والتي تتوضع بين طبقات معلمة متواقتة مع الطبقات في مكان ما، وفي حالة من غياب آثار الانقطاعات الترسيبية بينهما تعدّ طبقات متماثلـــة في العمر، أي متواقتة في المكانين المشار إليهما.

وبشكلٍ عام، إن دراسة تعاقب الطبقات تمثل أحد الطرائق الأساسية في تحديـــد العمر النسبي للصخور بل وتعدّ كذلك أساساً لجميع الطرائق الأخرى.



الشكل٣٦- تتابع صخري يتضمن طبقات مطوية ذات سحنات مختلفة: الرموز: **A**- غضار، **B**- حجر رملي ورمل، **C**- حجر كلسي، **D**- غضار رملي (سلت) مع صوان. الشكل للمؤلف.

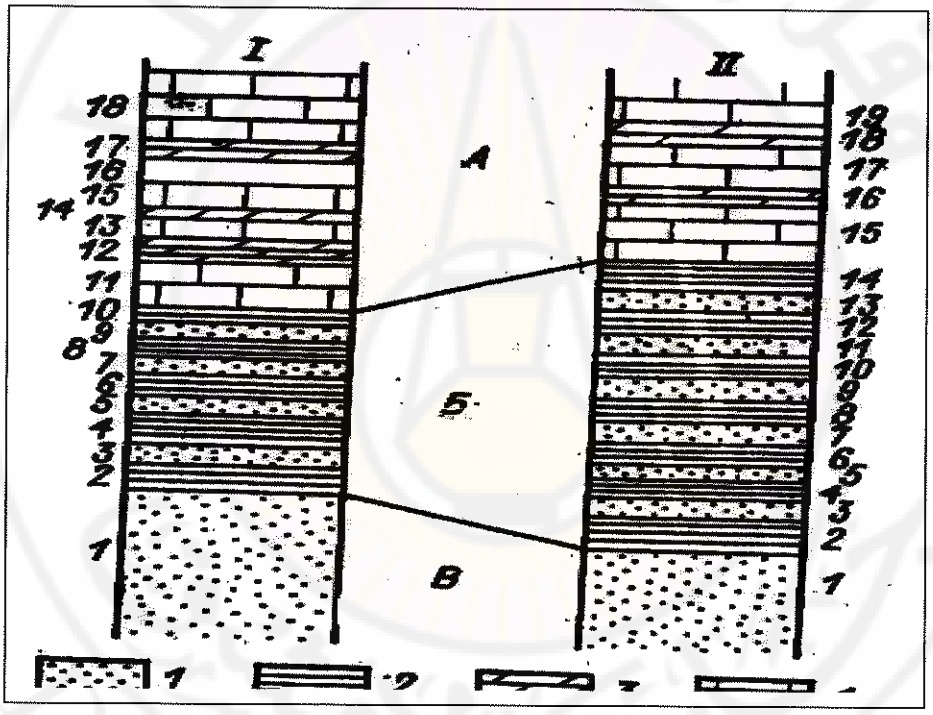
ب- الطرائق الفلزية- الصخرية (الليثولوجية)

Minerlogic - petrographic methods

تستند الطرائق الفلزية- الصخرية (أو الليثولوجية) على مبدأ تقسيم المقطع إلى طبقات وحزم مستقلة، تختلف عن بعضها البعض بتركيبها الصخري وبنيتها وبوجود فلزات معينة ضمن الصخور بشكل مميز لها وقس على ذلك. وإن مقارنة المقاطع المصنفة (المقسمة) بهذه الطريقة تتم على أسس من التشابه في القرائن المشار إليها آنفاً ضمن الطبقات التابعة لعدد من التكشفات. وعندئذٍ يمكن القول بأن الطبقات التي تتمتع بمواصفات أو خصائص متماثلة أو متقاربة من الوجهتين المينرالوجية والبتروغرافية هي طبقات متماثلة في العمر. تستند هذه الطرائق على دراسة الخصائص الفلزية والصخرية ومقارنتها، وهي طرائق ذات استخدام واسع في المسح الجيولوجي وفي دراسة التوضعات الرسوبية الخالية من المستحاثات، وكذلك لدى دراسة الصخور الماغماتية أو الحميه Magmatic والمتحولة Metamorphic.

وأخيراً لدى مضاهاة التوضعات الحاملة للمستحاثات، وانطلاقاً من ظروف

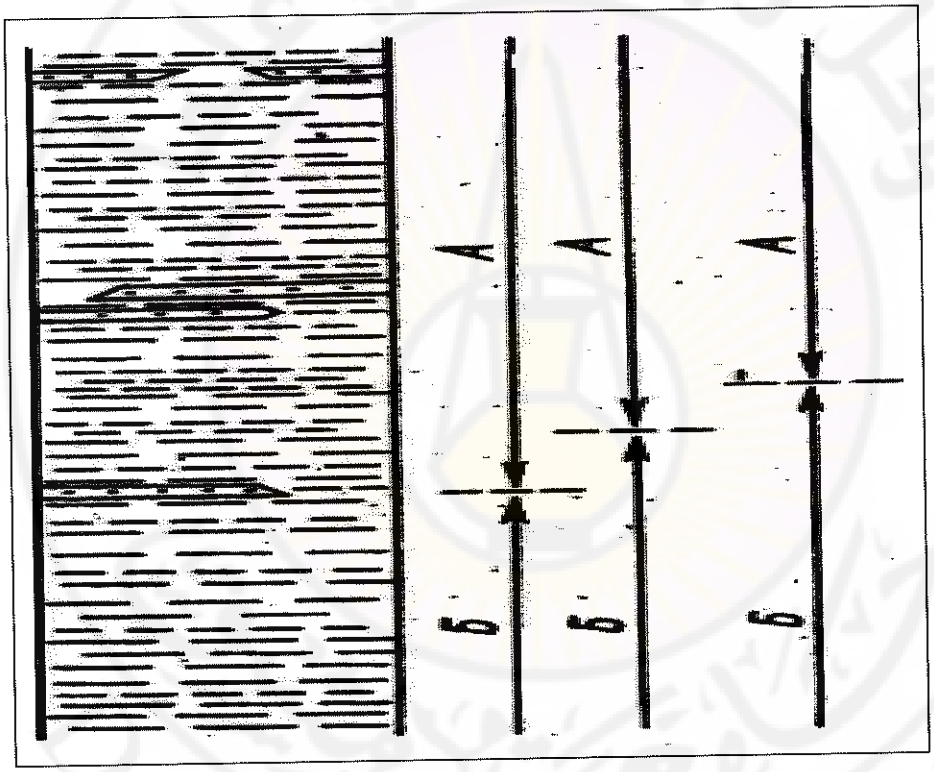
محددة، يتم استخدام طرائق التحليل المختلفة، وقد يكون كافياً في بعض الأحيان إجراء مقارنة غير تفصيلية للصخور. أمّا في حالات أخرى أكثر تعقيداً بالنسبة لتوضع الطبقات شكل ٣٧، أي عندما لا يمكننا تتبع الطبقات باستخدام الطبقات المعلمة بشكل مباشر، أي باستخدام مبدأ تعاقب الطبقات، فإن مقارنة التركيب الليثولوجي التفصيلية تساعدنا في مضاهاة الطبقات التي يتعرض بعضها لانقطاعات ترسيبية أو لمناطق تكشف طبقات غير متماثلة أو مألوفة في الأمكنة التي تتم دراستها.



الشكل ٣٧ : مثال على مضاهاة مقطعين (تكشفين) بطريقة تعاقب السماكات الصخرية, المميزة بتكوينات مادية(فلزية) :C,B,A وحدات صخرية, ١- حجر رملي, ٢- غضار صفحي, ٣- مارل, ٤- حجر كلسي(عن ستيبانوف وأخرون, ١٩٧٦).

وإذا كانت سماكات الصخور متماثلة ليتولوجياً، فإن ذلك يتطلب دراسة مخبرية معقدة بالنسبة للعينات التي تم جمعها على طول المقطع وذلك لتقسيم المستويات الحاملة لمجموعات العناصر الفلزية المميزة وتتبعها في طبقات المقاطع، شكل ٣٨؟

إن الطرائق المينرالوجية- البتروغرافية تمكننا من تقسيم المقاطع ومضاهاتها، وخصوصاً المقاطع التي تقع نسبياً بشكل متقارب جغرافياً، وفي إطار مساحة يحتلها أحد أحواض الترسيب، حيث تُحْفَظُ خصائص بنية وتركيب السماكات الصخرية بمواصفاتها ضمن إقليم جيولوجي محدد.



الشكل ٣٨ : تقسيم (تصنيف) المقطع الصخري المكون من صخور قليلة التمايز.
ثلاثة اقتراحات متماثلة القيمة (الأهمية الجيلوجيا بين الوحدتين الصخريتين B,A يكون صعباً .١- حجر كلسي ٢- حجر رملي ناعم (الفريت), ٣- غضار(عن رمسيجنيوف وشيبانوف ١٩٧٩)

ومن الجدير بالذكر أن الطبقات المتماثلة من حيث العمر، قد تعاني ضمن تلك المساحات من تغيرات قد تكون كبيرة الأهمية فيما يتعلق بالبنية والتركيب الصخريين، لدرجة أن استخدام الطرائق المشار إليها يصبح غير ممكن. وختاماً فإن الطرائق الفلزية الصخرية تستخدم بشكل واسع في التطبيق العملي الطبقيّ جنباً إلى جنب مع الطرائق الأخرى.

ج- الطرائق الاشعاعية Radioactive dating:

تستخدم الطرق الاشعاعية لتحديد العمر المطلق للصخور عن طريق قياس عمر النصف الإشعاعي للمواد المشعة مثل الكربون المشع C14 أو النظائر المشعة لليورانيورانيوم والراديوم والبوتاسيوم والأرغون وغيرها باستخدام تقنيات خاصة وتجهيزات مستقلة لكل طريقة وإن كانت المباديء العامة متشابهة لتلك الطرق. من تلك الطرق طريقة الأرغون/ أرغون (Ar/Ar) والبوتاسيم/أرغون (K40LAr) الخ....

د- الطرائق البنيوية التكتونية Structural and Techtonic Methods:

يكمن في أساس هذه الطرائق مقولة هي: **تواقت الحركات التكتونية ضمن مساحات واسعة من قشرة الأرض.** إن الزمر الرسوبية المتراكمة في قاع الأحواض البحرية خلال فترات مستقلة من التاريخ الجيولوجي، نهضت نحو السطح وعانت من الطي وتعرضت للتعرية جزئياً، ونتيجة للتجاوزات البحرية Transgression، اللاحقة، تمّت تغطيتها مجدداً بطبقات ذات توضع غير متوافق. ولذلك فإن تقسيم المقاطع إلى حزم صخرية ومضاهاة بعضها ببعض يصبح أمراً ممكناً بالاعتماد على سطوح عدم التوافق Unconformity. إذ ينظر إلى الطبقات الواقعة بين سطوح عدم التوافق كطبقات متماثلة في العمر (متواقتة)

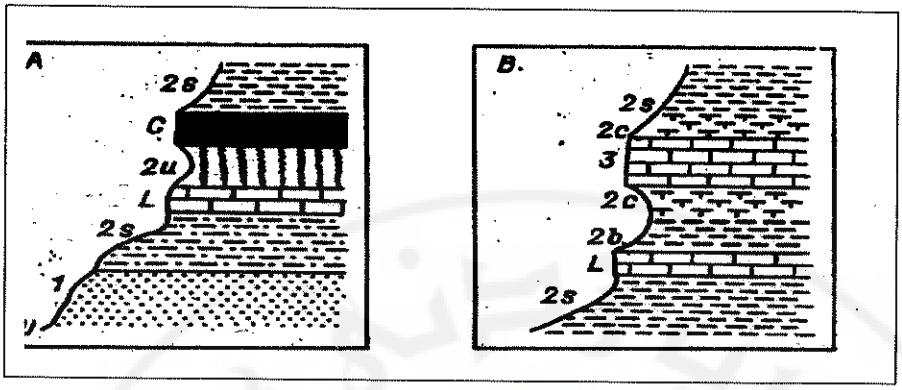
شكل ٢٧ . إن طريقة مضاهاة المقاطع بالاعتماد على سطوح عدم التوافق تعتبر طريقة واسعة الاستخدام في تحديد ومقارنة التقسيمات الستراتيغرافية الكبرى الموصوفة ضمن السماكات الصخرية، التي يفتقد فيها أي بقايا مستحاثية للمتعضيات وخصوصاً لدى تقسيم أو تصنيف توضعات ما قبل الكامبري.

إن عيوب هذه الطريقة تنشأ من أن الحركات التكتونية التي تحصل عند نهوض أو غوص مساحات كبرى من قشرة الأرض تحصل بشكل غير متواقت في المناطق المختلفة. كما لا تتمتع هذه الحركات بسرعات ثابتة، وكنتيجة لذلك فإن طبقات الصخور الناهضة نحو السطح قد تتعرض للحت بدرجات متفاوتة قبل بداية عملية غوص جديدة، فقاعدة سماكة صخرية تجاوزية في حالة كهذه، لن يكون لها عمر واحد بشكل دقيق، فقد تظهر طبقات مختلفة كل الاختلاف في عمرها بين سطوح عدم التوافق.

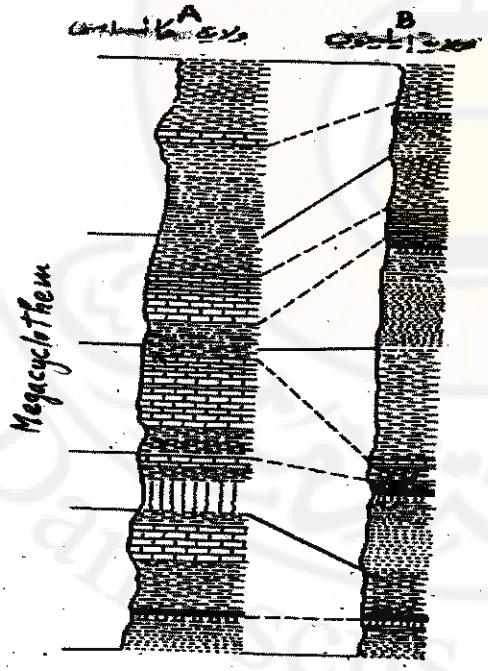
هـ- طريقة التواتر الستراتيغرافي أو الإيقاعات

Rhythmo-Strategraphic Method

وهي حالة خاصة من الطرائقة البنيوية التكتونية، تعتمد على مقولة (تواقت الحركات التكتونية) فالمقطع يقسم إلى حزم من الطبقات الصخرية تتوافق مع فترات النهوض النسبي التي تؤدي إلى جفاف الحوض وفترات الهبوط التي تؤدي إلى زيادة عمقه. إن فترات الهبوط النسبي وفترات التجاوز تقابل مستويات الحجر الكلسي النقي العميق المياه، وذلك ضمن زمرة من المارل الضحل المياه نسبياً، وفي حالات أخرى المارل ضمن الغضار، والغضار ضمن الألفريت وكذلك التوضعات البحرية والبحيرية المالحة ضمن التوضعات القارية وقس على ذلك. وبنفس الطريقة يمكن أن تظهر فترات الانسحاب البحرية وفترات النهوض النسبي.



شكل ٣٩: مثال السيلكوثيمات من توضعات البنسلفاني (الكربوني العلوي حسب التصنيف الستراتيغرافي الأمريكي) في القسم الشمالي من جبال الأبالاش بولاية الينوي (عن **Weller, M., 1960**). الرموز: ١- رمل، ٢-غضار، ٣- حجر كلسي، **2s**- الفريت، **2b**- غضار، **2c**- غضار كلسي، **U**- صخور قديمة، **L**- حجر كلسي غير بحري، **C**- فحم حجري.



شكل ٤٠: مضاهاة (تعالق) سايكلوثيمات ولايتيّ كانساس وإلينوي بالولايات المتحدة الأمريكية (عن داف ب.، عاللام ي. وولتون ي.، ١٩٧١).
A- ميغاسيكلوتيم (دورة ترسيبية كبرى) كانساس،
B- ميغاسيكلوتيم ايللينوي.

أما تقسيم المقاطع إلى حزم تتوافق مع أدوار النهوض والهبوط النسبيين لسطوح التراكم الرسوبي فهي تسمح لنا بملاحظة إيقاعات أو تواترات ضمن مقاطع التوضعات الرسوبية، كما تسمح اعتماداً على تلك الإيقاعات بمضاهاة المقاطع التي تقع في إطار حوض ترسيبي واحد شكل ٣٨ . إن هذه الطريقة تستخدم بشكل واسع في تصنيف ومضاهاة المقاطع الثخينة الحاملة للفحم الحجري. كما تستخدم طرائق المضاهاة التي تعتمد على الانقطاعات الترسيبية، أو تلك التي تعتمد على الإيقاعات بشكل واسع في التطبيق العملي وذلك جنباً إلى جنب مع الطرائق الستراتيغرافية الأخرى. ويوضح الشكل ٣٩ تصنيف الدورات الرسوبية (السايكلوثيمات) ومضاهاتها بين ولايتي كانساس وإلينوي بالولايات المتحدة.

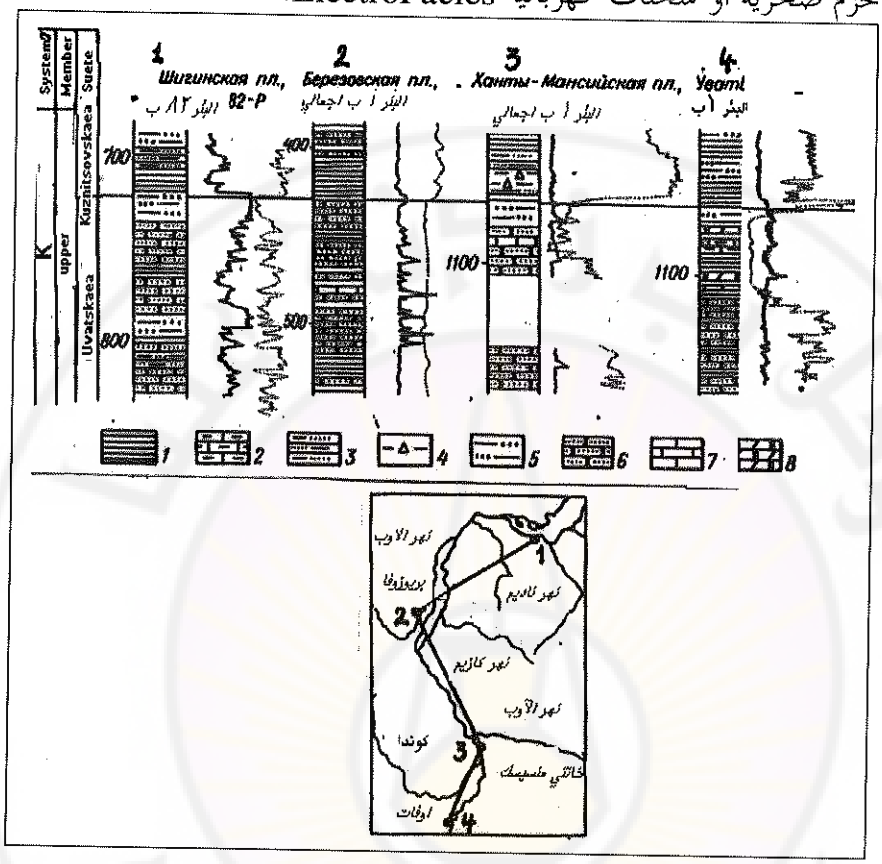
و – الطرائق الجيوفيزيائية Geophysical methods:

إن الطرائق الجيوفيزيائية المستخدمة في تصنيف ومضاهاة المقاطع تعتمد على دراسة التغيرات التي تطرأ على الخصائص الفيزيائية للصخور عبر المقطع، كما تعتمد على مقارنة المستويات التي تتمتع بمواصفات فيزيائية متشابهة أو متقاربة.

وإن الطرائق الجيوفيزيائية الرئيسية المستخدمة في الستراتيغرافيا تتمثل (بالقياس البئري الكهربائي Well logging وبقياس جاما البئري Gammalog وغيرها). تعتمد الطريقة الأولى على تقسيم المقطع باستخدام الحفر وذلك استناداً على قياس المقاومية الكهربائية النوعية للصخور ونفوذيتها، بينما تعتمد الطريقة الثانية على النشاط الفيزيائي الطبيعي للصخور. وبغية دراسة خصائص المقطع يُنْزَلُ في الآبار معدات خاصة ترتبط بتوصيلات كهربائية مع أجهزة تسجيل تقوم أثناء عملية انزال الأجهزة السابقة الذكر في البئر بتسجيل منحني تغيرات الخصائص الفيزيائية للصخور، على طول المقطع، وتسمى هذه "مخططات القياس البئري" كاروتاج[1]. أما التسجيل فيتم على لفافة من الورق الخاص (رول) أو على شكل

[1] كاروتاج: عبارة روسية تعني القياس البئري الكهربائي Electrical well logging.

فايلات رقمية، ويتم بعد ذلك استناداً إلى قراءة تلك المنحنيات، تقسيم المقطع إلى حزم صخرية أو سحنات كهربائية ElectroFacies.



شكل ٤١: تتبع الحدود الجيولوجية بين تتابعين رسوبيين سفلي وعلوي تابعين للكريتاسي العلوي في القسم الغربي من سيبيريا الغربية بالاستناد إلى معطيات القياسات البئرية الكهربائية. أرقام وأسماء المقاطع الجيولوجية: ١- البئر **82-p** ، ٢- **1p**(مقطع إجمالي)، ٣- **1p** (إجمالي)، ٤- **1p** (إجمالي). رموز الصخور: ١- غضار، ٢- غضار كلسي، ٣- سلت، ٤- حوّار، ٥- غضار رملي، ٦- حجر رملي، ٧- حجر كلسي، ٨- مارل، تظهر الخريطة مواقع الآبار الأربعة في مجرى نهر أوب **OB**.

إن دراسة مخططات القياس البئري كاروتاج التي يتم الحصول عليها من آبار مجاورة تمكننا من تقسيم ومضاهاة حزم الصخور المتماثلة من الوجهة الليتولوجية والتي نعتبرها متماثلة في العمر. شكل ٤١ .

إن طرائق القياس البئري الكهربائي وقياسات جاما تعدّ واسعة الاستخدام لدى دراسة المقاطع الستراتيغرافية ضمن المناطق السهلية سيئة التكشف (وخصوصاً في جيولوجيا النفط).

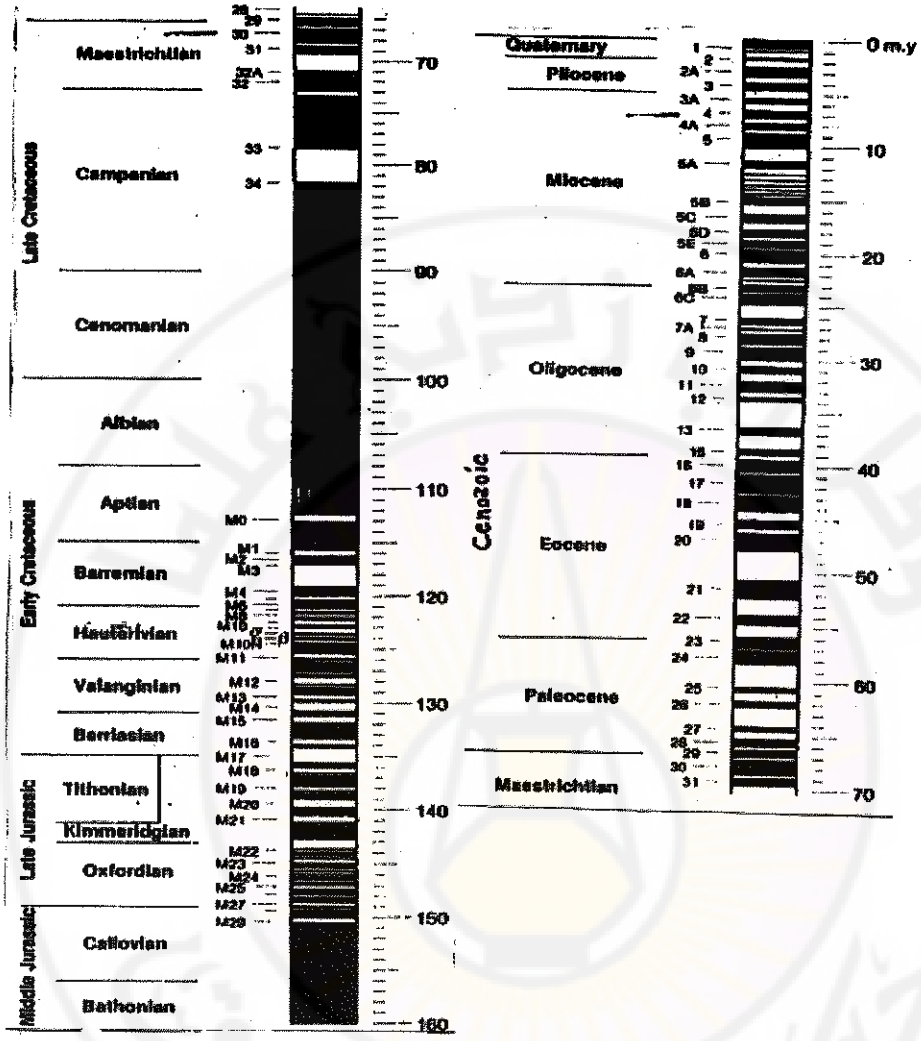
ز- طريقة المغناطيسية القديمة Paleomagnetic method:

لقد طبق استخدام هذه الطريقة في الستراتيغرفية خلال النصف الثاني من القرن العشرين، بغية تصنيف ومضاهاة المقاطع الجيولوجية. و تعتمد هذه الطريقة على دراسة المغنطة الطبيعية المتبقية Residual Magnetis في الصخور، وتستند تلك الطريقة على مقولة: **أنّ التغيرات الدورية للحقل المغناطيسي الأرضي هي نتيجة لتغير نمط قطبيته)** شكل ٤٢.

ومن الأهمية بمكان، الإشارة إلى أن طريقة دراسة تعاقب الطبقات فقط، تظهر على أنها طريقة عالمية من حيث إمكانية تطبيقها على شتى أنحاء الكرة الأرضية (Global method)، وهي تشكل أساساً لكافة الطرائق الأخرى.

إن الطرائق الفلزية الصخرية والبنيوية التكتونية والجيوفيزيائية تعتمد جميعها على قرائن تتصف بانتشار محدود، لذا فإن هذه الطرائق توصف بأن لها امكانيات محدودة، ولذا فهي تستخدم في وضع الجداول الستراتيغرافية الإقليمية أو المحلية.

إن أحداً من الطرائق اللامستحاثية التي استعرضت سابقاً لا تبدو عالمية بما في الكلمة من معنى. إذاً فلا يجوز استخدامها في عمليات المضاهاة الستراتيغرافية الواسعة النطاق (ستيبانوف وآخرون، ١٩٧٩).



الشكل٤٢: مقياس زمني للقطبيـــة المغناطيســـية **Geomagnitic polarity time scale** (عن لابريك وآخرون، ١٩٧٧، لانفير وجونز، ١٩٧٣، لاسن وهيلد، ١٩٧٥. وفـــان هنت، ١٩٧٦). يشير اللون الأسود إلى أزمنة تطابق قطبي الأرض الشمالي والجنوبي مع الوضـــع الحالي (**Normal**). ويشير اللون الأبيض إلى القطبية المعكوسة (**Reverse**). وذلك اســـتناداً إلى القطبية المغناطيسية الموجهة للحبيبات الفلزية في حذف قاع البحر.

ح- طريقة حلقات الخشب Dendrochronology:

تعتمد هذه الطريقة على دراسة عدد حلقات الخشب السنوية عند الأشجار من أجل المضاهاة والمقارنة والضبط وللحصول على أعمار مطلقة او رقمية numerical age في حال استخدام طريقة 14C فهي الأكثر قدرة على اعطاء مقياس زمن خطيّ موثوق في مجال دراسة أعمار الهولوسين.

ط- طريقة الرسوبيات الجليدية والبحيرية المتطبقة Varve Method:

تستخدم هذه الطريقة لدراسة الرسوبيات المتطبقة خاصة في بحيرات المياه الجليدية الذائبة وما يشابهها. وتتكون تلك من طبقات خشنة تمثل الترسيب خلال الصيف وطبقات ناعمة تمثل الترسيب الشتوي. تتلخص الطريقة بعدّالطبقات (لكل عام طبقتان وتسميان معاً Varve) وتتم المضاهاة بين التوضعات على هذا الأساس.

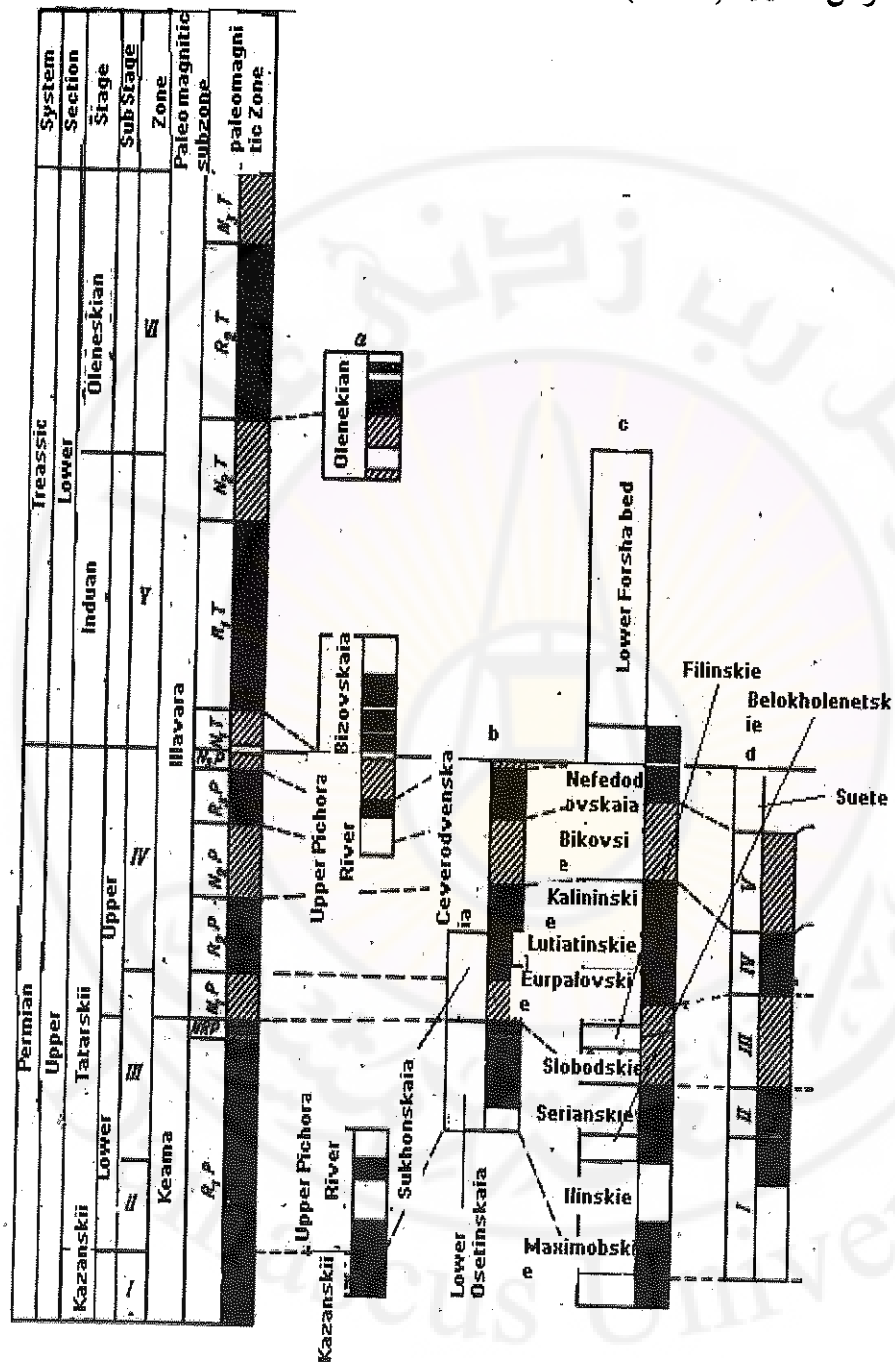
ي- طريقة التألق الحراري Thermoluminescence dating:

وهي طريقة فيزيائية تسمى اختصاراً (TL)تطبق مباشرة على حبيبات فلزات محددة. وخاصة الكوارتز والفلدسبار مما يعطي أعماراً تتراوح ما بين ١٠٠ و ١ مليون سنة(عنWilliams, et al, 1993) وبنسبة خطأ تتراوح بين ١٠-١٥ %. وقد طبقت تلك الطريقة مؤخراً لتحديد اعمار مستويات أثرية بمنطقة يبرود من قبل باحثين من جامعة روسكيلد بنجاح (اتصال شفهي مع٢٠١٠ . (Schroeder, N.

ك- بعض الطرائق الأخرى Other Methods:

منها طريقة تستخدم لتأريخ حوادث الدور الرباعي وتشبه طريقة TL لكنها تعتمد على قياس طنين دوران اليكترونات (ESR) مواد محددة مثل بللورات بعض الفلزات مثل الكالسايت (في قواقع الرخويات والمرجان مثلاً) والأباتايت (مثل العظام والأسنان) والكبريتات والفوسفات. وهنك طريقة

الحموض الآمينية (AAR).



شكل ٤٣ – مقطع إجمالي استراتيغرافي للمغناطيسية القديمة ومضاهاة توضعات الـدور البرمي العلوي ودور الترياسي السفلي للسطيحة الروسية (عن خراموف أ.ن. وآخـرون، ١٩٧٤). الرموز: آ– منطقة بتشورسكي، ب– منطقة دفينا الشمالية، ج– نهر فياتكا، د– كازان على نهر فولغا، إلى اليسار مقطع باليومغناطيسي إجمالي.

٣-٢-٢- الطرائق المستحاثية في علم طبقات الأرض Paleontologic Methods of Stratigraphy:

تعدّ الطرائق الباليونتولوجية الوسائل الأكثر جدوى في تحديد العمـر النسـبي للتوضعات الرسوبية وفي مضاهاتها ضمن مساحات واسعة. وتعتمد هذه الطرائـق على استخدام بقايا المتعضيات النباتية والحيوانية المستحاثة Fossils. ويكمـن في أساس تلك الطرائق التعاقب المستمر للمعقدات Complex والمجـاميع النباتيـة والحيوانية Assemblage، وهو ما يعكس مرحلية تطورها التاريخي غير القابـل للتكرار.

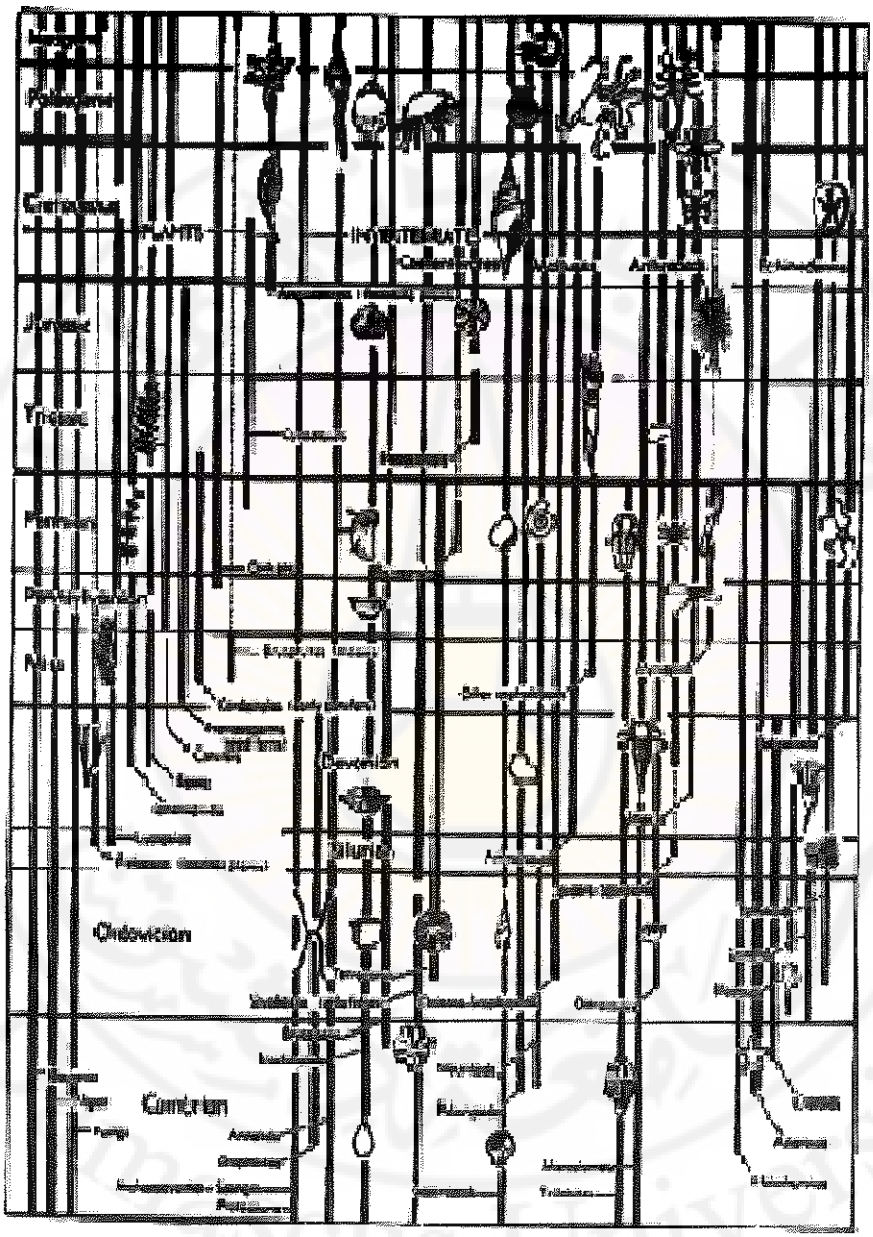
وتتمثّل قوة الطرائق المستحاثية، بالمقارنة مع الطرائق الستراتيغرافية اللاحيويـة، باعتمادها على واحدة من القواعد الأساسية لنظرية التطور، ألا وهـي انقلابيـة الحدث التطوري. لقد اكتشف العالم البلجيكي دوللو مبدأ لا انقلابيـة الحـدث التطوري للعالم العضوي. وبموجب هذا القانون:"لا يتسنى للعضوية أن تعـود إلى وضعها السابق – حتى ولو بصفة جزئية– ملغيةً بذلك كل التبدلات الإيجابية الـتي تحققت لدى عدد من أسلافها". ولا يمكن للعضوية أبـداً أن تعـود إلى وضـعها السابق بشكل دقيق، حتى ولو في تلك الحالات التي توضع فيها ضمن إطار شروط مشابهة للشروط التي عاش في كنفها أسلافها. ونتيجة لذلك يبدو أنه مـن غـير الممكن في عملية التطور التاريخي للمتعضيات حدوث تكرار الأشـكال النباتيـة

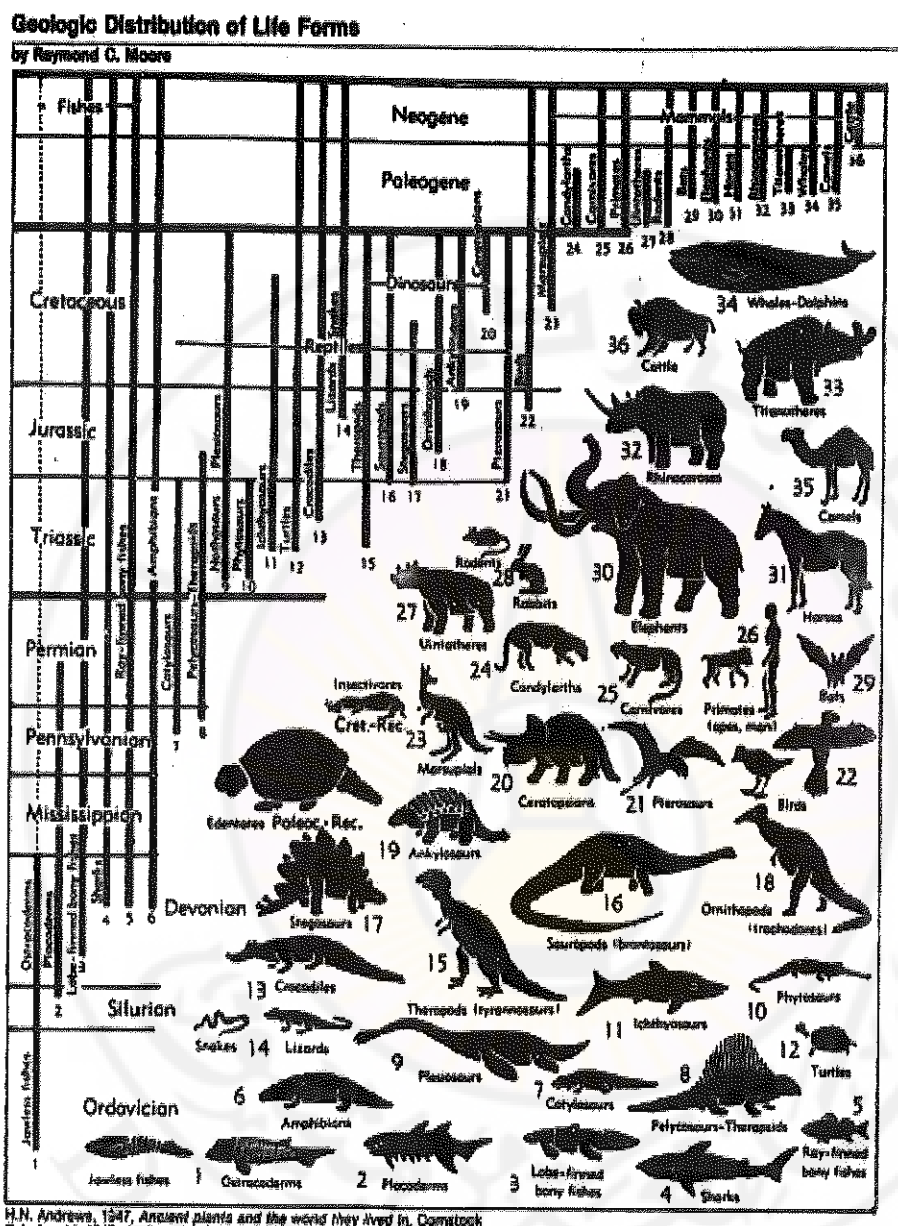
والحيوانية. ويستنتج من ذلك أن كل معقد مستحاثي ينتسب إلى هذه أو تلك من الطبقات، وبالتالي الأعمار، يعكس مرحلة محددة من تطور العالم العضوي، كما يظهر بأنه غير قابل للتكرار. ويُوضّحُ هذا لنا إمكانية استخدام بقايا المتعضيات المستحاثة في تحديد العمر النسبي للصخور الرسوبية.

إن الانتشار الجغرافي الواسع للمستحاثات النباتية والحيوانية يجعل بالإمكان استخدام الطرائق الباليونتولوجية في إجراء المضاهاة الستراتيغرافية بين المقاطع الجيولوجية البعيدة عن بعضها البعض الشكل ٤٤. وإن التوزع الجغرافي الواسع الذي تتمتع به مجموعة محددة من المتعضيات يرتبط بانتشارها السريع فوق مختلف مناطق سطح الأرض. وإن الزمن اللازم لحدوث انتشار كهذا يمثل في المنظور الجيولوجي قيمة مهملة (قليلة الأهمية) في حقيقة الأمر، ويحدث ذلك في الظروف التي تصادف المتعضيات في مسارها التطوري، أي من أشكال العوائق المعروفة والتي يمكن أن تؤخر مسارها التطوري أو تؤثر بصفة سلبية عليه.

GEOLOGIC DISTREBUTION OF LIFE FORMS

by Raymond C. Moore





الشكل ٤٤– جدول التوزع الجيولوجي للنباتات والحيوانات على كوكب الأرض (عن د.س.مور)

٣-٢ -٣: طرائق البحث الطبقية الحيوية

Biostratigraphic methods in Geological Research

تتصف الطرائق الطبقية الحيوية بأنها وسائل (قيادية) تتصدر الطرائق الطبقية الأخرى، التي تستخدم لتقسيم وتصنيف ومضاهاة التتابعات الرسوبية. (ستيبانوف وميسيجنيكوف، ١٩٧٩).

وقد اكتسبت البيواستراتيغرافيا هذه الصفة - من جهةٍ- بسبب خصائصها العالمية (إن استخدام الطرائق البيواستراتيغرافية في دراسة طبقات الأرض ممكنٌ بالنسبة للسماكات الرسوبية، مهما اختلف تكوينها وتركيبها الليثولوجي أو أنماطها السحنية، باستثناء التوضعات الأكثر قدماً، مهما كان عمرها). من جهة ثانية، تتصف البيواستراتيغرافيا بخاصة الموضوعية Objective، أي محسوسيتها، طالما أن المعطيات البيواستراتيغرافية تسمح بتقييم التتابعات الصخرية والروابط المتبادلة للسماكات الرسوبية، بمساعدة مبادئ وفرضيات تم استخلاصها من تلك السماكات ذاتها.

إلا أن ما تقدم لا يعني بأن البيواستراتيغرافيا تظهر على أنها النقطة الأساس، التي تتوقف عندها الطرائق، عند إجراء البحوث الجيولوجية الإقليمية وبين الإقليمية. بل على العكس من ذلك، عند إجراء عمليات المسح الجيولوجي، وهذا على سبيل المثال، تكتسي الطرائق الصخرية – الطبقية Litho-Stratigraphic في البحث وزناً كبيراً. وعند دراسة مناطق مغلقة- أي عند استخدام السبر الكهربائي Electric-prospecting أو مثيلاته. إلا أنه عند تتبع سماكة صخرية ما، لدراسة علاقاتها التبادلية مع غيرها، سواء المماثلة في العمر أو الأقدم أو الأحدث عمراً، بمضاهاة المقاطع بالاعتماد على المعطيات الجيوفيزيائية، فإن الجيولوجي، ودائماً، يجب أن يرجع إلى ضبط عملياته، بالنظر إلى المعطيات البيواستراتيغرافية. وإن هذا

القول (ستيبانوف وميسيجنيكوف، ١٩٧٩) لا يفسح مجالاً لإدعاء بعض المشككين والمدعين شبه الأميين، بأن الطريقة الباليونتولوجية، وبالتالي الطريقة الحيوية Biostratigraphy، هي طريقة قديمة، أو لم تَعُدْ مستعملة في التطبيق الجيولوجي. ففي قول لهذا، الكثير في الخطأ وسوء الفهم والمغالطة، إذ إن كون هذه الطريقة قديمة، فهذا أحد ميزاتها، لأنها ما تزال صامدة، ومستخدمة بجدارة في البحوث الطبقية الآن، كما في الماضي، تقدم خدمات جُلّى لعلم الطبقية، جنباً إلى جنب مع الطرائق الحديثة التي ظهرت تباعاً.

ولكون البيواستراتيغرافيا ذات صلة وثيقة بعلم المستحاثات، فإنها تتطلب إعداداً تخصصياً معمّقاً جداً في علم المستحاثات وعلوم الحياة وخاصة علوم التصنيف النباتي والحيواني Systimatics. بالمقارنة مع طرائق علم الطبقية الأخرى. لهذا السبب نلاحظ في الأدبيات الجيولوجية، علاقة غير نقدية بالنسبة للطريقة الستراتيغرافية، مؤسسة على اعتقاد فطري بقدرتها اللامحدودة من جهة أخرى، على العكس. فإن أمثلة الاستخفاف بتلك الطرائق، وعدم التأسيس الجيد، (ونضيف إلى ذلك محاولات عدم الفعالية لدرجة كبيرة لمحاولات استبدالها بطرائق أرخص وعملية أكثر. لذلك فإن هذا القسم من الكتاب، يتضمن عرضاً للأسس العامة لاستخدام البقايا العضوية المستحاثة Fossil لأغراض الدراسة الطبقية. كما يشمل مبادئ وطرائق تفسير Interpretation المعطيات حول توزع تلك البقايا لأغراض تصنيفية، تتعلق بمضاهاة المقاطع الجيولوجية القريبة والبعيدة ومقارنة المقاطع المحلية Local مع المقاطع النموذجية Standard أو Stratotypes للمجال المدروس، لتحديد عمر التوضعات Datation.

٣-٢-٤: الأسس الرئيسة للطرائق المستحاثية في علم طبقات الأرض

Main Principles of Paleontological methods in tratigraphy

ظهر استخدام المستحاثات في علم طبقات الارض في بداياته الأولى منذ عهد سيطرة الأفكار حول ثبات الأنواع Fixism[1]، والخلق Creationism والكوارث Catastrophism (أوروبا القرون الوسطى). كما أن هذا يبدو غير مألوف من النظرة الأولى، فإن الطور ما وراء الطبيعي Metaphysical (الغيبيّ) من تطور علم المستحاثات، يتفق مع (المرحلة البطولية) في تاريخ علم طبقات الأرض، ومرحلة قيام وإنشاء الجداول الستراتيغرافية. إلى تلك الفترة ينتسب تطور علميّ المستحاثات والطبقات، فعندها ظهرت فكرة تعاقب مجموعات الحيوانات Animals والنباتات Plants بشكل مستمر، وفي كل مكان (أي في الزمان والمكان)، مدفوعة بقوة تطور العالم العضوي (الحيّ). وقد هيأ هذا التربة الخصبة لظهور وانتصار أفكار نظرية التطور Evolutionism التي ابتدعها دارون Charles Robert Darwin (١٨٨٢ – ١٨٠٩) عملياً. عندما كتب في العام ١٨٥٩ كتابه المشهور "أصل الأنواع Origin of species" ومن الجدير بالذكر أن دارون قضى عشرين عاماً في دراسة اكتشاف العالم أ. ر. والاس Wallace الذي اكتشف قبله بشكل مستقل نص النظرية. وبعد انقضاء هذه المدة فقط، كتب دارون بحثاً قصيراً جمعية لينايان Linnaean society معلناً انضممه إلى صف والاس. وكان دارون طيلة حياته الباقية يتابع بحوثه حول نظرية التطور وكان يتحاشى النقاش مع العامة حول نظريته والتي كانت تقود إلى المهاترات أحياناً، وترك بذلك فرصة للعلماء والدارسين فرصة الدفاع عن نظريته في التطور.

وفي واقع الأمر، فإن أصحاب نظرية الكوارث، الذين كان يطلق عليهم في

---

[1] نظرية ثبات الأنواع Fixism Theory.

حينها اسم التقدميون، أكدوا ليس فقط، على اختلاف معقدات المتعضيات Assemblages of Organisms المختلفة العمر، بل على حقيقة، أنه بعد كل (انقلاب) يعترفون به، فإن الفلورا Flora والفاونا Fauna تتصف فجأة بامتلاك أشكال حياتية أرقى تعضياً، بالمقارنة مع كائنات الحقبة الزمنية السابقة. وقد دعمت هذه الفكرة، نظرية التطور دون أدنى شك.

بعد هذه المرحلة ظهر اتجاه (الباليونتولوجيا التطورية)، والتي قد تحتاج إلى توضيحات، ولو مختبرية للإحاطة بروابطها بنظرية التطور، وهو ما يشكل أساس استخدام علم المستحاثات في دراسة طبقات الأرض، أي ما أسس لظهور علم الطبقية الحيوية Biostratigraphy.

٣-٢-٥- قوانين العملية التطورية Principles of Evolution:

عند النظر في قانونية التطور- أي كونه يرتقي إلى صيغة قانون طبيعيّ- لا بد من أن نأخذ بعين الاعتبار، ذلك الصراع القوي الذي كان في وقتها محتدماً بين فريقين رئيسين في تقييم بعض التعميمات، التي كانت منتشرة في هذا الحقل من العلم. فقد كان ينظر إلى أفكار بحد ذاتها بطريقتين مختلفتين، فبعض الباحثين يعدون تلك الأفكار بأنها قوانيناً تطورية Euolvtionary Roles، بينما كان يعدها البعض الآخر تعميمات تجريبية Imperical generalisations أو مبادئ علمية Scientific principles. وسننظر في بعض هذه المسائل، التي لها أهمية من الدرجة الأولى بالنسبة لعلم الطبقية الحيوية.

أ- لا انقلابية التطور: لقد ناقشنا هذا المبدأ سابقاً في الكتاب، وبدون شك، فإن استخدام الطريقة المستحاثية في علم طبقات الأرض يجب أن يتضمن قانون أو مفهوم عدم تقهقر أو تراجع عمليات التطور. وكذلك مفهوم عدم عودة الحوادث المتعلقة بتشكل الصخور إلى الوراء أو في الاتجاه المعاكس. وقد وضع مبدأ عدم

عودة التطور إلى الوراء العالم تشارلز دارون، في كتابه (أصل الأنـــواع- الفصـــل التاسع). ويقول دارون بهذا الخصوص: "إن إنقراض النوع، هو إيذان بعدم ظهوره مرةً أخرى". وقد ساهم العالم دوللو في صياغة قوانين التطور، ففي صياغته لمفهوم (قانون التطور) يُعبِّرُ عن عدم عودة التطور إلى الخلف أو تقهقره في أحد مؤلفاته في العام ١٨٩٣ على النحو التالي:"لا يمكن للمتعضية أن تعود للظهـــور حـــتى ولـــو جزئياً- إلى حالتها السابقة، التي كان عليها أسلافها". وينظر كثير من العلمـــاء إلى تضافر أعمال العالمين دارون ودوللو في صياغة قانون التطور في مجال العلوم الحيوية، وفي مجال عالم الأحياء (ستيبانوف وآخرون، ١٩٧٩).

ب- تقدمية تخصص فروع النشوء العرقي أو (مـــا يعـــرف بقاعـــدة ش. ديبيريه): نذكر قبل كل شيء بأن التخصـــص Specialisation ، أو التحـــول الشكلي Metamorphosis وفق مفهوم ي.ي شمالهاوزن، يعني التكيف الضـــيق مع ظروف خاصة يحتمها البقاء على قيد الحياة، والتي تحت تأثيرها، فـــإن علاقـــة المتعضيات مع الوسط أو البيئة تصبح محدودة أكثر. وإن المثال المدرسي الكلاسيكي الذي يقدم عن هذه القاعدة، هو الثديات Mammalia التي يصيبها التحول من خماسيات الأصابع في أطرافها إلى ذوات الأصبع الواحد (الحافريات) أو الاصـــبعين (الظلفيات).

ج- زيادة حجم الأجسام لدى فروع النشوء العرقي أو (قاعدة ي.كـــوب وش. ديبيريه):.

تم ولأول مرة ملاحظة الاتجاه إلى زيادة حجم الأجسام عموماً علـــى مســـار النشوء العرقي Phylogenese منذ نهاية القرن التاسع عشر، مـــن قبـــل عـــالم المستحاثات الأمريكي ي كوب، على أساس دراســـة مجموعـــات مختلفـــة مـــن الفقاريات. وفيما بعد، في بداية القرن العشرين، كان العالم الفرنسي ش.ديبيريـــه

ينظر إلى اكتشاف كوب بصفته (قانون زيادة الطول على مسار فروع النشوء العرقي)، على أنه أكثر المسائل إثارة للتساؤل وأنه من أهم (القواعد أو القوانين) التي تحكم الكائنات الحية، وأن هذا القانون يظهر في صفوف الكائنات الحيوانية كافة. إلا أن هذا التأثير يظهر في أوساط أعداد كبيرة من الفقاريات Vertebrates، أين تظهر تأثيرات هذا المبدأ بوضوح شديد، بالمقارنة مع عديمات الفقار Invertebrates. غير أن زيادة حجم عديمات الفقار حقيقة لا مفر منها.

بالنسبة لذوات الدم الحار من الفقاريات، ترتبط زيادة حجم الجسم عبر مسار النشوء العرقي بازدياد الاقتصاد في تبادل المواد. إن انتاج الطاقة عند تلك الحيوانات يتناسب طرداً مع حجم أجسامها، وإن نموها يتفق مع مكعب مقاييس حجومها. بينما يتناسب ضياع الحرارة طرداً مع مساحة سطح الجسم، أيّ يتناسب مع مربع الحجوم، أي مع مربع الحجم الخطي للحيوان. وبذا فإن الحيوانات كبيرة الحجم، تحفظ الطاقة الحرارية، لذا فهي لا تحتاج إلى كميات كبيرة من الغذاء للحفاظ بشكل مستمر على حرارة الجسم، بالمقارنة مع الحيوانات الصغيرة الحجم.

د- ظهور مجموعات جديدة من الأسلاف غير المتخصصة (قاعدة ي. كوب):

من القواعد التجريبية الرئيسية في علم طبقات الأرض أيضاً، المسألة المعروفة في أدبيات علم التطور باسم (قانون عدم التخصص) أو (قاعدة ي. كوب).

ويتضمن هذا القانون فكرة هي: أن المجموعات الجديدة الكبيرة من المتعضيات Organisms، وخاصة تلك التي تظهر عن طريق النشوء العرقي Genetics ترتبط بالارتقاء العام لمستوى التنظيم أو التعضي Organization. فهي لا تأخذ بداياتها من الممثلات العليا لمجموعة الأسلاف، بل من أسلاف بدائية غير متخصصة. فالثديات Mammals ظهرت، ليس من تلك الزواحف Reptilia عالية التخصص High Specialized ، مثل الأركيوسورات Archeosaures، بل

من التيرودونتات Tyrodonts الأقل ارتقاءً (تخصصاً).

نشأت النباتات عاريات البذور Gymnosperms في المملكة النباتية، ليس من نباتات راقية رفيعة التعضي، بل من نباتات بدائية هي السراخس Ferns[1]. ويمكن توضيح ذلك، بأن المتعضيات الأقل تخصصاً، لا تجد صعوبة كبيرة في الانتقال من وسط أو بيئة إلى أخرى، لأنها تستطيع وبسرعة أن تخرج من الشروط الخاصة للوسط الذي تقطنه، إلى شروط أكثر عمومية أو أوسع مجالاً.

هـ – لا محدودية العملية التطورية:

مثل معظم المسائل المتعلقة بعملية التطور، فإن السؤال حول كون العملية التطورية محدودة أم غير محدودة، يشكل مادةً لمناقشات لا تنتهي بسهولة. لذا، فإننا لن نناقشها في هذا الكتاب. بل سنقتصر على ملامح منها فقط، ربما كانت هي الأبرز، بالنسبة لهدف هذا الكتاب، ألا وهو علم الطبقات أو الستراتيغرافيا. وسيكون ذلك مقتصراً على ذكر الخلاصات الرئيسية التي يمكن التوصل إليها بنتيجة التحليل المقارن لمختلف الآراء حول تلك المسألة المعقدة.

قبل كل شيء، يجب الاعتراف بأنه، وكما قال تشارلز دارون: (إن التطور العضوي بكامله يبدو غير محدود). إذ يفترض وجود الأشكال العضوية، تطورها الدائم عبر الزمن. ويرى بارامونوف (١٩٤٥)، بأنه يمكن التحدث عن (قانون لا محدودية ولا امكانية تجنب عملية التطور)، والذي يعبر عن نفسه بعدم توقف ظهور وتولّد أشكال الحياة في فروع النشوء والارتقاء العرقي Phylogenese، وهو ما تحفزه تبدلات شروط الوسط الذي تعيش الكائنات الحية، النباتية منها والحيوانية، في اطاره، وهو ما ينتج عن عدم التوافق المطلق بين المتعضيات وبين البيئة المحيطة،

---

[1] السرخس Ferns: نباتات وعائية لازهرية ذات أوراق رئيسية تتكاثر بالأبواغ.

وهو أمر لا يمكن تحقيقه. وبذا تجد الأنواع نفسها خاضعة باستمرار لتبدلات تطورية، لذا فهي تقع دوماً على طريق الكمال المطلق الذي لا يمكن تحقيقه أبداً.

و- اتجاهية العملية التطورية:

تأخذ فكرة وجود اتجاه محدد للعملية التطورية منابعها الاولى من جان باتيست لامارك، ويرى كلٌ من خوزاتسكي (١٩٧٣) وفين (١٩٧٥): بأن عملية التطور تتمتع باتجاه محدد يمكن ملاحظته على مستويات التطور كافة. ويعتقد الأول من هذين الباحثين (أن اتجاهية التطور، مثله مثل عمليات التطور كافة، يجب أن ينظر إليها عموماً كخاصة ملازمة لعملية التطور. والتي تجد تفسيراً لها في ضوء وضعية حدود الصفات (Determinism[١]). أما ميلان[٢] فيعطي أهمية فائقة لتحليل العوامل التي تؤثر في توجيه عملية التطور.

إن العوامل المحفزة لعملية التطور تقسم إلى قسمين: ١- عوامل داخلية، ٢- عوامل خارجية.

غير أن مفهوم التطور الموجه لم يَعْرِفُ بسهولة تعريفاً متفقاً عليه. على الرغم من أن هذه المسألة ذات أهمية من الدرجة الأولى بالنسبة لعلم طبقات الأرض. وخاصة بالنسبة لتحديد الأعمار الجيولوجية، وتواقت التوضعات بناءً على مستوى التطور الذي بلغته المتعضيات في كل مرحلة من الزمن الجيولوجي. وهو ما يعبر عنه غالباً باسم (الطريقة التطورية). وبالنظر إلى ذلك، فإن العديد من الباحثين قد لاحظوا حقائق متواقتة كثيراً أو قليلاً بالنسبة للتشكل المتواقت في شتى الفروع

---

[١] حدود أو تحديد الصفات Determinism (الوراثية مثلاً). هو مصطح مورفولوجي منشئي، يتعلق بتغير صفات المتعضيات خلال عملية التطور، وهي التي تسبب الفروق بين كائن وآخر.

[٢] مين – عالم نبات قديم Paleobotany سوفيتي معروف.

التصنيفية العرقية. ومن جهة أخرى، من المعروف في حالات كثيرة، حيث تصل أشكال Forms من المتعضيات إلى مستو تطوري مشابه أو متقارب، بينما هي من الوجهة الجيولوجية ذات أعمار مختلفة.

ز- التشكل التكيفي وأشكاله الرئيسة Adaptogenese and it's main Forms:

بَيَّنَ دارون أن عملية التطور تتمتع بخاصة تكيفية، والتي هي أحد عوامل التطور- وهي التي تتمثل بآلية الانتخاب الطبيعي Natural Selection.

ويرى دارون أن عملية التكيف تطبع عملية التطور كلياً بطابعها. ويعبّر تكيف المتعضيات مع الوسط من خلال عملية التطور بازدهار المتعضيات وزيادة اعدادها، وتوسع رقعة انتشارها الجغرافية. ومن هنا يرى بارامونوف (١٩٦٧)، أن عملية التكيف هي عملية تاريخية، ترافق نشوء المتعضيات النباتية والحيوانية، بشتى صنوفها ودرجاتها التصنيفية.

يحدث التكيف تحت تأثير الانتخاب الطبيعي؛ ويظهر ليس فقط، في تطور تكيفات شكلية- فيزيولوجية محددة، بل ومنشئية، والتي تتمثل في زيادة التنوع العرقي. ويوفر هذا الأخير اتجاهات جديدة من التشكل التكيفي Adaptogenese، بالنسبة لشكلٍ حيٍّ جديد، مع تقدم عمليات الانتخاب الطبيعي، أو على العكس باستمرارية الأشكال الحية (الأنواع، الأجناس الخ...)، مع تنوع النمو العرقي في حالة الانتخاب الساكن. إن كلا هذين النوعين من الانتخاب الطبيعي، وهما مرتبطان معاً جدلياً.

إن العلاقة بين الانتخاب المتحرك أو النشط Active selection وبين الانتخاب الساكن Static selection في مجرى عمليات التكيف المستمرة، تصبح منبعاً لتغير أشكال المتعضيات Form of Organisms، أو أنها توجه اتجاهات

هذا الأخير.

يميز العلماء ضمن هذا المفهوم التكيفي ما يسمى التشكل بدافع التكيف Adaptogenese: ويميزون فيه الأنماط التالية:

١- آروجينيز Arogenese أي التشكل بالزرع: (من اللاتينية Aro يفلح مزروع أو مُدَجَّنْ) وهو التطور الذي ينتج عنه تعقيد في بنية ودرجة تعضي المتعضية، مما يرفعها إلى مصاف مستوى تصنيفي أعلى مستوىً.

٢- اللّوجينيز Allogenese أي التشكل المختلف: (من اللاتينية مختلف، آخر-allo) وهو يطلق على تشكل المتعضية المرتبط ببعض التغيرات التي تطرأ على الوسط والتي تمتلك صفات تخصصية مُعَيَّنة دون أن تمثل تخصصاً ضيقاً.

وهو توجه عملية تطور مجموعات من المتعضيات، نحو حلول تخصصات محددة محل أخرى، لدى الأنواع الحية القريبة من بعضها البعض تعضياً، حيث أن مستوى التعضي العام يبقى هو نفسه كالسابق. ويظهر التشكل المختلف (اللّوجينيز) بالتشكل التكيفي Adaptogenese (عند تبدل ظروف الحياة، مثلاً، تحول الحياة البرية إلى مائية ويقابل الأللّوجينيز، الأللومورفوز، أيّ، التحول الشكلي المختلف. وفي هذا الأخير تتطور أعضاء محددة بشكل متطور وتتمايز، وتضيع أعضاء أخرى أهميتها الوظيفية فتضمر. وبذا يحدث تشكل تنسيقي لمراحل التشكل الزهري Anthogenese كافةً.

٣- تيليجينيز أي التشكل البعيد Telegenese: (من اليونانية Tele- بعيد جداً) هو عادة شكل خاص من التكيف ينتج عنه تخصص المتعضيات وهو ينتج عن الانتقال من شروط للوسط أكثر عمومية إلى شروط خاصة أكثر تحديداً.

٤- التشكل المفرط هيبرجينيز Hypergenese: يعرف أيضاً بالتخصص الرفيع أو الفائق (من اليونانية Hypergenese زائد عن الحدّ- فائق)، وهو زيادة تطور

المتعضية بحيث يؤدي إلى تخريب العلاقات العادية مع الوسط المحيط.

٥- كاتاجينيز Catagenese: (من اليونانية Cata أي نحو الأسفل أو الهبوط أو التقهقر، ومن جينيز أي تشكل وهو ما نسميه بالتطور الهابط)، هو أحد أشكال الايديوجينيز Idiogenese، (من اللاتينية Idio خاص) ويسميه شمالهاوزن كاتامورفوز. وهو نمط من التشكلات التطورية التي تتصف بتغيرات رجعية بانتقال المتعضيات إلى العيش في شروط بسيطة للوسط المحيط.

وهو التطور التراجعيّ أو الارتدادي Regressive evolution الذي يرتبط بنكوص عملية التطور، ويحدث عند انتقال المتعضيات إلى أوساط بيئية بسيطة وهو ما يؤدي إلى تدنٍ عام في التعضي من الوجهة الموفولوجية والفيزيولوجية، ويؤدي هذا إلى اختصار بعض الأعضاء. ومثال ذلك ما يحدث لدى المتعضيات المتطفلة Parasitic organisums، التي تفقد بعض أعضائها كنتيجة للتطفل على غيرها من حيوانات ونباتات.

٦- ابيدوجينيز (هيبوجينيز Hypogenese- أي التطور السفلي): وهو أيضاً شكل من أشكال الإيديوجينيز Idiogenese أي التطور الخاص، حدده شمالهاوزن باسم هيبومورفوز ويعتبره حالة خاصة من الكاتا مورفوز أو الكاتاجينيز (وفق ستيبانوف وميسيجنيكوف، ١٩٧٩).

ح- عدم انتظام التطور Irriguarity of Evolution proscesse :

يتمثل عدم انتظام التطور في اسراع أوتباطؤ سرعة التطور. وهذا لا يبعث الشكّ ولا يظهر في المراحل المتتالية في التطور لفرع ما يخضع للنشوء العرقي، أو في ايقاع تطور مجموعات متعضيات مختلفة. وأوضح نتائج هذه الخاصة المتمثلة بعدم انتظام التطور في العالم العضوي يتمثل يتنوع مستويات التعضي، التي تمّ بلوغها في الحقبة الحديثة من قبل أنماط محددة من النباتات والحيوانات خلال فترة طويلة من

الزمن على امتداد الفانيروزوي.

٣-٢-٦: توزع المستحاثات في المقاطع الجيولوجية

Fossil distrebution in geological sections

إن منطلق مادة الدراسة في مجال التحليل البيواستراتيغرافي يتمثل بالمعطيات الخاصة بتوزع البقايا المستحاثية للمتعضيات في المقطع الصخري.

حيث تعدّ المستحاثات مكتمنات محفوظة ضمن الطبقات. وهذه المكتمنات تمثل أهمية كبرى في عملية التصنيف الستراتيغرافي للثخانات الصخرية وفي مضاهاة المقاطع الجيولوجية بعضها مع بعض. ومثال ذلك، إنّ طبقات الطابق الأوكسفوردي الغضارية الرمادية الداكنة اللون في حوض نهر (أوكا) بمنطقة (ريازان) في روسيا، التي تبلغ ثخانتها ١٠م. وهي تحمل في طياتها عدداً كبيراً من قواقع الأمونايت المستحاث، بحيث إن المناقشة التفصيلية تثبت، أن الأمونايت منتشر في أنحاء الطبقات كافةً، وعملياً، يمكن ملاحظته في أي جزء منها من قاعدتها إلى قمتها. وعند الضرورة يمكن القول بأن الأمونايت أو انطباعاتها متواجدة في كل سنتيمتر من المقطع. وهكذا، فمن الواضح في مثل هذه الحالة، أن التحديد الذي يمكن اجراؤه ينتسب فعلياً إلى كل الطبقات، وأنه في هذه الحالة يوجد تطابق فعلي بين الحدود الليثولوجية والحدود البيواستراتيغرافية.

ومن جهة أخرى في التكشف المشهور لتوضعات الطابق الكاللوفي على الضفة اليمنى لنهر أوكا، وقرب بلدة ايلاتيما، تتضمن تلك الطبقة التي تزيد ثخانتها على عشرة أمتار (١٠م) من الغضار البني إلى الرمادي من الكاللوفي المبكر Late Callovian، تتضمن مستويين من العقيدات Concretyion. في المستوى السفلي تم العثور على مستحاثات *Macrocephalites*، وفي المستوي العلوي على Cadocerase *latmae*(Nik). ونرانا هنا مجبرين على سحب تلك

المستحاثات التي تمّ العثور عليها في الحقيقة على مستويات مستقلة في أقسام هامة من الطبقات، وتمرير الحدود بين نطاقيّ *Macrocephalus* و *Cadoceras elatmae* الحيويين، إما بشكل اصطلاحي أو بالاعتماد على مجموعات مستحاثية حيوانية Fauna أخرى.

إن المثال السابق الذكر يصادف بكثرة في التطبيق الجيولوجي. وكقاعدة عامة، فإن توزع المستحاثات في طبقة صخرية ما لا يتطابق مع حدودها، وكنتيجة لذلك، فإن الخصائص الباليونتولوجية التي يمكن الكشف عنها للطبقة، غالباً ما تنسب إلى جزء من أجزاء الطبقة، وإن تطابق الحدود الليثولوجية والبالونتولوجية هو أمر اضطراري. ولكن في التطبيق العملي، فإن تطابق الحدود يحدث عادة بشكل مبرر لكونه يحظى بدراسات تفصيلية جداً.

وأخيراً لا بد من التوقف أيضاً عند مثال آخر لانتشار الفاونا ضمن المقاطع. ففي غرب سيبيريا الغربية، في منطقة انتشار غضاريات الطابق التوروني، لطبقة (كوزنيتشوفكايا)، يصادف غالباً قواقع ذوات المصراعين من جنس Inoceramus، غير أنه لم يتم هناك اكتشاف أكثر من نموذج واحد من أمونيات التوروني المتأخر هو (*Baculites romanovskii* Arkh.)[1] .

وقد مكن العثور على هذه اللقية من استنتاج أن طبقة (كوزنيتسوفسكايا) توافق حجم تحت طابقي Substage الطابق التوروني. ولكن مع مراعاة الصفات غير التعويضية Incompensational الشديدة للتراكم الرسوبي لطبقات غضار (كوزنيتسوفسكايا)، فيمكن افتراض أن الثخانة التي تمتلكها الطبقات المذكورة ليست ثابتة في أماكن تواجدها كافةً.

---

[1] بوديليفسكي، ف.ي ١٩٥٣: الاطلس الصغير للمستحاثات المرشدة، غوستو بتيخ ايزدات، لينينغراد- موسكو: ص.ص :٢٤٠.

لقد استعرضنا أمثلة متنوعة لتوزع الفاونا في مقطع شاقولي، وتأثير ذلك على توزع الاستنتاجات التي يمكن التوصل إليها بدقة. ولكن من جهة أخرى، فإن البقايا العضوية لا تتوزع بشكل متساوٍ أو متوازن على طول المقطع. وأي جيولوجي يقوم بعملية جمع المستحاثات، يعرف أنه في تكشف واحد، يوجد قطاعات غنية ببقايا الفاونا، بينما قطاعات أخرى - من تلك الطبقة- تكون فيها البقايا المستحاثية النباتية أو الحيوانية نادرة أو أنها غير موجودة بتاتاً. والشيء الأكثر تعبيراً في هذا المجال، تلك الطبقات، التي تنحصر فيها الفاونا فقط بعقيدات Concretion، ولا تصادف عملياً في الصخر المكتمن. ومن غير أن نتوقف هنا عند أسباب عدم انتظام توزع المستحاثات في المقاطع الليثولوجية، سواء أكانت مستحاثات نباتية أم حيوانية، نذكر فقط أن دراسة أوضاع كهذه تحتاج إلى التعامل باهتمام كبير مع المقاطع بالدرجة الأولى ومع الطبقات ومحتواها المستحاثي مع ضرورة النظر في الاحتمالات الممكنة كافة.

في تاريخ العلم، تعرف حالات عديدة، اعتبرت فيها الطبقات خالية من المستحاثات، والتي اكتشف بالدراسة المتأنية والمستفيضة اللاحقة بأنها غنية بالمجموعات المستحاثية Fossil Assemblages. والحقيقة أن الدراسة المتأنية فقط للمستحاثات وتوزعها في المقاطع، أمر يحتاج إلى زمن مع تكرار طرائق الموضوع مرة بعد أخرى، وخاصة عندما تكون المستحاثات المعنية بالدراسة، من نوع المستحاثات الكبيرة Macro Fossils، مثل الرخويات ذوات المصراعين والأمونيّات ومعديات الأرجل والبلمنايت وغيرها. أما عند دراسة المستحاثات الصغيرة أو المجهرية Micro Fossils تظهر أمام الباحث مسائل أخرى مختلفة- غير تلك التي تظهر عند العمل مباشرة على المقطع الصخري أو على التكشف

نفسه، كما يحصل في حالة دراسة المستحاثات الكبيرة. فمع المادة المستحاثية المجهرية، وهذه المادة — أو المواد وهي عديدة وغزيرة عادة - لا يمكن تقدير تواجدها في الحقل مباشرة، لأنها غير مرئية بالعين المجردة. وينطبق هذا على المنخربات والأوستراتكودا والمشطورات وغبار الطلع والأبواغ وغيرها. كما أنها لا تتوزع بالتساوي على طبقات المقطع فدائماً توجد طبقات صخرية أو سحنات تكون خالية من المستحاثات في المقاطع أو التكشفات الصخرية. وتنشأ هنا مسألة عملية حساسة وهي:

تحديد عدد العينات الصخرية الواجب جمعها ودراستها من قِبَلْ الجيولوجي. وقد عالج بايار كوف (١٩٦٩) هذه المسألة، فاقترح طريقة لحساب العدد الأنسب من العينات للدراسة بالنسبة لطبقة صخرية وحيدة السحنة Monof aclial bed، على أساس معادلة موثوقية تواجد نوع Spcies ما من المتعضيات أو مجموعة من الأنواع على النحو التالي:

$$P = Fals \quad (1)$$

حيث P- تعبر عن موثوقية تواجد النوع، S- مساحة الطبقة؛ a- المساحة التي يحتلها نوع واحد؛ F- عدد الأفراد. وكذلك المعادلة التالية الأسهل استخداماً للتعداد العملي، وهي معادلة أو صيغة تواجد النوع أو مجموعة الأنواع:

$$H = m/N \quad (2)$$

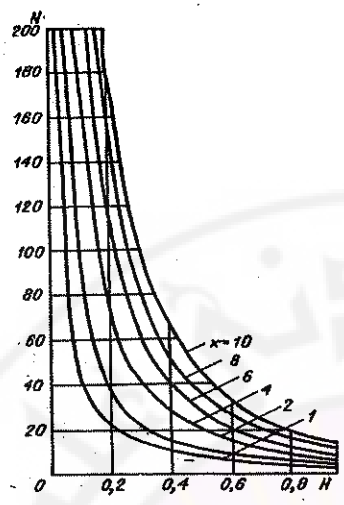
(حيث، H- تكرار تواجد النوع؛ m- عدد العينات التي تواجد فيها المستهدف؛ N- عدد العينات المدروسة) ويمكن الربط بين P و H برابطة محددة أو علاقة: بموثوقية 0.95، يتم بناءً عليها تأكيد أن P محتواة في داخل المجال Interval σ $H \pm 1.96$ (حيث σ - هو متوسط مربع الانحراف ، الذي يعتمد

أو يرتبط بـ H و N).

وبناءً على ما تقدم يمكن صياغة المهمة أو المسألة على النحو التالي: (إذا عرفنا تواجد النوع (A) بموثوقية، في وحدة استراتيغرافية محددة، عندها، كم يلزمنا دراسته من العينات من تلك الوحدة Subdivision، لكي نصادف النوع A بموثوقية تعادل ٩٥ % ليس أقل من العدد x من العينات- بوياركوف، ١٩٦٩، ص ٢١٠). ولأن هذه المسألة تُحَلُّ في الاحصاء الرياضي بمساعدة قانون التوزع ثنائي التسمية Binominal nomenclature، فإن بوياركوف اقترح رسم نوموغرام Nomogram (مخطط بياني) لحساب عدد العينات المطلوب دراسته (الشكل ٤٥).

٣-٢- ٧ : أثر بعض المجموعات المستحاثية في علم الطبقية:

ننظر هنا في خصائص توزع المتعضيات المستحاثية في الطبقات مع أخذ أهميتها بالنسبة للإستنتاجات الطبقية بعين الاعتبار، والأخذ أيضاً بعين النظر، ومنذ النشأة المبكرة لعلم الطبقية الحيوية (البيواستراتيغرافيا) ، عدم انتظام توزع المجموعات المستحاثية المرشدة، لا في الزمان ولا في المكان، واختلاف ايقاعاتها التطورية، ودرجة ارتباطها بالسحنات Facies، وتواتر تكرار مصادفة تلك المستحاثات. كل هذا قاد الى توسيع الاعتماد على عمليات المضاهاة الواسعة بين المقاطع الجيولوجية في محاولة لتلافي النقص الكبير أحياناً في السجلين الصخري والمستحاثي.



الشكل ٤٥:
مخطط بياني (نوموغرام)
تحديد عدد العينات N،
الضرورية لمصادفة النوع
x (عن بويار كوف، ١٩٦٩).

عند الدراسة التصنيفية Classification للتوضعات ومضاهاتها Correlation، مهما تكن الجملة System المدروسة، إلى إعطاء بعض مجموعات المستحاثات امتيازاً خاصاً على غيرها. والحقيقة هي أنه تم الاعتماد على تلك المجموعات لتأسيس عمليات المضاهاة الواسعة بين الجمل (System). وقد افترض شيندوولف اطلاق اسم أورثوفاونا[1] *Orthofauna أو الستراتيغرافيا القديمة Archestratigraphy لموزانة المجموعات الباقية، التي أطلق عليها اسم باراستراتيغرافيا Para stratagrphic groups.[2]

إن فكرة الأورثوفاونا Orthofouna، تتمثل بأن المستويات التي تم تحديدها بنتيجة الدراسة تتصف (في إطار دقة طرائق الدراسة، بتواقت السطوح وتسمح برسم أدق عمليات المقارنة والربط مع المقاطع النموذجية للجمل المدروسة.

إلا أن الوحدات التصنيفية الزمنية الطبقية Chronostratigraphic sub

---

[1] اورثوفاونا Ortofauna: من اليوناني Ortho: صحيح، مستقيم.

[2] باراستراتيغرافيا Parastratigraphy: من اليونانية Paara: بجانب، نظير، مشابه.

division تشكل فقط أحد مهمات الستراتيغرافيا. وهذه المهمة يمكن حلـــها أو إنجازها، بصنع الخرائط الجيولوجية والباليوجغرافية، ذات المقـــاييس الصـــغيرة أو الاستعراضية، عندما نلجأ إلى شتى أنواع التعميمات العلمية، وفي حالـــة إيضـــاح العلاقات المتبادلة بين الوحدات الستراتيغرافية. وعلى العكس من ذلك، فإن إنشاء خرائط ذات مقاييس كبيرة، ومضاهاة المقاطع الجيولوجية المتقاربة وإنشاء الجداول الستراتيغرافية لمناطق مستقلة عن بعضها، يستند غالباً على المجموعات المستحاثية من النمط الباراستراتيغرافي والتي وكقاعدة عامة ، تتمتع بانتشار أوسع. يضـــاف إلى ذلك أن أوسع عمليات الربط أو التعالق التي استندت على القرائن البيوستراتيغرافية للطبقات الصخرية، هي ضرورية جداً في عمليات المسح وإنشاء جداول ومخططات دراسة مكامن المواد المفيدة، وكقاعدة عامة تظهر هذه ممكنـــة فقـــط باســـتخدام المجموعات الباراستراتيغرافية.

وبذا، فإن القيمة الطبقية للمجموعات المتنوعة ترتبط، ليس فقط بأهميتها فيمـــا يتصل بتصنيف التوضعات وتقيمها والمضاهاة الواسعة للتشكيلات الرســـوبية، لأي من الجمل Systems، بل وكذلك في كل الحالات والمسائل الخاصة التي تقف في وجه البحث والباحثين. وهكذا، فالغونياتيتـــات Goniatites مـــن الأمونيـــات Ammonites رأسيات الأرجل Cephalopodes تمثل مجموعة Group مهمة بشكل استثنائي للمضاهاة الواسعة والتفصيلية للمقاطع الجيولوجية المتباعدة بوجـــه خاص، التابعة للباليوزوي الأوسط والعلوي. وبنفس الوقت، فإن ندرة تواجد هذه الأمونيات وانتسابها بوجه خاص لنمط من الرسوبات يَحُدُّ بشدة أو كلياً أو جزئياً لدرجة استثناء إمكانية استخدامها في أعمال المسح الجيولـــوجي Geological Survey. بينما تقدم عضديات الأرجل Bracheopods بنفس الوقت دلالات أقل تحديداً فيما يخص عمر الصخور، والتي تشكل في مناطق مختلفة، تجمعات ذات

تكوين مختلف تماماً، بفضل غزارة تواجدها ضمن التوضعات لـنفس العمـر. وفي العمل اليومي على انشاء الخرائط الجيولوجية فهي يمكن أن تتمتـع تلـك بأهميـة كبرى، بالمقارنة مع الغونياتيتات. تظهر أمونيتات الميزوزوي الوسيلة الستراتيغرافية، الأكثر كمالاً، ولكن إذا ما تعلق الأمر بأمور الاستكشاف والتنقيب والمسـح في مساحات مغلقة، وقلة اللقى المستحاثية وبسبب سوء حفظ المستحاثات في أحيان كـثيرة، وخاصـة في لبابـات الحفـر Cores، فـإن المسـتحاثات المجهريـة Microfossils تتمتع بأهمية فائقة وخاصة المنخربات Foraminifera، وغبارا الطلع Fossil poller and spores والمسـتحاثات فائقـة الصـغر Nano fossils[1] والأكريتارخ Acretarch والغرابتولايـت Graptolite إلخ.. أمـا الأمونايـت، فيسـتخدم بشـكل أساسـي في عمليـات ربـط مجموعـات Assemblages المنخربات المسـتحاثة مـع بعضـها الـبعض (سـتيبانوف وميسيجنيكوف، ١٩٧٩).

وأخيراً، ليست بالحالات النادرة، عندما، في إطار أحواض ترسيب كبرى تغيـب عملياً مجموعات أركيستراتيغرافية كاملة لأي من الجمـل Systems الجيولوجيـة. ويكفي هنا أن نستعيد إلى ذاكرتنا، توضعات الكريتاسي العلوي للسطيحة الروسـية Russian Platform، حيث يندر تواجد الأمونيات، أو توضـعات البـاليوجين لخطوط العرض العليا، حيث تغيب عملياً وبشكل كامل، الفاونا المسـتحاثية مـن المجموعتين الأركيستراتيغرافية والباراستراتيغرافية. وهو ما يكتسي أهمية منهجيـة، لأن

---

(١) مستحاثات فائقة الدقة **Nanofossil**: اسم يطلق على الديسكواسترات **Discoasterers** والكوكولايت **Coccolithes** والتي كلاهما عبارة عن مستحاثات صغيرة جداً أو فوق مجهرية، أي مجهرية كلسية (على استطاعة الرؤية بالمجهر الضوئي- ولذا يلجأ غالباص إلى دراستها باستخدام المجهر الإلكتروني.

هذا يسمح بتحديد مواقع مجموعات محددة من المستحاثات الحيوانية Fauna في إطار معقد الأبحاث البيواستراتيغرافية العام، ودون تحديد قيمة المستحاثات نفسها بالنسبة لعلم الطبقية.

وعوضاً عن ذلك، لا شك ولسلسلة من الأسباب والحيثيات، بأن أهمية المجموعات الفاونية المختلفة لعلم الطبقية، ليست متساوية، وقد اقترح تيكرت (Tichert, 1958) التفريق بين المجموعات Group المستحاثية، فيما يتعلق بأهميتها لعلم طبقات الأرض على النحو التالي:

١- مجموعات مستحاثية هامة للمضاهاة والمقارنات الكرونواستراتيغرافية الكوكبية (على صعيد كوكب الأرض) Fossil Groupe of Global correlation.

٢- مجموعات مستحاثية تستخدم للمضاهاة الإقليمية Fossil Groupe of Regional correlation .

٣- مجموعات مستحاثية تستخدم أحياناً للمضاهاة المحلية Fossil Groupe of Local correlation (الشكل٤٦).

يبين مخطط تيخرت المشار إليه سابقاً، أنه ليس من الصعب الاقتناع بأنه لغاية نهاية الثمانينات من القرن الماضي، فإن التصور حول أهمية المجموعات المستحاثية المختلفة لم يبق دون تغيير. فمثلاً، المنخربات البلانكتونية، اكتسبت أهمية كبرى بالنسبة لمحمل السينوزوي (الكاينوزوي Cenozoic Era). وعلى العكس من ذلك، فإن الأهمية بالنسبة للمقارنات والتعالقات الإقليمية الخاصة بالسماكات الصخرية *للسينوزوي*، *لمجموعات مستحاثية مثل ذوات المصراعين Bivalvia ومعديات الأرجل* Gastropoda، تدني أهميتها كثيراً. ويظهر على المخطط البياني للشكل المذكور، أنه لم يكن آن وضع هذا الجدول في عام ١٩٥٨ قد أخذ بعين

الاعتبار أهمية، أو أثر مجموعات مستحاثية حساسة في مسألة هامة كهـذه، مثـل مجموعات: العوالق الصغيرة جداً[1] Nanoplankton. (كريتاسي- كاينوزوي)، الشعاعيات Radiolaria (الكريتاسي العلوي- الكاينوزوي)، التنتيبوديا Tintinnoidae[2] (جوراسي علوي- أسفل الكريتاسي)، الكونودونت Conodonts (كمبري- ترياسي)، والهيوليتات Hyolitha[3] (فندي- كمبري) وغيرها. وسنناقش القرائن التي تؤخذ بعين الاعتبار للفصل بين المجموعات Group الأركيستراتيغرافية والباراستراتيغرافية.

تُظهِر المجموعات الأركيستراتيغرافية، كما سنرى لاحقاً، وفي واقع الأمر، المتطلبات التي تتمتع بها الأشكال الرمشدة أو المفتاحية Key Forms من المستحاثات: فهي يجب أن تتمتع بتطورٍ سريع، وتوزع واسع واستقلال نسبي عن السحنات.

وإن تتبع التغيرات الناتجة عن التطور Evolution، تتضح بطبيعة الحال بسهولة لدى المتعضيات الراقية عندما نخضعها للمقارنات، والتي تبدي قرائن أو خصائص

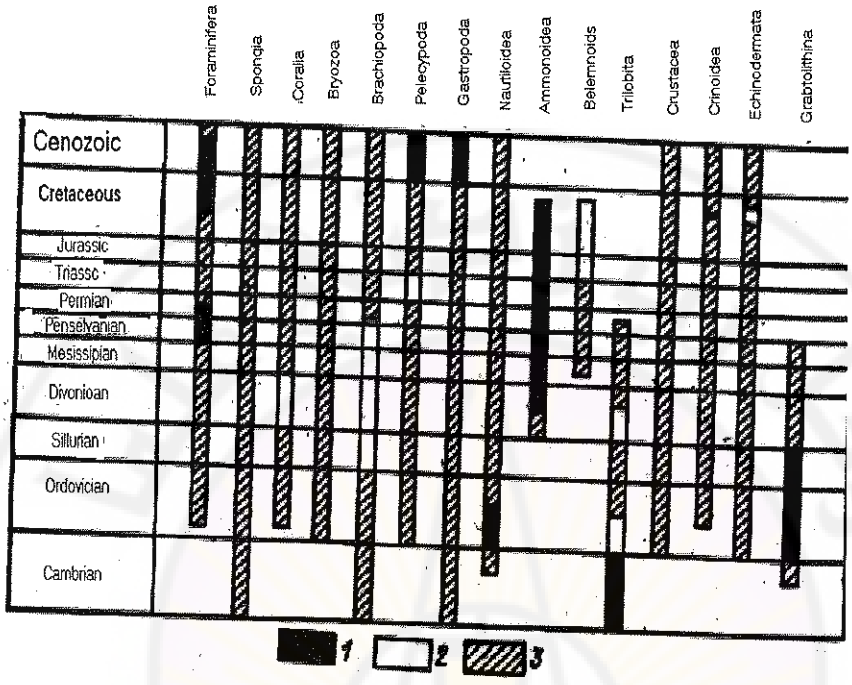
---

(1) الجرسيات أو الطنطنيات وهي العوالق الصغيرة جداً، العوالق الفائقة الصغر Nanoplankton: اصطلاح يستخدم للتعبير عن المادة المستحاثية من الحجم المجهري Ulitramicrosopic size، بحدود ٥- ٦٠ مايكرومترات. ترى فقط بمساعدة المجهر الإلكتروني أو المجهر المتضاد الأطوار Phasecontrast .

(2) الجرسيات Tintinnoidae: من اللاتينية Tinnitus يطنطن كالجرس متعضيات مجهرية (Infusoria, Ciliata) تنتسب إلى العوالق الفائقة الصغر Nanoplankton، يصل حجمها إلى ١٠٠ ميكرون (وقليلاً منها يصل إلى ٢٠٠ ميكرون أو أكبر من ذلك). تشاهد تلك في الصخور والرسوبات الكربوناتية والمارلية السيلورية والكربونية، والتيتونية والنيكومية في مناطق محيط التيتيس الأوروبية وهي مرشدة لها.

(3) الهيوليتات Hyolitha: مجموعة من عديمات الفقار (لافقريات) البائدة (المنقرضة)، التي ليس لها ارتباط تصنيفي واضح حتى الآن. العديد من الباحثين يعتبرونها أحد صفوف الرخويات. وقد يكون أحد الرتب الحيوانية المستقلة، معروفة منذ بداية الكمبري إلى البرمي.

مورفولوجية (شكلية) مختلفة. لذا، فليس مما يثير العجب، أن المجموعات.



شكل ٤٦– الأهمية الطبقية الزمنية النسبية للمجموعات الرئيسية للافقارات البحرية عبر الزمن الجيولوجي عن (Teichert, 1958)

المجموعات: ١– الضرورية لعمليات المضاهاة الطبقية الزمنية على مستوى كوكب الأرض؛ ٢– المجموعات التي تستخدم في عمليات المضاهاة الإقليمية؛ ٣– المجموعات التي تستخدم أحياناً في عمليات المضاهاة المحلية.

الأركيستراتيغرافية الكلاسيكية أصبحت تتمثل بالأمونيتات[1]

---

[1] أمونايت Ammonites (Ammonoidea) تحث صف من رأسيات الأرجل Cephalopoda، لها قوقعة مفصصة وسيفون خارجي وهي مستحاثات مرشدة لأعمار محددة كما ذكر سابقاً.

Ammonoidea والغرابتوليتـــــات[1] Graptolites والتريلوبيتـــــات[2] Trilobites.

إلا أن تطور علم التصنيف Systematics، أدى إلى استخدام طرائق جديـــدة في البحث بشكل واسع، تمكن من الكشف عن التعاقب السريع للتاكســـونات[3] عبر الزمن. والتي تنتسب عادة إلى أنماط محافظة، وتستخدم للمقارنـــات الواســـعة التفصيلية لمجموعات الفاونا المجهرية كافةً. وهكذا فقد نسب زيغلـــر، ١٩٦٣) في مقالة رائعة لـــه، خصّ بهـــا (المســـتحاثات المرشـــدة والمســـتحاثات المرتبطـــة بالسحنات)، نَسَبَ الشعاعيات Radiolaria إلى مجموعة ليس لها أهمية خاصـــة بالنسبة لعلم الطبقية. إلا أنه بعد انقضاء سبع سنوات قام كلٌ من رايـــدل وســـان فيليبّو (١٩٧٠)، بتحديـــد نطاقـــاتٍ للشـــعاعيات في الرســـوبيات الشـــعاعية Radiolarian deposits للمحيط الأطلسي[4]. وفي نهاية الثمانينيات من القرن الماضي، تظهر هذه المجموعة (أي الشعاعيات) كأحد المجموعـــات الأساســـية في عمليات المضاهاة لتوضعات الكريتاسي العلـــوي، وبالدرجـــة الأولى لتوضـــعات الكاينوزوي، وخاصة في إطار خطوط العرض العليا. والآن يتم إجراء التصـــنيف النطاقي لتوضعات الجوراسي العلوي والكريتاسي السفلي في مناطق حوض البحـــر

---

(١) غرابتولايت Graptolites: كائنات بلانكتونية بحرية تعيش في مستعمرات، وهي هامة في حالة كونها مستحاثة (صف Graptolithina) وهي هامة لتأريخ توضعات الأوردوفيشي – السيلوري.

(٢) ثلاثي الفصوص Trilobites (Trilobita) صف مفصليات بحرية عاشت في الباليوزوي، جسمها مقسم إلى فصوص موزعة على ثلاثة فصوص ولها رأس وهيكل خارجي وذيل.

(٣) تاكسون Taxon: أيّ وحدة حيوية تصنيفية، من أي من المستويات التصنيفية .

(٤) إن أول من أشار إلى استخدام الشعاعيات في التصنيف البيواستراتيغرافي النطاقي للباليوجين هو العالم ليبمان (١٩٥٦).

المتوسط Mediterranean بالاعتماد على الكالبيونيلاّت[1] بالإضافة إلى الأمونايت. والتي بدأت دراستها (أي الكالبيونيلاّت) بعد الحرب العالمية الثانية في واقع الأمر.إن الكونودونت[2] Conodonts مجموعة مستحاثية بالمطلق، تمّ اكتشافها من قبل باندر (١٨٤٥)، والتي لم تستطع خلال قرن أن تجذب إلى نفسها أنظار الستراتيغرافيين، أو علماء طبقات الأرض! ولكنها في الربع الأخير من القرن العشرين تحولت إلى واحدة من المجموعات الأركيستراتيغرافية الهامة، بالنسبة لمجال زمني وصخري يمتد من الأوردوفيشي إلى الترياسي ضمناً. والآن في وقتنا الراهن، لا تقل أهمية النطاقات الحيوية للكونودونت، عن تلك النطاقات التي تمّ تحديدها بالاعتماد على المجموعات المستحاثية المعترف بها بشكل واسع كالأمونايت والمنخربات (الفورامينيفرا)، بالنسبة لتوضعات الباليوزوي الأوسط والعلوي.

في الحقيقة، لا يوجد فاونا أو فلورا تعيش وتنتشر في كل مكان على سطح الأرض. وأي متعضية بحرية، سواء أكانت من العوالق Plankton أو السابحات Nekton أو القاعيات Benthos فإنها تحتل موقعاً بيئياً محدداً. Foraminifera ويكون لها بذلك موطناً- أي مكان عيش ومجال انتشار، وهذا يحدده العديد من العوامل: مثل العمق، طبيعة القاع، التهوية، درجة الملوحة، درجة حرارة الماء، الجريان والتيارات، الحواجز والموانع القارية وهكذا دواليك. كذلك، فإن المتعضيات الحديثة، مثلها في ذلك مثل المتعضيات القديمة، يكون لها مجالات انتشار وموطن Habitat متصل أو متقطع أو مجال انتشار Areal. إلا أن تلك المجالات أو المواطن تكون محدودة دائماً بضغوط ومؤثرات البيئة، بعضها حيوي Biotic

---

(١) كالبونيلاّ Calpionella: - جنس من الشعاعيات.

(٢) كونودونت conodonts: مستحاثات شبيهة بالأسنان مكونة من فوسفات الكالسيوم (أوردوفيشي - ترياسي)، هامة جداً ومرشدة لتأريخ توضعات الباليوزوي.

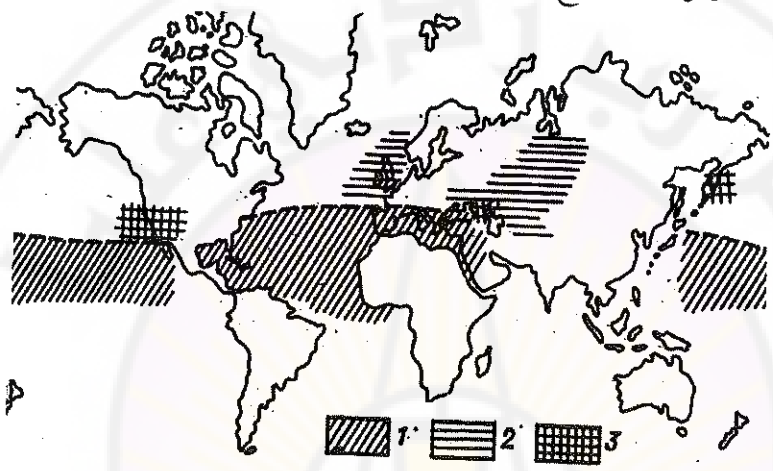
(الطعام، الأعداء والمزاحمين) أو غير حيوي Abiotic.

إن مقياس ظهور شتى العوامل ليس واحداً. وهكذا، على سبيل المثال، في إطار حوض بحري واحد، أو في إطار مجموعة الأحواض المتصلة ببعضها البعض، وعلى أعماق محددة، يمكن حدوث نظام حراري وملوحة مستقرّ أو دائم، حيث بطبيعة الحال، تتشكل ظروف لانتشار المتعضيات التي تستطيع العيش باستمرار في ذلك المجال من الحرارة والملوحة للوسط المائي المذكور. أما في حالة الكائنات السابحة بحرّية، فيتكون هنا مجال انتشار أو موطن مستمرّ، أما الأحياء القاعية، فبطبيعة الحال تنتشر على القيعان الملائمة لحياتها، وبذا فَستَخُصّ نفسها بمجال انتشار متقطع. وبنفس الوقت، فإن وجود حاجز قاري (يابسة) أو حاجز لا يمكن تجاوزه بالنسبة لقاطن ذلك الحوض المائي، كالحواجز الهيدرولوجية (مثلاً، حاجز حراري) قد يؤدي إلى عدم إمكانية انتقال أو عبور الفاونا المدروسة أو المعنية إلى حوض آخر، يتمتع بخصائص بيئية مماثلة أو مشابهة Analogous.

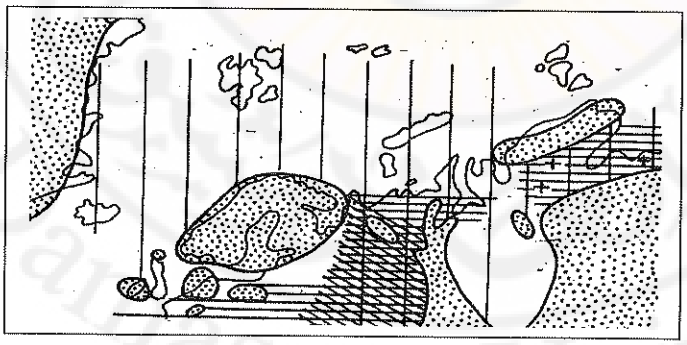
وعلى سبيل المثال، إن المتعضيات البلانكتونية مثل الشعاعيات خلال الكريتاسي المتأخر Late cretaceous والباليوجين Paleogene شكلت حزاماً شبه استوائي Subtropic zone، سواء في المحيط الأطلسي Atlantic oceanأو في المحيط الهادي Pacific ocean. وبنفس الوقت، فإن البحار الباردة، وعلى ما يظهر بسبب الحاجز، أو المانع الحراري، فهي تتميز بتجمعات ومجتمعات مختلفة من الشعاعيات(الشكل ٤٧) ويعتبر انتشار بعض عديمات الفقار أكثر محدودية بالمقارنة بالعوالق وخاصة الأمونايت (شكل 48) والتي معظمها يقطن فقط في منطقة حيوانية جغرافية قديمة واحدة Paleozoogeographic (مثلاً، *Dorsoplanites*) أو حتى منطقة (*Virgatites*, Taimyrosphinctes). غير أنه يوجد عدد كبير من الأمونايت وبشكل كافٍ، الذي يعيش في مناطق

باليوزوجغرافية بينية (*Aulacostephanus*) وبعض الأجناس أمكن ملاحظة وجودها في جانبي المحيط الهادي (*Zemistephanus*، ومجموعة *Idoceras balderum* وغيرها، (الشكل ٤٩).

وكما أشير سابقاً، فإن توزع وانتشار المتعضيات القاعية يتحكم به بوضوح أكبر العمق وطبيعة القاع.



الشكل ٤٧– توزع الشعاعيات خلال الكريتاسي المتأخر (حسب كازلوف غ.ي، ١٩٧٤). المجموعات : ١– مدارية، ٢–باردة، ٣– كاليفورنية (بينية).



شكل ٤٨– توزع بعض امونيتات الجوراسي المتأخر (حسب ميسيجنيكوف ١٩٦٩).

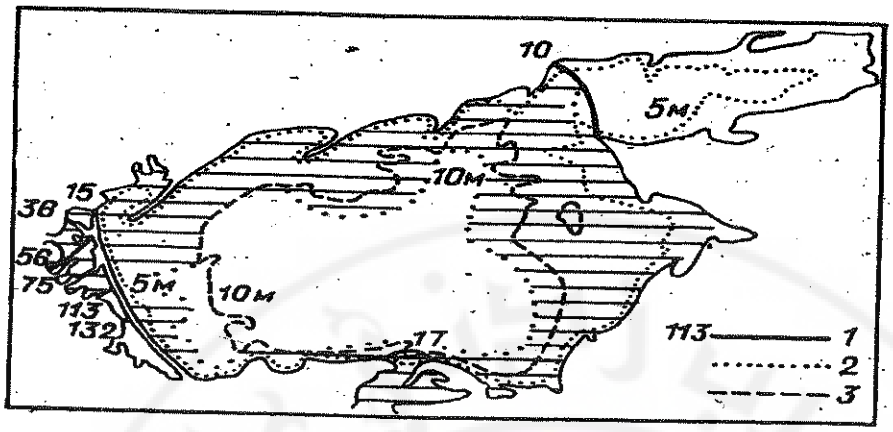
الرموز: ١- *Virgatites*، ٢- *Dorsoplanites*، ٣- *Aulacostephanus*، ٤- *Taimyrosphinctes*، (تشير المساحات المنقطعة إلى اليابسة).

وهكذا على سبيل المثال، فإن مجال انتشار Areal أو Area النوع الرخـــوي *Cardium edule* Linn. في بحر آزوف، محدد في مجـــال العمـــق ٥- ١٠م، وملوحة ١٧% (الشكل ٥٠). ومن الطبيع فالارتباط الوثيق للمتعضيات القاعية مع السحنات يؤدي إلى أنها (بحدود مجال تواجدها عبر الزمن) تستطيع أن تظهـــر في المقطع أكثر من مرة في لحظات توفر الظروف الحياتية الملائمة لها. كما أنها تختفـــي من المقطع، عندما تكون ظروف تواجدها غير ملائمة (الشكلان ٥١ و٥٢).



الشكل ٤٩- توزع بعض الأمونيتات على طول شواطئ المحيط الهادي (حسب أركيل **Arkell**، ١٩٥٧).

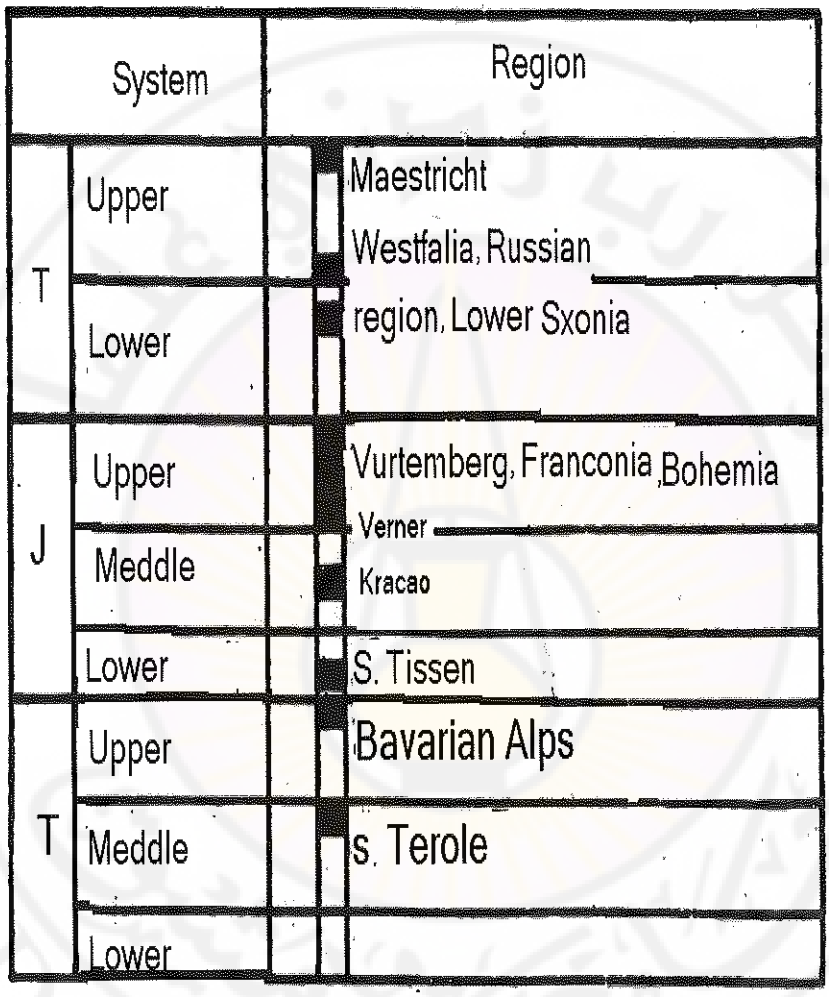
I- مجموعة *Idoceras balderum*، z- *Zemistephanus*، P- *Pseudotoites*



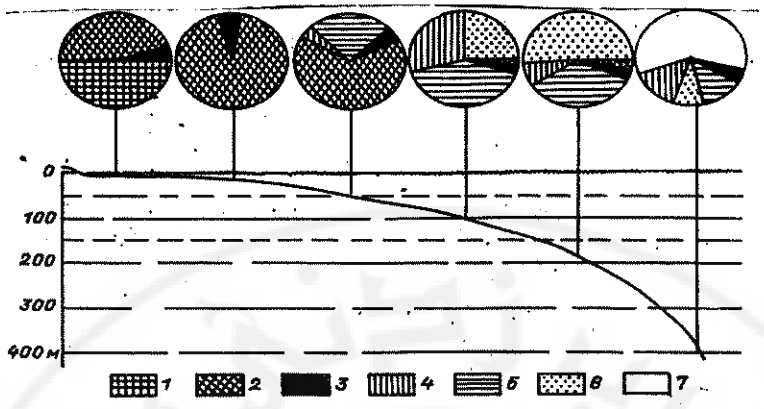
الشكل ٥٠- توزع *Cardium edule* linn. في بحر آزوف
(المنطقة المخططة عرضياً) (عن زغلر Ziegler، ١٩٦٣).



الشكل ٥١– توزع نوع البراكيوبودا ***Aulacothyris kupressa*** **(Bronn)**
في مقطع الجوراسي العلوي (حسب زيغلر **Ziegler**، ١٩٧٢).

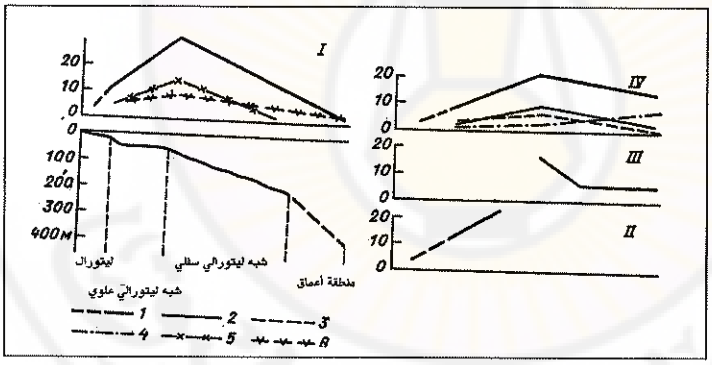


الشكل ٥٢– توزع الاسفنجيات الكلسية في مقاطع الميزوزوي في غرب أوروبا
(حسب زيغلر **Ziegler**، ١٩٧٢).



الشكل ٥٣– تغير تركيب الفاونا بتغير العمق في بحار الجوراسي المتأخر في أوروبا الوسطى (حسب زيغلر Ziegler، ١٩٧٢)،

١– Coelenterata، ٢– Bivalvia، Gastropoda ٣– Brachiopoda، ٤– Aspidoceratidae، ٥– Perisphinctaceae، Cardioceratidae، ٦– Haploceratacea، Phylloceratidea ٧– Lytoceratidae.



الشكل ٥٤– تغير عدد أنواع الأمونايت بدلالة العمق في بحار الجوراسي المتأخر والنيوكومي في الحوض البحري القطبي (حسب ميسيجنيكوف وشولغين، ١٩٧٥).

I– كيميريدجي مبكر، II– فترة الفولجسكي الأوسط، III– فترة الفولجسكي المتأخر، IV– بریاسي. الرموز: ١– العدد الكلي للأنواع، ٢– *Pseudocraspedites*، ٣– *Surites*، ٤– *Tollia*، *Praetollea*، ٥– *Rasenia*، ٦– *Amoebites*.

غير أنه لا يجوز التفكير بأن الكائنات القاعية هي التي ترتبط بالسحنات فقـــط! إذ أن المتعضيات التي تسبح بحرية وكذلك العوالق (البلانكتون)، هي كذلك تقطن في مجالات محددة من العمق، وتدفن بالتالي في الرسوبيات، التي تتفق مـــع ذلـــك العمق. ويعني هذا، توزع القواقع بعد موت المتعضيات إلى درجـــة مـــا مســـاوية للتبدلات السحنية بالنسبة للمجموعات Association السابحة، وبدرجة أقـــل العوالق، وبشكل خاص، يُسَهِّل هذا عمليات المضاهاة البعيدة للتوضـــعات الـــتي تحتوي بين طياتها بقايا الفاونا البيلاجية Pelagic fauna[1]، ولكن لا يجـــوز أن تهمل بالكامل العلاقة بين هذه الفاونا وسحنات محددة. وهكـــذا فـــإن ســـكوت (١٩٤٠) وزيغلر (١٩٦٧) وميسيجنيكوف وشولغين (١٩٧٥) أظهروا وجـــود علاقة محددة بين السحنات وبين معقدات أو مجموعات الأمونايت (الشكلان ٥٣ و٥٤) بينما أظهر وجود شبيهاً بتلك العلاقة مع البلمنيتات كـــل مـــن ســـاكس ونالنايف (١٩٦٦).

في عدد من الحالات، إن تغير مكونات المجموعة الفاونية في علاقتـــها بـــالعمق البحري يَتَقَنَّعُ بظروف حفظ المتعضيات وبإعادة تشكل Diagenese الرسوبات. وهكذا، على سبيل المثال، فإن إفقار المكونات التصنيفية للطحالـــب المشـــطوراتية Diatoms والشعاعيات Radiolaria في توضعات الأيوسين لغـــرب ســـيبيريا، والتي يمكن ملاحظتها لدى الانتقال من صـــخور المشـــطورات Diatomite[2]

---

(١) Pelagic: الفاونا البيلاجية، أيّ الحيوانات التي تعيش في البحر المفتوح وليس على القاع وتتضمن كائنات سابحة Nektonic وقليل من البلانكتون Plankton.

(٢) Diatomite: توضعات سيليكاتية مكونة كثيراً أو قليلاً من الهياكل السيليسنية للنباتات المجهرية التي تسمى المشطورات Diatoms.

المنتشرة على طول المنحدرات الشرقية لجبال الأورال، باتجاه صخور الأوبوكا[1]، التي تكونت في الأقسام المركزية من الحوض الترسيبي، وفي المرحلة المبكرة .

ويمكن تفسير ذلك بالاتحاد الحقيقي لمعقدات فاونية في إطار مياه أقل دفئاً، وانحلال الهياكل من خلال عمليات التشكل اللاحق (Diagenese). ومن الأمور الأكثر احتمالاً تأثير هذين العاملين معاً.

إن الأمثلة التي استعرضناها تثبت، أنه من أجل إجراء مضاهاة كرونواستراتيغرافية Chronostratigraphic correlation واسعة، فإن أفضل المتعضيات استخداماً لهذه العملية هي المتعضيات البيلاجية Pelagic organisms. وليس صدفة عندئذ، إن أفضل الجداول النطاقية Zonal chart تمّ انشاؤها بمساعدة دراسات الغرابتولايت Graptolites[2] والأمونايت، وفي السنوات الأخيرة المنخربات البلانكتونية والشعاعيات. أما الدراسة الكرونواستراتيغرافية للأوردفيشي والسيلوري والميزوزوي، فتتمثل في أيامنا، كأفضل شيء صنع في هذا المجال تفصيلاً وتأسيساً، وهي الأكثر استخداماً في إطار مناطق واسعة المساحة. إن الانتشار المحدود للغونياتيتات Goniatites[3] خلال الباليوزوي Paleozoic الأوسط والعلوي تضع صعوبات كثيرة في مؤاقتة الثخانات الصخرية المتوافقة مع بعضها البعض، ومضاهاتها مع المقاطع النموذجية

---

(١) أوبوكا Opuka: صخر ذو بنية مسامية مجهرية مكونة من الصوان عديم الشكل (اوبال Opal) مع شوائب غضارية وهياكل مهشمة للمتعضيات (المشطورات الشعاعيات، وأشواك الاسفنجيات السيليسية) وحبيبات بلورية كوارتزية + صفاح فيها = ٩٢% Sio^2 أي ثاني أوكسيد السيليسيوم.

(٢) غرابتولايت Graptolite: أو صفّ Graptolithine التي تشكل مجموعة محددة قد تتصل بأسلاف الحبليات Chordates (Protochordates).

(٣) غونياتايت Goniatites: مجموعة من الأمونيتات.

.Stratotypes

لقد درست استراتيغرافيا الباليوجين والنيوجين بشكل أساسي على قاعدة دراسة ذوات المصراعين Bivalvia ومعديات الأرجل Gastropoda، وهو أمر يحتاج إلى إعادة نظر بشكل عام. وفي الوقت الحاضر تستخدم محاولات عديدة ناجحة إلى حدٍ بعيد لإنشاء نموذج كرونواستراتيغرافي Chronostratigraphic Standard للباليوجين والنيوجين، على أساس على للمتعضيات البلانكتونية.

وكما نرى، فإن الفاونا من النمط الأركيستراتيغرافي- تتمثل بالدرجة الأولى بفاونا بيلاجية. غير أنه، لمجموعات أركيستراتيغرافية، تستخدم كذلك المتعضيات القاعية Benthic organisms.

ولنتذكر من أجل ذلك ثلاثيات الفصوص Trilobites[1]، التي اعتمدت في تأسيس تصنيف جملة الكامبري Cambrian System، والمنخربات الكبيرة Macro foraminifera، التي تكتسي بأهمية كبرى فيما يتعلق بمسألة تصنيف Classification (بمعنى التقسيم إلى وحدات كرونواستراتيغرافية) ومضاهاة Correlation توضعات الجوراسي العلوي والكريتاسي السفلي في المنقطة الباردة Boreal[2] التي تحتوي على ذوات مصراعين من نمط *Buchia (Aucella)*، والتي ترتبط بعدد كبير من السحنات المتنوعة، وفي سنوات الثمانينيات من القرن الماضي استخدمت لانشاء الجداول النطاقية (زاخاروف، ١٩٧٧، جيليتسكي، ١٩٦٦).

غير أن استخدام المتعضيات القاعية بوجه عام من أجل الكرنواستراتيغرافية

---

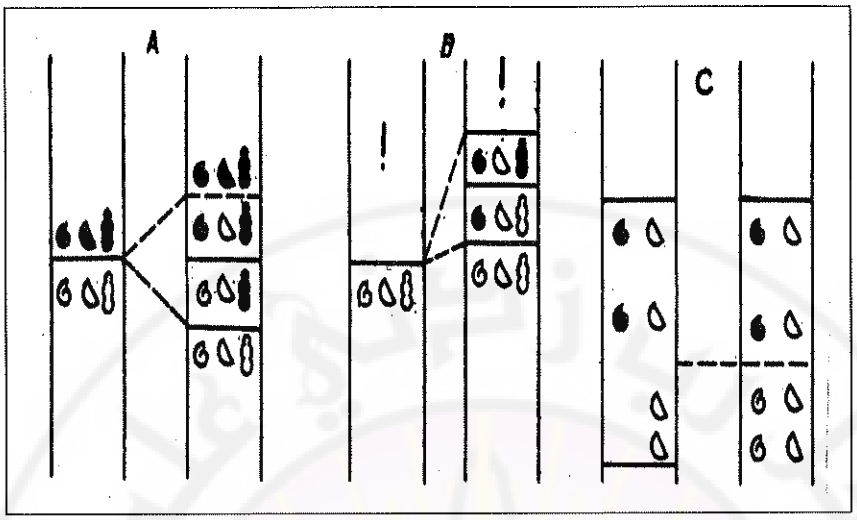
(١) ثلاثيات الفصوص Trilobite: صف من مفصليات الأرجل Arthropods عاشت خلال الباليوزوي فقط ثم انقرضت.

(٢) Boreal: خاص بالمناطق الباردة، أو الشمالية من

يواجه مصاعب جَمّة، تسببها القدرة المحدودة لهذه المتعضيات على الهجرة. وكنتيجة لعمليات المضاهاة التفصيلية، بالاعتماد على المتعضيات القاعية (البنتوز)، والتي أجريت في منطقة محددة ما، تبين صعوبة مقارنتها ومعالقتها بجدول منطقة أخرى، أنشئ على أساس الأجناس، وحتى على أساس وحدات أعلى تصنيفاً من نفس المجموعة Group. وكمثال على ذلك يمكن ذكر تنوع ثلاثيات فصوص الدور الكامبري ما بين شرق سيبيريا وشمال أمريكا.

وإنه لمن الضروري ملاحظة أن عدم تماثل سرعة تطور المجموعات الحيوانية (الفاونية) المختلفة يظهر ضرورة الاقتصار بالنسبة لكل جملة System على مجموعة من المجموعات الاركيستراتيغرافية. وتظهر هذه الحاجة بصفة ضرورة، عند إنشاء المقاييس الكرونواستراتيغرافية غير المتناقضة مع بعضها البعض. مع أنها كما سنرى لاحقاً، فإنها لا تقدم معالجة ذات قيمة واحدة للحدود بالنسبة للباحثين كافةً.

في الحقيقة، إن تطابق حدود تعاقب معقدات مختلف بمجموعات الفاونا (عبر الزمن)، وكقاعدة عامة، إما تلك التي تعلق بانقطاعات الترسيب Gap (وخاصة الخفية أو المستترة منها على الأغلب) أو بتعاقب نظيرات ظروف الترسيب بشكل حاد أو يظهر كنتيجة للاستقراءات الجريئة النادرة لعلماء البيواستراتيغرافيا، (الشكل ٥٥).



الشكل ٥٥– حالات ظاهرة لتواقت تعاقب مجموعات الأمونيتات وذوات المصراعين – والمنخربات.

A– في حالة وجود انقطاع مستتر في الترسيب ، B– في حالة تغيّر حادّ في شروط الترسيب، C– في حالة عدم توفر جمع كامل للمستحاثات.

الرموز: من اليسار– المقاطع التي تم فيها حدوث تواقت في تبدل الفاونا. من اليمين– المقاطع الأكمل، التي تسمح بكشف الأخطاء التي تمّ ارتكابها.

ومهما كان الأمر، فإن المقاطع الأكثر امتلاءً أو الأغنى بالمستحاثات أو الجمع اللاحق للمستحاثات يدحض هذا. ومن حيث المبدأ، فهو دون جدال مناسب للمطابقة الجيولوجية العملية.

إن تلك الإجراءات ترفع الوزن النوعي حتى للقى المنفردة من ممثلات الأورتوفاونا Orthofauna[1]. وهكذا على سبيل المثال، إن ملاحظة وجود النوع

---

(١) أورتوفاونا Orthofauna: فاونا تعرضت لإعادة تشكل كنتيجة للأورتوجنيز. (من اليونانية أورتوس– Ortos– مستقيم، صحيح، حقيقي) وهي تشبه معنى سابقة Meta-para وفي المعنى.

Cardioceras cordatum (sow) في لبابة حفر بئر جيولوجي، تسمح فوراً بتأكيد وجود القسم العلوي من طابق الأوكسفوردي السفلي، على الرغم من أن تلك المعطيات في حال غياب الأمونيتات في الطبقات الواقعة في أسفل المقطع وفي الطبقات الغطائية لـــه تظهر غير كافية لتعيين الحدود للنطاقات التي تحمل نفـــس الاسم. وبالإضافة إلى ذلك فإن تلك الحدود سيصبح لها أهمية كبرى لتقييم العمـــر تقييماً أولياً بالنسبة للقسم الأكبر من المقطع المدروس.

لكن أغراض علم طبقات الأرض لا يحدده فقط الكشف عن الأقسام السطحية المتواقتة ذات الانتشار الكوكبيّ. فلدى القيام بأعمال المسح الجيولوجي، وخاصـــة عمليات الاستكشاف والتنقيب، فليس أقلّ أهميةً إجراء عمليات مضاهاة للمقاطع تكون أكبر تحديداً وتفصيلاً مما تقدم.

ولحلّ مسائل مِثلَ تلك، يكون عادة للأورتوفاونا أهمية كبرى، وكـــذلك هـــو الحال بالنسبة لمجموعات المستحاثات الباراستراتيغرافية إن الحاجـــة الأساســـية إلى المستحاثات عند القيام بعمليات إقليمية ضيقة أو محدودة، يظهر ويتمثل بانتشارها كجماعات في المقاطع وفي المجالات الأفقية (في المساحةأي في المكـــان). وعنـــدما تكون الحالة، هي مجالات زمنية كبيرة أو واسعة، والتي في إطارها يحدث تـــراكمٌ للرسوبات Sedimentation، تشكل عملياً، على الأقلّ عدة ملايين من السنين، يطلب تحديد تغيرات محددة عند المجموعات التي تتميز بسرعة غير كبيرة لإيقاعهـــا التطوري. يضاف إلى ذلك، أنه عندما تتوفر مادة مستحاثية كبيرة للدراسة، يصبح ممكناً تحديد مستويات Horizon ذات أنواع مستحاثية محددة، لم يحصل أن تكرر ظهورها في الاتجاه نحو الأعلى أو الأسفل في المقطع (أي مع تغير الـــزمن قـــدماً أم تراجعاً)، والتي كل منها، وبشكل مستقل، يمتلك نطاقاً حيوياً Biozone أوسع. بناءً على أسس كهذه، تمّ تأسيس وإنشاء طرائـــق الاســـتخدام الواســـع لتلـــك

المجموعات المستحاثية، مثل المرجانيات Coralia، والبريوزوا Bryozoa، ومعديات الأرجل Bracheopoda، وذوات المصراعين Bivalvia، وخاصةً في المناطق المغلقة، المستحاثات المجهرية Microfossils: كالمنخربات والشعاعيات والأوستراكودا والمشطورات والنانوبلانكتون[1] (ستيبانوف وميسيجنيكوف، ١٩٧٩).

وبطبيعة الحال، عند استخدام الفاونا من النمط الباراستراتيغرافي، يواجه عالم الطبقات تلك المظاهر نفسها، التي هي التمييز بين سرعة إيقاع تطور المجموعات المختلفة. فعلى سبيل المثال، لدى دراسة الستراتيغرافيا التفصيلية للحجر الكلسي Limestone التابع للكربوني العلوي Upper Carboniferous ودور البرمي السفلي Lower Permian period في منطقة إيشنبايك الحاملة للنفط، انشئ لأول مرة جدولاً تصنيفاً نطاقياً بالاعتماد على المتعضيات المسماة بالفوزيلينيدات[2]. وفيما بعد، عند دراسة مجموعات أخرى من المستحاثات (المرجانيات)، البروتوزوا والبراكيوبودا) أجريت محاولات لإظهار مجموعات تلك المستحاثات Fossil Assemblages، التي تتفق مع نطاقات الفوزيلينيدات التي تمّ تحديدها سابقاً. وقد تبين عندها، أن المرجانيات، والبريوزوا والبراكيوبودا، لا يوجد فيها "مستحاثات مرشدة Key fossils" بالنسبة لنطاقات الفوزيلينيدات المستقلة عن بعضها البعض، وبالارتباط مع ذلك ظهرت تصورات حول القيمة المحدودة لتلك المجموعات بالنسبة لعلم الطبقية. إلا أنه عندما درس توزع ممثلات

---

(١) النانوبلانكتون Nanoplankton: هو العوالق المجهرية في المجمعات المادية وخاصة المحيطات والبحار.

(٢) الفوزيلينيدات Fusulinida: رتبة منخربات راقية ذات قواقع كبيرة (من Fusus مغزلي الشكل).

كلٍ من تلك المجموعات على طول المقطع بشكل مستقلّ، دون (تكيف) في إطار مخطط الفوزيلينيدات، فقد تبين أنها جميعا يمكن استخدامها بنجاح لأغراض التصنيف النطاقي بالنسبة لتوضعات الباليوزوي العلوي بمنطقة ايشمبايسك، إلا أن حجم وحدود النطاقات وفق المجموعات المختلفة لا تتطابق.

وقد ظهرت الصعوبات الآتية، بسبب عدم إمكانية الربط المباشر مع المقاطع النموذجية، -وهو أمرٌ طبيعي- إن تلك هي المسائل المتعلقة بتحديد عمر، أو تاريخ الأنواع من النمط الباراستراتيغرافي.

فغالباً ما يحدث، أن يوصف هذا النوع أو ذاك وفق عمرٍ معين، وذلك فقط على قاعدة، أنه يوصف لأول مرة من طبقات ذات انتشار استراتيغرافي ضيق. ومستقبلاً، عند اكتشاف وجود ذلك النوع في منطقة أخرى، يلجأ الستراتيغرافيون إلى محاولة تأريخه بنفس العمر، دون أن يقوموا بتحليل النطاق الحيوي لذلك النوع. وهكذا مثلاً، ظهر رأي حول إعطاء عمر (البرمي) لمجموعة مستحاثية في أحد أماكن الاتحاد السوفيتي في طبقات الأفق الكجيلي Kgelian Horizon، إلا أن ذلك يبينه وبشكل استثنائي، حقيقة أن فاونا البرمي... معروفة أكثر بما لا يقاس وهي موصوفة بالتفصيل. لذا، فإن الأنواع التي ظهرت في الكربوني العلوي والتي وصفت لأول مرة ضمن توضعات البرمي السفلي، اعتبرت برمية، بينما الأصح اعتبارها من فاونا الكربوني العلوي.

أخيراً، فإن مسألة مكان وجود الهولوتايب Holotype[1] الخاص بنوع محدد

---

[1] Holotype: هولوتايب- من اليونانية (نيوس- نموذج)، وهو نموذج يتخذ من قبل أحد الباحثين عند انشاء وصف النوع، ويشار إلى ذلك في المطبوعات المعنية بهذا النوع. ويشير المصطلح إلى نموذج type أو عينة وحيدة لنوع ما والتي تمّ اختيارها لإظهار الخصائص الرئيسية للنوع.

من المتعضيات، قد يؤدي غالباً إلى استنتاجات باليوبيوغرافية غير صحيحة! وفي الحقيقة، كثيراً ما يعتبر هذا أو ذاك من الوحدات البيولوجية- التكسونات Taxon، بأنه من منشأ غرب أوروبي، أو صيني أو وسط روسي الخ... فقط على أساس أنه تمّ وضعه لأول مرة بناءً على مادة دراسية بريطانية أو صينية أو من حوض نهر الفولغا. وبين هذه الفرضيات الوحيدة المتاحة، أو المحددة، فإن تحديد مركز ظهور هذا أو ذاك من الأجناس Genera أو الأنواع Species، يتمثل بأول ظهور له في منطقة ما Region، بالمقارنة مع المناطق الأخرى كافةً. فعلى سبيل المثال إن أمونيتات الجنس *Subdichomoceras Spath*، ظهرت في مقاطع نهر كاتشا (روسيا) وفي فرنسا، على الحدود بين الكيميريدجي المبكر والمتأخر، وفي حوض نهر الفولغا وفي الأورال- على الحدود بين الكيميريدجي الأوسط والمتأخر- وفي مناطق جبال الأورال، قرب القطبية (أي القسم الشمالي من السلسلة المذكورة المجاور للقطب الشمالي) وفي سيبيريا -فقط فترة وسط الطابق الطابق الفولجي المبكر Early Volgian. ومن الطبيعي بأن القول بالأصل الجنوبي لهذا الجنس هو قرارٌ منطقيّ، والذي يعني انتساب الجنس المذكور إلى محيط التيتيس Tethys ocean .

ولكن مع الأسف، فإن أمثلة كهذه ليست بالكثيرة. فمثلاً أمونيتات الجنس *Craspedites* Spath، اعتبر منذ القدم، أحد الأشكال المستحاثة الأكثر تمييزاً لوسط روسيا. وباختصار، فإن العثور على فاونا ما في مكان جغرافي محدد لأول مرة، لا يعني بتاتاً أن هذه الفاونا قد نشأت في المكان المشار إليه. كما أن هذا لا يسهل حلّ مسألة المكان الأصلي لنشوء هذه الفاونا. ولكن يمكن أن يساعد في ذلك شكل منطقة انتشار التاكسون، أي شكل الـ Areal. أو رقعة الانتشار Area فمثلاً الجنس *Kachpurites* Spath ثم اكتشافه ضمن مادة دراسية من

وسط روسيا. ثم كشف عن وجوده في مناطق عـدة تشـمل الأرض الجديـدة (Novaya Zemlia) وفي جبال الأورال القطبية، فإنه من المؤكـد أن الجـنس المذكور نشأ في بحار روسيا الوسطى وليس بالقرب من حدود منطقة انتشاره- أي الـ Areal.

وهكذا، فإنه عند اسـتخدام معطيـات مجموعـات المسـتحاثات Fossil Assemblages المختلفة للمتعضيات، يتوجب علينا دراسة تطور كلاً منـها في مقطع المنطقة المعنية. ولا يجب عندها محاولة الركون للمراحل الطبيعية لتطور كـل مجموعة في إطار الجداول الستراتيغرافية، التي تمّ انشاؤها بالاستناد علـى مجموعـة مستحاثية واحدة، حتى ولو كانت من النمط الأركيستراتيغرافي.

٣-٢- ٨: التصنيف البيواستراتيغرافي للمقاطع

Biosratigraphical Classification of Geological Sections

إن أهم العمليات الطبقية Statigraphic Operations تتمثـل بتصـنيف (تقسيم) المقاطع الجيولوجية، ومضاهاتها بعضها بـبعض Correlation (أي، أي مقارنة مقاطع مستقلة في إطار منطقة واحدة) وتحديد عمر التوضـعات (مقارنـة المقاطع المتباعدة عن بعضها، بما فيها تلك التي تقع في مناطق مختلفة، وذلك بطريقة المقارنة مع المقاطع النموذجية Stratotypes، أو مع التتابع النموذجي للتقسيمات الكرونواستراتيغرافية- ومثال ذلك جبل الشيخ – جبل حرمون- ٢٨١٤م فـوق سطح البحر، الذي يمثل تتابعاً نموذجياً شبه كاملٍ لتوضعات الـدور الجوراسـي النموذجية في شرقي حوض البحر المتوسط. لذا فهو يستخدم للمقارنات الإقليمية بالنسبة للجوراسي) ذات الارتباط الكبير بعضها ببعض.

وفي الحقيقة، فإن القيام بتقسيم مقطع جيولوجي مستقل مـا، يتطلـب مـن

الجيولوجي دائماً الحرص على تحديد الوحدات التي يمكن تتبعها في المقاطع الأخرى وبعبارة أخرى يمكن القول، أنه عند تصنيف (أو تقسيم) مقطع ما، تظهر عندئذٍ مشكلة المضاهاة بين المقاطع. كذلك تماماً ، غالباً ما ينطلق الجيولوجي من عمر الستراتونات التي يقوم بدراستها، وذلك عند مضاهاة، حتى المقاطع غير البعيدة عن بعضها، لحلّ مسائل تغير الثخانات وتبدل السحنات وحدوث انقطاعات الترسيب. وبنفس الوقت، يمكن ملاحظة حادثات، كحالة تقسيم مقطع جيولوجي كهدف نهائي للبحث والدراسة. وهكذا، فإن دراسة أول مقطع في منطقة جديدة أو مقطع غير مكرر، يؤدي هذا ففي واقع الأمر فقط إلى تصنيف أو تقسيم المقاطع إلى وحدات زمنية أو طبقية أو كلاهما معاً.

إن تصنيف مقاطع مستقلة بالطرائق الطبقية الحيوية Biostratgraphic Methods يتم عن طريق تحليل التوزع المستحاثي في تلك المقاطع لتكسونات مستقلة لمتعضيات نباتية وحيوانية ومجموعاتها Assemblages. وتظهر أهمية الفلورا والفاونا هنا بأنها ذات أهمية استثنائية.

ومن الطبيعي أن تظهر فوراً أسئلة مثل: أيّ التاكسونات يجب دراستها عند إجراء التحليل البيواستراتيغرافيّ؟ وليس صعباً الاقتناع بأن نطاق التاكسونات في البيواستراتيغرافيا بشكل عام، يحدده الهدف من الدراسة أو البحث. وهكذا، إذا ظهر في مقطع ما معدٌ للدراسة حجر كلسي مع اركيوسياتات[1]، ويغطيه رمال حاملة للفحم الحجري مع انطباعات النباتات مغلفات البذور

---

[1] أركيسياتات Archaeocyatha: الكأسيّات، من اليونانية (كياتوس) كأس، نمط من الحيوانات البحرية التي تعيش منفردة أو ضمن مستعمرات، لها هيكل كلسي داخلي كأسي الشكل، قرص أو صفيحي، وهي تعيش متثبتة، تعيش وتشكل الأرصفة المرجانية ظهرت فيما قبل الكمبري.

Angiospermale[1] أو النباتات الزهرية Flowering plants، فإن الجيولوجي قد يقول فوراً، بأنه هنا فوق توضعات الباليوزوي السفلي، تتوضع مع انقطاع كبير في الترسيب Hiatus، سماكة ليست تابعة لأسفل قمة الكريتاسي السفلي. ولكن العثور على السيراتيتات Ceratites (أمونيات) يحدد فوراً جملة الترياسي Triassic System، كما أن ذوات المصراعين من الجنس *Buchia* يسمح بالتأكيد، بالقول بأن الطبقة المتداخلة معها، تنتسب إلى الجوراسي العلوي أو للنيوكومي Neocomian series وهكذا دواليك.

غالباً ما تكون التحديدات الأكثر عمومية، مفيدة في أدق العمليات البحثية تفصيلاً. فمثلاً، إن ظهور طبقة رقيقة تحمل قواقع البراكيوبودا ضمن ثخانة من الحجر الكلسي الحامل للزنبقانيات البحرية Crinoidale[2]، سيلاحظها كل جيولوجيّ، إذ أنه يغض النظر عن التركيب التصنيفي للبراكيوبودا لهذه الطبقة الرقيقة، فإنها يمكن متابعتها ضمن مساحة محددة بصورة طبقة مُعلِّمة Marker bed أو طبقة مفتاحية Key bed.

وبصورة عامة، فإن الأمثلة المذكورة تُظْهِرُ، أنه كلما كان المجال الطبقي أضيق، كلما كان عدد التكسونات (أي الوحدات البيولوجية من شتى الدرجات) من أجل تحديده أقلّ عددً. علماً بأنه لا توجد علاقة مباشرة بين درجة التكسون مستواه التصنيفي وبين الدرجة التصنيفية للستراتونات.

---

(1) Angiospermal: وهو لفظ لاتيني يعني النباتات مغلفات البذور، يقابله باللغة الإنكليزية Angiosper.

(2) زنابق البحر Sea Lilies =Crinoidae: صفّ كثيرات خلايا حيوانية قاعية أو رصفية ذات هياكل تعيش في الأوساط البحرية، وهي كائنات شبيهة بالنباتات شكلاً. يحتوي الهيكل على صفائح صغيرة كلسية(الجزع).

عل سبيل المثال، إن نطاقات الأمونايت الجوراسية تمّ تحديدها بواسطة الأنواع، وبدرجة أقل باستخدام تحت الأجناس [لأن الجنس *Quenstedtoceras (pavloviceras)* يتوزع وينتشر فقط في القسم السفلي من نطاق mariaie في قاعدة الطابق الأوكسفوردي Oxfordian stage. وتحت الجنس subgenera (Goliathiceras s.s.)- في نطاق Cordatum من الأوكسفوردي السفلي] أو بواسطة الأجناس Genera (مثلاً الجنس *Virgatites* في نطاق فولجسكي السفلي المسمى Vergtus والجنس *Pectinatites* في نطاق Pectinatites وقس على ذلك).

وبشكل استثنائي، استخدم من أجل تحديد النطاقات، تحت عائلات- Sub families الأمونايت (مثلاً Acanthopleuroceratinae في نطاق Jamesoui من طابق البلينسباخي السفلي Lower Pliensbachian من الجوراسي السفلي، أي اللياس Lias). إن تلك التاكسونات نفسها، بما فيها العوائل Families، تستطيع أن تكون هامة من أجل تحديد تحت الطوابق Substages والطوابق Stages (باستثناء الأنواع). إن الجيولوجي المعاصر، وكقاعدة عامة، يجب أن يكون ذا صلة ومعرفة تامة وتفصيلية بالتقسيمات وبمضاهاة المقاطع الجيولوجية. وكقاعدة عامة، فإن مسائل كهذه تُحلُّ باستخدام التاكسونات على مستوى الأنواع Species[1].

ندرس الآن الحالات المتنوعة لتوزع مجموعة من الأنواع في المقطع، وتأثير ذلك على التصنيف البيواستراتيغرافي. إن أبسط نموذج Model يظهر في تعاقب

---

[1] النوع Species= مجموعة من الحيوانات أو النباتات لها صفات مشتركة تميزها عن الأنواع الأخرى، وتشكل تلك الخصائص الحدود البيولوجية بين نوعٍ وآخر من نبات وحيوان. والنوع هو الوحدة الحيوية (Biological unit) الأساسية في التصنيف Classification.

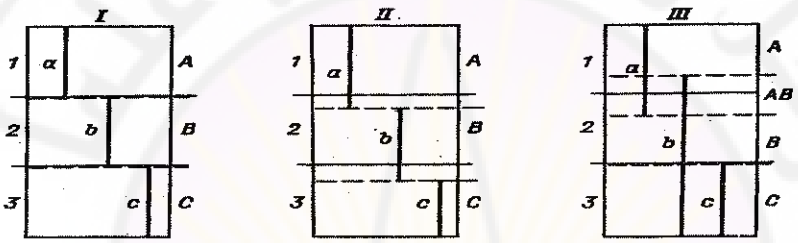
الطبقات، التي كل واحدة منها تتميز بتكسونات نوعية خاصة. (الشكل ٥٦، I)، وفي هذه الحالة يتم في المقطع، تحديد التقسيمات البيواستراتيغرافية A و B و C بالاعتماد على الأنواع A و B و C. حيث الحدود بين التقسيمات المشار إليها تتطابق مع حدود الطبقات Bed أو الحزم. وكما سنرى لاحقاً، فإن تحليل التكسونات في عدد من الحالات يمكن أن يقدم معلومات هامة حول صفات تلك الحدود (وجود انقطاعات الترسيب، أو عدم وجودها) وحول كمال المقطع بوجه الإجمال. إن مجال توزع التكسونات في المقطع قد لا يتطابق مع القطاعات الليثولوجية أو الصخرية أو الرسوبية، وفي حالة كهذه سيتم تحديد وحدات ليثولوجية وبيواستراتيغرافية مختلفة الحجوم (الشكل٥٦،II) ولكن يحدث غالباً، أن تتطابق مجالات توزع أنواع مستحاثية مختلفة في المقطع مع بعضها البعض. وفي تلك الحالات تحدد الوحدات البيواستراتيغرافية، ليس بالاستناد إلى نوعٍ واحد فقط، بل بالاعتماد على تواجد عددٍ من الأنواع مع بعضها البعض. وفي (الشكل ٥٦، III) يظهر أن التداخل الجزئي للمجالات الستراتيغرافية لثلاثة أنواع مستحاثة، يسمح بتحديد، ليس فقط ثلاثة بيواستراتونات[1] في المقطع، بل أربع، وهي: C، والتي يصادف فيه الأنواع c و b و B، ويصادف فيه النوع b فقط و AB وفيه الأنواع a و b، وأخيراً البيواستراتون A ويميزه وجود النوع a فقط.

وكقاعدة عامة، فإن المجموعات المستحاثية الهامة الممثلة في المقاطع الجيولوجية بعدد كبير من الأنواع، تُمَكّنُ من تقسيم المقطع بتفصيل كبيرة بتواجدها مع بعضها البعض، وبتداخلها مع بعضها ضمن مجالات وأجزاء المقطع المختلفة. إلا أنه من المنطقي، أن كافة التقسيمات البيواستراتيغرافية التفصيلية، يجب تأسيسها على

---

(١) Biostraton: وحدة تصنيفية استراتيغرافية يعتمد تحديدها على المحتوى المستحاثي للتوضعات الرسوبية.

مجالات محددة بدقة كبيرة، من حيث توزع الأنواع التي تتم مصادفتها في المقطع بأجزائه المختلفة. وأثناء ذلك، فإن تحديد تلك المجالات Intervals يظهر كمسألة ليست بالسهلة أبداً، وخاصة في الحالات التي يتم فيها تحليل أجسام باليونتولوجية ضخمة نسبياً. ولننتقل مباشرة إلى مثالٍ مدرسي وتعليميّ، يرتبط بدراسة أحد مستويات الكريتاسي السفلي في منطقة (ريازان) الروسية



شكل ٥٦: أبسط أنواع الحالات ٥٦، b، c، في المقاطع.

I–المجالات الطبقية للأنواع تتوافق مع حدود الطبقات. II– المجالات الطبقية للأنواع لا تتوافق مع حدود الطبقات . III– المجالات الطبقية للأنواع تتجاوز الحدود . ١–٣– أرقام الطبقات. A، B، C– رموز التقسيمات البيوستراتيغرافية.

في العام ١٩٧٦، وفي مقطع على نهر أوكا بموقع شفكينو، تمّ اكتشاف أن الطبقة السفلية من الرمال التي سماكتها ٣.٠ م يمكن تقسيمها إلى مستويين: سفلي (٢.٠م) والذي صُودِف فيه أمونيتات تتمثل بالمستحاثتين: *Riasanites* و *Euthymiceras* ، والمستوى العلوي (١.٠م)، الذي وجد فيه بالإضافة إلى المستحاثتين سابقتي الذكر، مستحاثة أخرى هي Surites. ودون أخذ السماكة الضئيلة لهذه المستويات بعين الاعتبار، فإن هذه النتيجة تتطابق بشكل جيد وتتفق مع المعطيات المستمدة من الطبقات الواقعة أكثر نحو الأسفل في أفق ريازان

Ryazanskii Horizon، الذي يتمتع بأهمية بالغة، لأنه يؤكد الفهم التقليدي حول ظهور مستحاثة النوع *Riasanites* قبل ظهور النوع Surites.

بعد سنة من تلك الدراسة للمقطع، تبيّن من تنظيف خمسة أمتار إضافية، بالمقارنة مع المقطع المنظف في العام ١٩٧٦، أن سماكة الرمال Sands السفلية تصل إلى ٠.١٨ م وأن مستحاثات الـ Surites تظهر فوراً في قاعدة تلك الرمال. ومع أخذ التغير الاستثنائي للطبقات في الأفق المدروس، يمكن افتراض أنه في عمليات التنظيف للعام ١٩٧٧، تمّ فقط الكشف عن القسم العلوي من الرمال، والتي زادت ثخانتها قليلاً في هذا الموقع. ويمكن على أسس متعادلة التأكيد بأن مستحاثات الـ Surites لم يتم الكشف عن تواجدها خلال العام ١٩٧٦، وأن كلا عمليتي التنظيف كشفت مقطعين متعادلين من حيث احتواؤهما على المستحاثات.

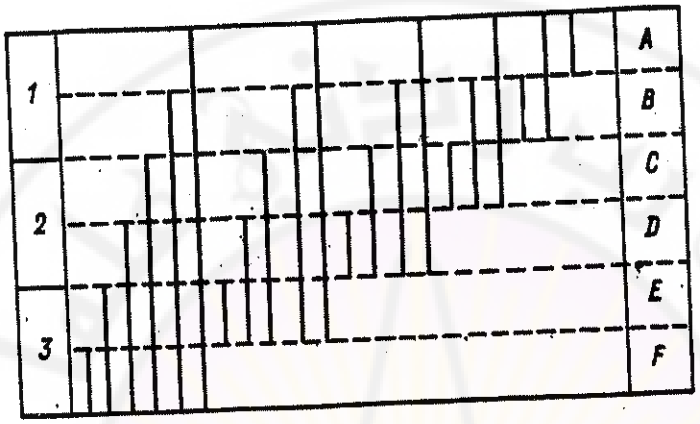
كما رأينا من المثال السابق، فإن المجال الطبقي الحقيقي لمستحاثة (سوريتيس) في مقطع قرية شفكينو، لا يمكن ببساطة اكتشافه. ولا يجب الاعتقاد أن هذه المسألة ظهرت فقط بسبب العمل على طبقات تعويضية Compensating. حيث في المقاطع الثخينة للطابق الكيميريدجي في المناطق الشمالية الباردة Boreal ينتشر بكثرة الجنس *Amoeboceras (Amoebites) kitchini* (Salf). وأن هذا النوع يعدّ من أهم المستحاثات المميزة للكيميريدجي السفلي، وعموماً لسلسلة من المقاطع، بما فيها في شمال شرق غرينلندة وفي شرق تايمير[1]، حيث بظهوره الأول First Appearance (FAD) واختفائه Last appearance (LAD) تمّ تعيين الحدود السفلية والعلوية لهذا لتحت الطابق Substage المذكور.

في مطلع الستينيات لوحظ وجود مستحاثات *A. kitchini* في بريطانيا وفي

---

[1] تايمير – سلسلة جبال تايمير (الشرقية).

حوض نهر خاتانغا (تايمير الجنوبية)، في القسم السفلي من الكيميريدجي العلـــوي (نطاق Mutabilis)، ومؤخراً في شرقي غرينلندة، حيث تم العثور عليه في نطاق ايودوكسوس eudoxus Zone الأعلى مستوىً ضمن المقطع.



الشكل ٥٧– تقسيمات المقطع وفق المعقدات المستحاثية. حيث كل وحدة ليتولوجيـــة أو طبقية تتميز بأنواع محددة بعضها قليل التوزع أو غريزة. الرموز: ١–٣– أرقام الطبقات A– F– رموز التقسيمات البيواستراتيغرفية(عن ستيبانوف وميسيجنيكوف، ١٩٧٩).

إن دراسة أعداد كبيرة من الامثلة تؤكد بأن تحديد المجـــال الســـتراتيغرافي الحقيقي للنوع في مقطعٍ محدد، غالباً ما ترافقه صعوبات كبرى. وأحياناً، كمـــا رأينا في المثال السابق، يكون ذلك غير ممكن عملياً، بسبب نقص السجلّ الصخري أو المستحاثي. لذا، عند تقسيم المقطع الجيولوجي ودراسته بيواســـتراتيغرافياً، أي، عند رسم الحـــدود الجيولوجيـــة Geological Boundary بـــين الوحـــدات البيواستراتيغرافية، من المفضل تحديد مستويات مميزة، يتمّ اختيارها، هي مستويات تَحكُّمْ ومقارنة، بهدف تحديد ظهور أو اختفاء، ليس تاكسوناً واحداً فقـــط، بـــل عدد من التاكسونات (شكل ٥٧).

غالباً ما تدور نقاشات في الأدبيات الجيولوجية بخصوص، ما الذي يجب تفضيله من خيارات ممكنة في منهج البحث، عند معالجة مسألة تحديد وتعيين الحدود البيواستراتيغرافية: هل هو ظهور (FAD)[1] أم اختفاء (LAD)[2] التاكسونات المختلفة. وعلى ما يظهر، فإن هذه الصيغة للسؤال ليست متساوية القيمة. إذ أن اختفاء تكسونٍ ما في مقاطع جيولوجية محددة، يمكن أن يتوافق مع لحظة موته، وقد يكون من جهة أخرى، مرتبط بالدورات الحتية Erosin أو دورات التعرية Wethering أو بظهوره في مقاطع ذات سحنات Facies، لا تعيش فيها هذه الأشكال المستحاثة. أو أنها ببساطة لم تحفظ في تلك المقاطع أو تلك السحنات المحددة، بسبب عدم توفر شروط الحفظ المناسبة أو الضرورية. وأخيراً بسبب النقص في جمع المستحاثات ذات الصلة بموضوع الدراسة البيواستراتيغرافية، بشكل متساوٍ في قيمته. إن ظهور تكسون محدد في مقطع ما، قد يتوافق مع لحظة ظهوره لأول مرة، وقد يرتبط بطرائق الهجرة Immigration أو سرعتها، وكذلك قد يعزى للأسباب المذكورة سابقاً كافة. لذا فإن الحدود التي يتمّ تعيينها بالاستناد إلى ظهور (FAD) أو اختفاء (LAD) التاكسونات، يكون لها بشكل عام نفس القوة العلمية وذات القيمة من الوجهة البيواستراتيغرافية (ستيبانوف وميسيجنيكوف، ١٩٧٩).

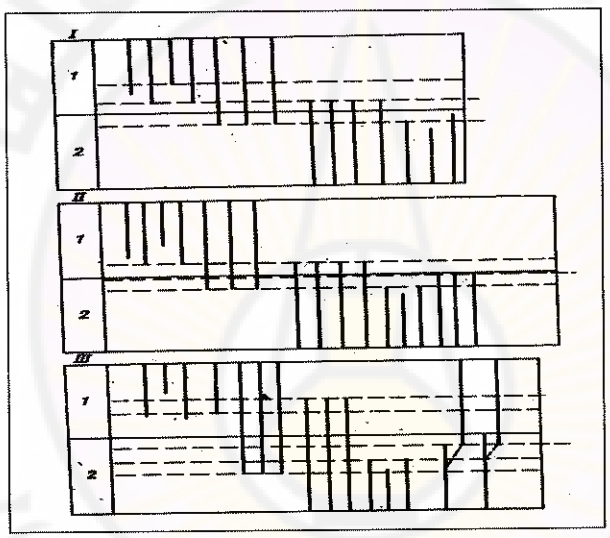
في الشكل ٥٨- I يظهر أن المستوى الأوسط، تمّ تحديده بواسطة أربعة تكسونات آلت إلى الاختفاء، أما المستوى السفلي، فحدد بالاعتماد على ثلاثة

---

(١) (FAD): First Appearance Difinition، وهو تحديد أول ظهور للمستحاثات في المقطع الجيولوجي.

(٢) (LAD): Last Appearance Difinition، وهو تحديد آخر ظهور للمستحاثات في المقطع الجيولوجي.

تكسونات ظهرت فجأة، وهي متساوية بشكل مبدئي غير أنها قوية بشكل ظـــاهر مقابل المستوى العلوي، الذي اعتمد تحديده فقط على ظهور نوع واحد. غير أنـــه في التطبيق الجيولوجي قد تمنح الأفضلية للمستويات الأقلّ تناقضاً في هذه الحالـــة، عندما يتطابق ذلك المستوى مع حدود الطبقات Beds أو الحُزَم (الشـــكل ٥٨-II). إن تحليل العلاقات المتبادلة بين التكسونات مجال النظر قد يكمل بشكل كبير ويساعد في تدقيق التقسيمات الشكلية إلى درجة ما.



الشكل ٥٨- الاحتمالات المختلفة لرسم الحدود بين الوحدات البيواستراتيغرافية بناءً على المعقدات المستحاثية النباتية أو الحيوانية. إلى اليمين خارج الإطار، أشير إلى المستويات المميزة.

فإذا ما تبين ضمن عدد من المستويات المحتملة مستوى ما، تظهر عنده أنـــواع، تملك صلة مباشرة بأنواع الوحدات البيواســـتراتيغرافية Biostraton الواقعـــة إلى الأسفل في المقطع، فإن ذلك المستوى، ودون أي نقاش أو جدال، يحتـــل وضـــعاً تفضيلياً على المستويات الأخرى كافةً، بصرف النظر عـــن وضـــعه في المقطـــع

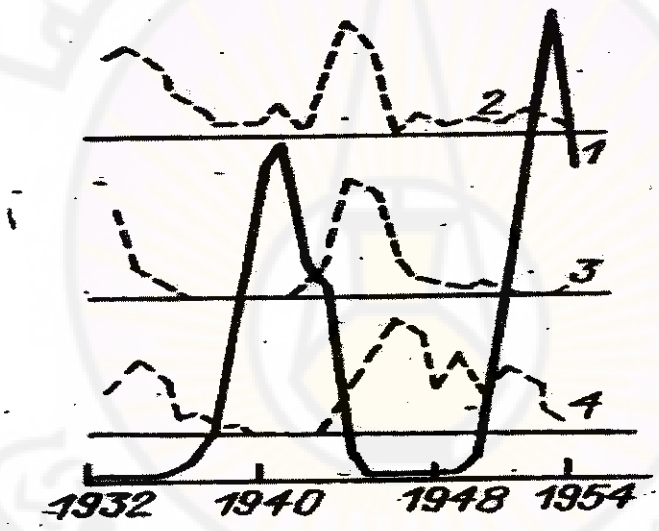
(شكل٥٨- II) طالما أنه في إطار حوض ترسيبي واحد، فإن التعاقب التطوري (أي التعاقب الناتج عن تطور التاكسونات عبر الزمن ووفق قوانين التطـــور) للأنـــواع يحصل عملياً في وقت واحد، وبالتالي، فإن الحدود التي يتمّ تحديدها بناء على هـــذا التعاقب التطوري، يعدّ متواقتاً بشكل إجباريّ حتميّ.

لقد جرى الحديث في النماذج التي ناقشناها كافـــةً حـــول مجـــالات تـــوزع التكسونات في المقطع وطرائق توضيبها. غير أن عدد التكسونات يتمتـــع بأهميـــة خاصة محددة، وكذلك تغيّر كمية الأفراد التابعة للأنواع والأجناس في المقطع. وفي واقع الأمر، غالباً ما يلاحظ في المقطـــع تقلبـــات وتذبـــذبات هامـــة في تعـــداد التكسونات، بحيث يكون لها غالباً ايقاعاتٌ منتظمة مميزة: **مثلاً، يكون عدد أفراد النوع في البداية غير كبير نسبياً، ثم يزداد بالتدريج، حتى يصل إلى قمة معينـــة، ثم يتناقص بشكل فجائي لغاية الاختفاء التام من المقطع. ولـــدى الانتقـــال إلى التسكونات من مرتبة الأجناس، يلاحظ أنه عند ظهور الجنس يكون ممثلاً بعدد قليل من الأنواع، ثم يزداد عدها، ثم يتناقص فجأة.**

هناك بشكل خاص الكثير من الأمثلة، المماثلة حول تـــوزع المســـتحاثات في المقاطع الجيولوجية، والتي أعطت صورة عن دراسة منخربات الباليوزوي (راوزر- تشورناأوســـوف د. م. ، ١٩٤٠، ١٩٤٨، ١٩٥٥، ريتلنغـــر ي. أ.، ١٩٦٩، ١٩٧٠، بين و.أ. ، ١٩٧٣، سولوفيوف ن. م. ، ١٩٧٢). وبشـــكل خـــاص، نطاقات أجناس المنخربات الخاصة بالباليوزوي العلوي، التي تمّ تحديدها في عدد من الحالات، خاصة بالاستناد إلى لحظة ازدهار الأجناس المعنية.

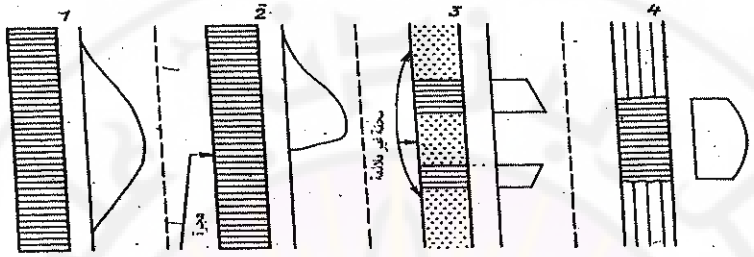
بالإضافة إلى ذلك، فإنه خاصة عند النظر إلى التكسونات النوعية (المكونة مـــن أنواع) المحددة أو المفتاحية من الوجهة الستراتيغرافية، يجب الأخذ بعـــين الاعتبـــار تأثير العديد من العوامل الحيوية والجيولوجية، التي يمكن أن تُغيّر بشكل ملموس مثل

تلك العلاقات. وقبل كل شيء، تجب ملاحظة تقلب حجم المجتمعات أو التجمعات، تبعاً للعوامل غير الحيوية Abiotic Factors وكذلك وتبعاً للعلاقات مع المجموعات الحية Biotic groups الأخرى. وهكذا فإن تعداد (غزارة) الأرانب تناقصت بشدة بالنسبة لعدد الحيوانات الكاسرة المفترسة. بحيث أن التذبذبات بلغت ٣٠٠- ٤٠٠ % (الشكل ٥٩). إن العلاقة الغذائية تتمثل بواحد من أهم العوامل، التي تنظم عدد المجتمعات الحيوانية البرية Wild animals، والتي قد يخبئ تأثيرها كلياً التوجهات التطورية للأفراد والجماعات الحية.



الشكل ٥٩ – العلاقة بين تعداد الوحوش الضارية وضحاياها في البيئات الحيوية للقسم الأوروبي من الاتحاد السوفيتي السابق (عن تيموفيف- ريسوفسكي ن.ف. ويابلاكوف لأ. ف، وغلوتوف ن. ف، ١٩٧٣). ١-أرنب، ٢- وشق (هرّ بري، وهو وحش مفترس ويعيش حالياً في البادية السورية أو كان)، ٣- ثعلب، ٤- ذئب.

إن المفاهيم السابقة جميعاً ذات صلة بالأنواع التي ترد ضمن الحوض المـدروس خلال حلقات تطورها. ولكن النوع الذي يمرُّ في حالة تشكل وهاجر من حـوض آخر، فإن ديناميكية تعداد أفراد مجتمعه تظهر على نحوٍ آخر (شكل ٦٠).



الشكل ٦٠- توزع مثالي لأعداد النوع في المقطع (١)، وتأثير الهجرة على ذلك التوزع(٢)، التغيرات السحنية(٣)، دورات حتية(٤). إلى يمين الأعمدة الليثولوجية- يظهر الخط البياني لتوزع تعداد المجتمعات community (المجموعات).

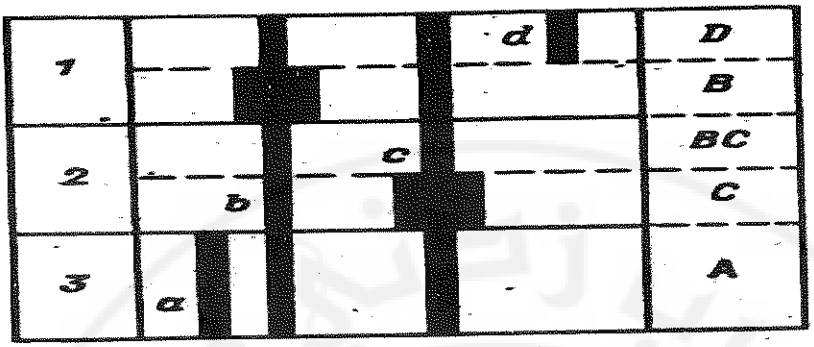
وفي النهاية، فإن تاريخ تطور حوض الترسيب نفسـه، وخصـائص تعاقـب المجموعات الجنسية في مواطن عيشها Biotope[1]، المحفوظة ضمن السـحنات، وكمال المقاطع وتمامها، تظهر في بعض الأحيان كمـؤثرات ومحـددات للعـدد الإجمالي للنوع ضمن المادة المستحاثة. لذا فإن تحديـد أي وحـدة أو تقسـيمة Subdivision كرونواستراتيغرافية يمكن تتبع انتشارها بشكل واسع، على أسس تعداد التاكسونات، دون تحليل أوليّ لتاريخ تلك التكسونات[2]، لا يمكن أن يكون

---

(١) بيوتوب: Biotop (-bio+ Topos أي مكان أو موطن، من اليونانية) هو الموطن المتوازن بيئياً بالنسبة للأحياء.

(٢) تاكسون Taxon: الوحدة التصنيفية من أي مرتبة كانت (نوع- جنس- رتبة الخ). وعلم التصنيف هو Taxonomy، من الفرنسية ويقابله بالإنكليزية science of classification، أي علم تصنيف النباتات والحيوانات.

ناجحاً.

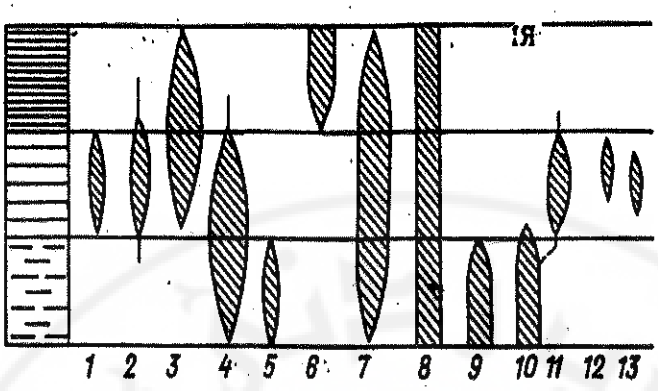


الشكل ٦١- تصنيف المقطع بناءً على عدد التاكسونات التي تتم مصادفتها d-a. إن ثخانة الأعمدة السوداء تتفق مع عدد التاكسونات التي يتمّ العثور عليها ضمن طبقات المقطع. الرموز: ١- ٣ - أرقام الطبقات؛ D-A- رموز الوحدات البيواستراتيغرفية. وليس صعباً التأكد من أن الستراتونات C-B بالتفصيل تعتمد على الحدود العليا لعدد الأنواع التي يُعثر عليها. (عن ستيبانوف وميسجنيكوف، ١٩٧٩).

ولكن لمضاهاة المقاطع القريبة من بعضها البعض، فإن تغير عدد الأنواع يقدم مادة جيدة جداً، تسمح بالوصول إلى تفاصيل كبيرة. ومن اجل ذلك يحتمل القيام بتحديد طبقات مميزة، تعتمد على الأنواع، ذات المجالات الستراتيغرافية العريضة بشكل ملحوظ (الشكل ٦١).

- بهذا الشكل، فإن تقسيم المقاطع يتم على أسس توزع تكسونات محددة من المتعضيات القديمة أي الأركيستراتيغرافية في تلك المقاطع. وإن الأنماط المحتملة الأساسية لتوزع تلك السلاسل هو من النمط التالي. (الشكل ٦٢).

إن التوزع المختلف لهذه الأشكال المستحاثة يمكن أن يساعدنا في تحديد البيواستراتونات مع حدودها المختلفة. وإن بالحدود المفضلة بينها تتمثل بالحدود التطورية، وتلك التي تمّ تحديدها بناءً على عدد كبير من التاكسونات أو تلك التي تتطابق مع التقسيمات الليثولوجية.



الشكل ٦٢- الحالات المختلفة لتوزع المتعضيات القديمة في المقطع (عن نيكولوف ت. ١٩٧٧، مع تغييرات وإضافات وفق ستيبانوف وميسيجنيكوف ١٩٧٩).

١- أشكال ذات مجال توزع يشمل مجالاً كاملاً من التقسيمات الكبرى وعددها (7) أو التفصيلية (1, 5).

٢- أشكال تنتشر في جزء من أحد الوحدات البيواستراتيغرافية وعددها (13) والتي جرى تمييز أحد حدودها(٣، ٦، ٩، ١٢).

٣- أشكال بلغت أكبر ازدهار (انتشار) لها، في إطار الستراتون المدروس (2, 4).

٤- أشكال متقاربة عرقياً وذات مجالات وتوزع، متداخلة جزئياً أو متعاقبة ، يحل أحدها تطورياً مكان الآخر في المقطع (10, 11).

٥- أشكال انتقالية (8).

عند تقسيم المقطع بالاستناد إلى المعطيات المستحاثية، فإنه من الضروري تحليل المعقدات Complex المميزة لتحديد خصائص ظهورها، ودرجات الروابط التي تربطها مع السحنات وأسباب تغيراتها في المقطع، طالما أن تلك المعطيات تستخدم بشكل خاص لأغراض بيواستراتيغرافية وتحمل معلومات جيولوجية عامة كبيرة الأهمية.

٣-٢-٩ : المضاهاة البيواستراتيغرافية Stratigraphic Correlation:

نشرح فيما يلي بعض خصائص عملية المضاهاة البيواستراتيغرافية في علم الطبقية

لعلماء أمريكا الشمالية:

إن فكرة المضاهاة في علم طبقات الأرض شيء أساسيّ. ويبدو الأمر دون عملية المضاهاة Correlation، أن الستراتيغرافيا ستفتقر إلى تركيب Synthesis المفاهيم المرتبطة بالرسوبيات المتطبقة المفصولة جغرافياً عن بعضها البعض. أو إذا ما عجز عالم الطبقات عن إجراء المضاهاة بين الوحدات الطبقية في المقاطع الليثولوجية أو الليتواستراتيغرافية، فإن علم الستراتيغرافيا بصفته نظاماً علمياً Scientific discipline يمكن أن يقتصر على شيء أكثر قليلاً، فقط من الوصف لعدد لا يعدّ ولا يحصى من الأجسام الصخرية التي تحمل قليلاً أو لا تحمل علاقات ظاهرة بين بعضها البعض. وبالإضافة إلى الأهمية البالغة التي تمثلها عملية المضاهاة بالنسبة لعلم الستراتيغرافيا، فإن المعنى الدقيق للمضاهاة، كما هو مستخدم في علم طبقات الأرض، هو معنىً ملتبس أو غامض ومفتوح على الشكّ والنقاش. ومع بعض التحفظ، فإن الطريقة التي يتعامل بها بعض المؤلفين مع مفهوم المضاهاة، قد يكون دليلاً على خلاصة فلسفة المؤلف الأساسية في مجال السيتراتيغرافيا (Schoch, 1989).

إن الدليل الستراتيغرافي الدولي International Stratigraphic Guide (Hedberg, 1976, P.14) ينصّ على أنه "لكي تُضاهي، بالمفهوم الطبقيّ (in a statigraphic sense)، هو أن تُظهر العلاقة في الخصائص وفي الوضع الطبقي". إن الدليل المذكور لا يحدد ولا يخصص بدقة نوع الكيانات التي يجب مضاهاتها أو التي يجب مضاهاتها أو التي يفترض أنها الوحدات الطبقية وعدم التوافقات Unconformities أو النقاط عديمة الأبعاد ضمن الأجسام الصخرية ببساطة، والتي يمكن مضاهاة بعضها ببعض.

إن الشيفرة الطبقية لشمال أمريكا " The north American

stratigraphic code" (NACSN، 1983، ص ٨٥١) تنص على أن **"المضاهاة هي عملية عرض وإيضاح للعلاقة بين أجزاء من وحدة جيولوجية منفصلة عن بعضها جغرافياً... تستخدم المضاهاة في الشيفرة كوسيلة عرض للعلاقة بين وحدتين جيولوجيتين، كلاهما تتمتع ببعض الخصائص المشتركة، [وببعض] الأوضاع الطبقية النسبية"**. يجب هنا ملاحظة أن الوحدات الطبقية، إما أن تكون شكلية Formal أو غير شكلية Informal، والتي تبعاً للشيفرة الطبقية Stratigraphic Code تقبل المضاهاة مع بعضها البعض. وإذا ما أخذنا الشيفرة بقيمتها الكاملة، مع عدم اعتبار عدم التوافقات، والمستويات وهكذا دواليك، على أنها وحدات استراتيغرافية، تلك الكيانات التي لا يقال أنها تضاهي مع بعضها البعض (أي لا تقبل المضاهاة مع بعضها)، على الرغم من أنها ذات صلة أكيدة بالوحدات الستراتيغرافية، فيمكن أن تستخدم في إنجاز عمليات المضاهاة. وليس واضحاً من الاقتباس المذكور أعلاه، إذا ما كانت الشيفرة تقصد أو تعني التفريق بين أجزاء الوحدة الطبقية ذاتها، في أن تكون قابلة للمضاهاة مع بعضها البعض، أو أنها تعني أن المضاهاة تَهْدُفُ إلى الإشارة بشكل أوليّ إلى إنجاز أو إنشاء Establishment بعض أشكال العلاقة بين الوحدات الجيولوجية المختلفة (كما هو الحال بين التشكيلات المسماة شكلياً Formally Named Formations في أحواض ترسيب مختلفة).

وبالإضافة إلى ما تقدم، فإن الشيفرة تنصّ على أن "مصطلح مضاهاة Correlation، قد أسيء استخدامه غالباً، للتعبير عن فكرة أن الوحدة Unit قد تمّ تحديدها أو التحقق منها". وهذه المقولة الأخيرة يمكن فهمها على أنها تتضمن أنه عندما يتم التحقق من أن أجزاء منفصلة عن بعضها جغرافياً من نفس الوحدة الطبقية Stratiraphic Unit [مثلاً، التشكلية] على أنها تنتسب إلى نفس

الوحدة، فإن، هذا لا يعدّ مضاهاةً، كما أن الكود (انظر أعلاه) يحدد كذلك المضاهاة بأنها "**عرضُ وإظهارُ العلاقات في الوضع الطبقي بين أجزاء مفصولة جغرافياً عن بعضها البعض وتنتسب إلى وحدة استراتيغرافية واحدةً**. وعملياً، يستخدم العديد من الجيولوجيين مصطلح "مضاهاة Correlation" ببساطة، من أجل الإشارة إلى أي علاقات أو تماثل بين الوحدات الستراتيغرافية أو المظاهر الطبقية (مستويات، نقاط ضمن الصخور، وهكذا..) فيما إذا ما كان المقصود هو نفس الوحدة الستراتيغرافية أم وحدات مختلفة عن بعضها البعض.

بعدعرض التعريف والتحديد الأساسي لمفهوم المضاهاة، فإن كلا الشيفرة Code والدليل Guide يعملان على القول بأن هناك أنماط مختلفة في المضاهاة، إستناداً إلى الخصائص، والمظاهر والصفات التي يتم استخدامها، أو التي تطبق في عملية المضاهاة. وهناك ثلاثة أمثلة رئيسة لنماذج المضاهاة والتي تضمنها الدليل الأمريكي المشار إليه سابقاً، وهي على النحو التالي:

١-**المضاهاة الصخرية** Lithocorrelation، وتعتمد على التشابه أو تماثل الروابط الليثولوجية أو تطابق الأوضاع الترسيبية الطبقية Lithostratigraphic.

٢- **المضاهاة الحيوية الطبقية** Biocorrelation، وتعتمد على التشابه أو التطابق من حيث المحتوى المستحاثي Paleontologic والوضع البيواستراتيغرافي Biostratigraphic.

٣- **المضاهاة الزمنية الطبقية** Chrono stratigraphic correlation أو Temporal correlation أي Chronocorrelation أو ما يسمى بـ chronotaxis (Harland, 1978)، وتعتمد هذه على التطابق في العمر Age أو التأريخ Dating والوضع الزمني الطبقي Chronostratigraphic position.

ليس بين الستراتيغرافيين اتفاقٌ عالميٌ، حول فرضية عريضة عن المضاهاة، تتضمن بنوداً عديدة، وأفكاراً متنوعة. وهذا صحيح فيما يتعلق بالأدبيات الستراتيغرافية الأقدم. وإن عدم الاتفاق حول نقاط محددة في مسألة المضاهاة تبقى في أيامنا، ويعبر عنها استخدام مصطلحات متنوعة ومختلفة. وإن وجود هذه الأفكار غير المتفقة تعبر عن عدم الاتفاق نظرياً حول المضاهاة الصخرية والمضاهاة الزمنية.

إن أحد الأمثلة القليلة التي جاءت معبرة عن فكرة المضاهاة هو القول بأن: "**المضاهاة الستراتيغرافية هي عرض تكافؤ الوحدات الستراتيغرافية**" (كريمبيان وسلوس، ١٩٦٣). وفي تعبير لشو (Shaw B.R. , 1982): "**إن عملية المضاهاة هي تحديد العلاقات الهندسية بين الصخور والمستحاثات أو تتابعات المعطيات الجيولوجية من أجل التفسير والمكتمنات في النماذج السحنية، وإعادة البناء الباليوجغرافي، أو النماذج البنيوية**".

آ- براهين المضاهاة وطرائقها Evidence and Methods of Correlation:

إن عمليات المضاهاة كافةً، ستظهر في النتيجة على أنها مؤسسة على التماثل أو التحقق من الميزات أو الخصائص (Schoch, 1989). والميزة الأولى هي تشابه المحتوى المستحاثي الذي يتمّ استخدامه في المضاهاة البيواستراتيغرافية. والتشابه أو التحقق من الروابط والخصائص الليثولوجية والنسب المستخدمة في المضاهاة الليثولوجية، و التشابه أو التماثل والتحققات المتبادلة في التتابعات الزمنية (أي الزمن المجرّد Abstrac time الذي يستخدم في المضاهاة الزمنية Chronocorrelation.

وعلى أي حال، هناك فروق أساسية وتضمينات بين أوجه النشاط المتعددة التي

تصنف الآن في مجموعات تحت عنوان عريض هو المضاهاة. فالمضاهاة الليثواستراتيغرافية بالتحديد- تشمل بشكل مبدئي المضاهاة بين أجزاء مفصولة عن بعضها البعض جغرافياً، لوحدة ليتواستراتيغرافية محددة. ويمكن افتراض مثل تلك المضاهاة عملياً، على قاعدة التشابهات الليثولوجية بين الصخور المتكشفة والمرئية في مواقع مفصولة عن بعضها البعض، حيث تشير المضاهاة الليثولوجية إلى أنه كان هناك استمراراً فيزيائياً (أو كان هذا متحققاً في يوم ما) من الصخور من موقع تكشف إلى موقع تكشف آخر. ومعنى هذا، أي المقصود هو أي تكشفات منفصلة الآن عن بعضها البعض، لكنها كانت تشكل في الماضي، أو تنتسب إلى وحدة ليتواستراتيغرافية قابلة للمضاهاة بعضها مع البعض الآخر. والتي شكلت في وقت ما جسماً جيولوجياً مستمراً من الصخور دون أي انقطاع.

قد تكتسب الصخور المحفوظة استمراراً تحت السطح، كما يمكن تتبعها في الآبار القريبة من بعضها البعض أو في الحفر أو قد تمتلك استمرارية على السطح، ويمكن لعالم الستراتيغرافيا أن يتتبع بسهولة وبساطة امتداداتها أفقياً بشكل مباشر. وأن أجزاء من الأجسام الصخرية ذات الاستمرارية قد تتعرض للفقدان بسبب حوادث ما بعد الترسيب، مثل الحت Erosion، أو ان الأقسام المجاورة من الوحدة الليتواستراتيغرافية قد تنفصل لأسباب بنيوية Structurally، بسبب الفوالق Faulting أو الانهدامات Rifting.

وبشكل مغاير للمضاهاة الليثولوجية، والأشكال ذات الصلة، من المضاهاة التي تم ذكرها سابقاً في الفقرة الأخيرة، فإن المضاهاة الحيوية لا تتضمن بالضرورة بأن الوحدة Unit، والطبقة Strata والأجسام الصخرية Rock bodies كانت في وقت ما أجزاء مُكوّنة من كلٍّ مستمر.

تستند المضاهاة الحيوية عادة فقط على بعض التشابهات أو التعاريف المتعلقة

بهوية المحتوى الحيّ Biotic content ضمن الأجسام الصخرية التي تتم مضاهاتها. حيث يمكن الاستدلال بشكل جيد، بأن المتعضيات Organisms التي تشكل بقاياها أساساً للمضاهاة الخاصة، تتصف بتوزع ذو استمرارية جغرافية بين أيّ تكشفين صخريين تجري مضاهاتهما الآن. وعلى كل حال، فإن هذا يختلف عن الاقتراح، بأنه كان هناك في وقت ما جسماً صخرياً يصل هذين التكشفين ببعضهما البعض، وأنه كان يحتوي البقايا المستحاثية للمتعضيات المعنية أو المحددة. وبطريقة مشابهة، فإن المضاهاة الطبقية المغناطيسية Magnetostratigraphic correlation أو الوحدات الطبقية المغناطيسية Magnitostratigraphic subdevisions قد تكون مؤسسة فقط على تشابهات تمت ملاحظتها أو استعادتها في التوقيع المغناطيسي Magnetic Signature، ولا تحتاج إلى أن تتضمن بأنه كان هناك في وقت ما جسماً صخرياً مستمراً يربط التكشفات التي تجري مضاهاتها بين حُفر التوقيع المغناطيسي الذي تعتمد عليه المضاهاة المغناطيسية.

أما المضاهاة الزمنية Chroenocorrelation (Chronostratigraphic correlation) أو Temporal correlation، أو بشكل أكثر بساطة المضاهاة Correlation، كما تسمى كلاسيكياً، فهي تعتمد على العلاقات الزمنية المستخلصة أو المستعادة من الأجسام المادية التي تجري مضاهاتها بالنسبة لبعضها البعض، ولا تتضمن المضاهاة الزمنية، أن الوحدة الصخرية Rock unit، والطبقة bed، والأجسام الجيولوجية Geological, bodies كانت أبداً متصلة مادياً، ولا يتضمن أنها تحمل بالضرورة أي متطلبات خاصة فيزيائية أو مادية مشتركة بينها، أو أنها تتشارك في أي تشابهات عامة. وبالإضافة إلى ذلك، إنها ليست الحالة (في التطبيق على الأقلّ) حيث تستخدم المضاهاة الزمنية بالنسبة للوحدات الكرونواستراتيغرافية فقط. وفي المجال النظري، على المرء أن يفترض أن المضاهاة

الزمنية تستطيع، أو أنها يجب أن تجري من أجل الوحدات الزمنية الطبقية Chronostratigraphic Units. وعنما تقدم المضاهاة الزمنية لأنماط أخرى من الوحدات الطبقية، فإن تلك الوحدات تعامل في الحقيقة، كوحدات كرونواستراتيغرافية. وعلى كل حال، بينما الوحدات الكرونواستراتيغرافية، يجب أن ترتكز على مرجعيات مادية، تتضمن حدوداً معينة بدقة ومحددة جيداً (وسيجادل البعض، هل لهذا السبب غالباً يحصل عدم التحديد بدقة في الصخور الحقيقية).

وقد تكون هذه معترفاً بها من قبل عالم طبقات، أن الوحدات الليتواستراتيغرافية، على سبيل المثال، لا تمتلك حدوداً متواقتة، وحتى أن المضاهاة الليتواستراتيغرافية قد تبقى مطروحة على أنها **وحدة**. وبعبارات أخرى، فإن الوحدة الليتواستراتيغرافية يمكن افتراض أنها قابلة للتأريخ Datable. تعتمد المضاهاة الكرونواستراتيغرافية بشكل نمطي على أي وعلى كل البينات Evidence، بَيِّنات التأريخ النظائري Isotopic Dates أو التتابعات الطبقية والعلاقات المكانية، والخصائص الجيوفيزيائية، وقس على ذلك. كل ذلك يمكن استخدامه، لتلك الأغراض في بعض الحالات بالطبع، فإن الخطوط المختلفة في البَيِّنات والدلائل، قد تقود إلى اختلاف نتائج المضاهاة الزمنية التي يتمّ اجراؤها. وفي حالة كهذه، فإن بعض الأحكام يجب وضعها إلى جانب الخط الذي يناسبها من الدلائل والبينات. وبشكل عام، فإن كانت جميع الأشياء الأخرى متعادلة القيمة، فمن المسلّم به عادة، أنه كلما ازداد عدد الخصائص المشتركة أو المتطلبات بالنسبة للوحدات الطبقية، كلما ازدادت الثقة بالمضاهاة التي نقوم بإجرائها. سواء أكانت تلك المضاهاة مضاهاةً ليتولوجية أم حيوية، أم زمنية. وعلى كل حال، في القليل من الحالات عندما تكون كل الأشياء الأخرى متعادلة القيمة، فإن هذا يكون صحيحاً بشكل خاص في حالة أن المضاهاة

هي من نوع المضاهاة الزمنية.

إنه لمن الصعب غالباً أن نفهم طبيعة الخصائص المستخدمة في إجراء مضاهاة من أجل التعرف على المعايير النسبية وقيمة أنماط محددة من المضاهاة. ولهذا السبب، إن استخدام التحليل الاحصائي متعـــدد المـــتغيرات Multivariate Statistical Analysis، والتقنيات المشابهة، في المسائل ذات الصلة بالمضـــاهاة الطبقيـــة، لم تحصل على اعتراف عالميّ بين أولئك الذين يشكلون مجتمع علماء الطبقية.

وكمثال لهذه الأطروحة، فإن ماك لارين (١٩٧٨) ينصّ على أن: "الدلائل مـــن عدد قليل من المستحاثات المختارة، قد تكون أكبر دلالة من تحليل عـــدد كـــبير مـــن المستحاثات". وأخيراً، عندها يظهر أن لا شيء ينتسب إلى الدلائل الكرونواستراتيغرافية، على الرغم من أن بعضها يشير إلى أن التأريخ النظائري وبعض أشكال تقنيات التأريخ الرقمي Numerical dating تقترب أكثر من تقديم مثل تلك المقولـــة (Schoch, 1989).

ب– جدل حول المفاهيم الستراتيغرافية في التطبيق الامريكي:

إن اختلاف الفلسفات العامة بخصوص المضاهاة الستراتيغرافية، يؤكـــد علـــي أهمية، أو الاعتراف بالسحنات المعاصرة، والتي تستوقفنا أحياناً كاختلافات حقيقية في التفسير الستراتيغرافي النهائيّ. وفي المضاهاة، وتركيب المعلومات Syntheses والتأليف Compilation.

لقد أعاد كل من دانبار وروجرز (١٩٥٧)[1] تقييم قصة فلسفتين أمـــريكيتين رئيستين متخالفتين في مسألة المضاهاة، والتي كانت منتشرة وذات تأثير على علماء طبقات الأرض في الولايات المتحدة في وقت مبكر من القرن العشرين.

---

(1) Dunbar, C. O. , and Rodgers J., 1957: Principles of stratigraphy, Wiley, New yourk.

وكمثل عن المدرستين المتضادتين في أفكارهما كان عالميّ الطبقات المعروفين: ادوارد أوسكار أولريش (١٨٥٧- ١٩٤٤) وأماديوس ويليّم غرابو (١٨٧٠- ١٩٤٦). وإنه لمن المسائل المستحقة إيراد حالتهما في هذا المجال، كمثال مع الكثير من الاختصار على اختلاف وجهات نظر علماء الستراتيغرافيا حول النظر إلى المضاهاة أو غيرها من المسائل الهامة في التطبيق والنظرية المتعلقة بأمور علم الطبقية.

على أساس أعماله التفصيلية، وخاصة حول الستراتيغرافا والباليونتولوجيا للباليوزوي السفلي في شرق ووسط شمال الولايات المتحدة الامريكية، طَوّر أولريش (Ulrich، ١٩١١، ١٩١٦؛ انظر Conkin، C. و j. Conkin، ١٩٨٤) فلسفته ومبادئه حول المضاهاة الطبقية، والتي أصبحت قوية التأثير. **فقد قلل أولريش أهمية السحنات Facies كثيراً**، معتقداً أنه على الأقل، في مناطق عمله، كانت السحنات بشكل عام قليلة الأهمية أو غير مهمة. وزيادة على ذلك، اعتقد أولريش أن كل فاونا Fauna محددة[1] تتوافق مع صخر محدد أو مع وحدة صخرية، والتي يفترض أنها توافق مجالاً زمنياً محدداً، إذا ما كانت فاونا محددة غائبة من مقطع جيولوجي محلي محدد، عندئذ فإن الوحدة الصخرية الموافقة وكذلك المجال الزمني يكونان غير ممثلين. وهذين الغيابين للفاونا والوحدات الصخرية يعتبران ممثلين بواسطة عدم التوافقات Unconformities، بسبب عدم الترسيب Nondeposition، كسبب أوليّ. وقد اعتقد أولريش أن جميع الوحدات الصخرية تقريباً ضمن أي مقطع محليّ، كانت مفصولة بواسطة عدم توافقات رئيسية نوعاً ما، ممثلة بالصخور في كل مكان. لهذا، لا يمكن أن نشاهد في أي موقع مقطعاً كاملاً نسبياً، حتى ولو كان لجزء صغير من المقياس الستراتيغرافي

---

[1] فاونا محددة Distinct fauna: هي مجموعة من المستحاثات التي كان بستطيع تمييزها ككيان مستقل.

المركب Composit Stratigraphic Scale. إن أي مقطع استراتيغرافي أو عمود مركب لمنطقة يجب أن يكون مكوناً من العديد من الوحدات الطبقية من مواقع مختلفة معشّقة مع بعضها البعض، أو مدمجة معاً.

بالإستناد إلى فلسفته الطبقية، أعاد أولريش تفسير العديد من عمليات المضاهاة القديمة. في كثير من الحالات أجريت عمليات مضاهاة وحدات استراتيغرافية (ليثواستراتيغرافية متقاربة جانبياً مع بعضها البعض، مع اعتقاد بأنها تمثل سحنات متعاصرة أو متواقتة جانبياً، مع تبعيتها لعمليات ترسيبية واسعة ضمن حوض ترسيبي مستقل واسع الامتداد. لقد عدّ أولريش آلياً تلك الوحدات (السحنات) كسلاسل من توضعات منفصلة، والتي لها امتداد محدود، وأنها ترسبت في أحواض صغيرة مستقلة في أوقات مختلفة. ولقد رأى أولريش كل (وحدة) ليتولوجية محددة وفاونا كممثلة لتقدم منفرد للبحر الضحل Shallow sea فوق الداخل القاريّ Continenta Interior. وقد كانت القارات عبر الزمن، عرضةً لعدد من عمليات (التجاوز Transgression) أو التراجعات (الانسحاب Regression) البحرية، وأن كل تقدم متتابع[1] يغطي عملياً مساحة مختلفة عن المساحة السابقة.

إن هذه النماذج المتبدلة Shifting patterns للتقدم والتراجع أسميت من قبل أولريش تذبذبات Oscillations.

وقد أورد كل من دانبار وروجرز (١٩٥٧- ص ٢٨٥) مثالاً لنمط من إعادة التفسير الذي أجراه أولريش: "من أجل جبال الأبالاش Appalachian Range، أدى ذلك إلى فكرة منخفضات Thrroughs وحواجز barriers، والتي تبعاً لها، الرسوبات هي ، على سبيل المثال: حجر رملي، غضار صفحي

---

[1] متتابع: المقصود أنه يتمّ على مراحل أو أطوار وليس دفعة واحدة، وهو حال تقدم البحر وانسحابه، وحال العديد من الحوادث في الطبيعة والتي يمكن أيضاً تسميتها تذبذبات.

(Shale)، حجر كلسي شيلي وحجر كلسي نقي. والتي اعتقد بها العاملون القدامى (علماء طبقات الأرض)، لتكون السحنات المتعاقبة، بالترتيب، فُهمت بأنها ترسبت بشكل منفصل ومتتابع، ضمن واحد أو آخر من أربعة أو خمسة منخفضات متوازية، إذ بهذه الطريقة وعلى هذه الشاكلة، فليس بينها مجموعتين من الرسوبات مؤاقتة لبعضها".

لقد قادت فلسفة (أولريش) في علم طبقات الأرض، إلى تحقيق العديد من التشكيلات (وغيرها من الوحدات الطبقية). بالمقارنة مع ما فعله غيره من العاملين، ولكن في الأزمنة الحديثة، استبعد العاملون الناجحون، العديد من وحدات (أولريش)، مستعملين بدلاً عنها مرادفات لها. وقد ألّف أولريش أيضاً مقاطع استراتيغرافية مركبة لمختلف المناطق، والتي تعدّ الآن بشكل عام ثخينة جداً (أي أثخن من حجمها الحقيقي). وأكثر من ذلك، فقد أسمى أولريش نظماً إضافية Additional systems، على قاعدة مبادئه وفلسفته في علم طبقات الأرض. مثل الدور الأوزركي Ozarkian period، والذي كان يعتقد أنه يقع ما بين دوري الكامبري Cambrian period والأوردوفيشي Ordovician period (الدور الكندي Candian period وفق أولريش).

على النقيض من فلسفة أولريش في علم طبقات الأرض، كان عالم الطبقات غرابوا Grabau، وعلى الرغم من أنه أمريكي، ولد في ولاية ويسكانسن Wisconsin بوسط الغرب الأمريكي بالقرب من كندا، ودرس في معهد ماساشوستيس التكنولوجي، وفي جامعة هارفارد، ودَرّس في جامعة كولومبيا اعتباراً من ١٩٠١- ١٩١٩، وعندها انتقل إلى الجامعة الوطنية في بكين بالصين.

كان غرابو، بشكل واضح، متأثراً بفلسفة علم طبقات الأرض الأوروبية، والتي كانت تؤكد على العلاقات السحنية وأيضاً على المضاهاة الزمنية المحكمة.

وقد عبّر غرابو عن أفكاره في كتابه الضخم مبادئ علم طبقات الأرض Principles of Stratigraphy، (١٩١٣). وفي كتابه الجامعي Textbook of Geology (١٩٢٠- ١٩٢١) وغيرها. إن نظرة غرابو إلى العمود الجيولوجي Geologic column كان تركيبياً Synthetic؛ فقد اعتقد أن مضاهاة الوحدات الستراتيغرافية العديدة المختلفة، والتي لها تقريباً نفس العمر، يعطي لها مصداقية، على أساس أنها ممثلة بسحنات متواقتة واسعة الانتشار. وباستثناء عدم التوافقات الكبيرة الواضحة (ربما مثل تلك التي تفصل بين الجمل Systems، فإن غرابو يقلل من أهمية دور عدم التوافقات، وكان يعتقد أيضاً، أن كثيراً من الرسوبيات التي نواجهها في السجل الطبقي كانت نتيجة للبحار الواسعة الانتشار نسبياً وشبه الدائمة، والتي تقدمت ببطء شديد وبالتدريج وانسحبت من فوق جميع القارات (دانبار وروجرز ١٩٥٧). وإن إيقاعاً طويلاً منفرداً أو نبضاً Pulsation، تقدماً، أو انسحاباً، يمكن أن يكون ذو إرتباط بمجال زمني يعادل حجمه دوراً Period، تبعاً لقانون (والتر) Waller`s law (المرجع السابق). إن تقابل (تجاور) الخصائص الليتولوجية المختلفة في مقطع محليّ محدد، كان أحياناً كافياً بالنسبة لغرابو لاقتراح، أن الخصائص الليثولوجية للموقعين، قد تكون معادلات جانبية (Lateral equivalents) (وربما الوحدات الليثولوجية التي تمثلها). ويقترح غرابو في كتابه الجامعي لعام ١٩٢٠- ١٩٢١، عدداً من المضاهاة التي تستند على السحنات، دون أن يقدم دلائل جيدة، ولكن في عديد من الحالات، يتنبأ غرابو بشكل عام بأنها مؤكدة، حتى ولو أنه في بعض الحالات أخطأ لجهة زيادته في التبسيط (شوك، ١٩٨٩).

في بداية القرن العشرين، كان أولريش مستغرقاً في علم الستراتيغرافيا الأمريكي، وظهرت مدرسة أفكاره على الرغم من أنها على خلاف مع العديد من الأفكار

الأوروبية، ظهرت بشكل عام، بأنها تسيطر على المشهد. وحتى وسط ونهاية الثلاثينيات على الأقل، فإن العديد من عمليات المضاهاة والتفسيرات التي أجراها أولريش وجد بأنها خاطئة، فقد اكتشف أن أهمية العلاقات المتبادلة بين السحنات والتي حصلت على اعتراف من علماء طبقات الأرض الأمريكيين وكذلك الفلسفة الأساسية لأولريش، كانت بشكل نهائي تلقى رفضاً من قبل أكثرية الباحثين. وبشكل بطيء، فإن المدرسة العامة التي تمثلت بأعمال (غرابو) سيطرت على علماء طبقات الأرض في أمريكا، ومع ذلك فإن جيلاً من علم طبقات الأرض تأثر بشكل كبير بما كان يسمى لاحقاً اعتقاداً أساسياً خاطئاً Basic Misconception.

ويقترح دانبار وروجرز، أن معظم التقدم الذي تمّ إنجازه تقريباً في الفترة ١٩٢٧- ١٩٥٧ بدأ بمعارضة شديدة لوجهات نظر وتعاليم أولريش، وأكثر من ذلك، فقد كَشَفَ هؤلاء المؤلفون أنه على الرغم من أن استنتاجاته الرئيسة لم تعد مقبولة الآن، فإن أجزاء من نظامه الواسع الانتشار في مصطلحاتنا (الأمريكية) الطبقية، وحتى في جزء من تفكيرنا (على حدّ قولهم)، فإنها تعيق الكشف الموضوعي، وكذلك وصف الحقائق الطبقية (المرجع السابق ص٢٨٨) .

وفيما يتعلق بأولريش وفلسفته بشكل خاص، فإنها اليوم أقل صحة مما كان عليه الأمر في عام ١٩٥٧، ولكن ربما تبقى الحالة وبدرجة أقل فيما يتعلق بمعتقدات أولريش عموماً .

وختاماً إن علم طبقات الأرض، بالخلاصة، مثل أي علم آخر، لا يمكن أن يعمل من فراغ فلسفي أو عقلي (شوك، ١٩٨٩).

٣-٢- ١٠ : طرائق المضاهاة البيوستراتيغرافية (المدرستان السوفيتية والروسية)

Methods of Biostraigraphic Correlation (Soviet and Russian Schools):

إن إيضاح النطاقات الستراتيغرافية لبقايا المتعضيات القديمة، أي المستحاثات Fossils، والوصول إلى أسس التصنيف البيوستراتيغرافي على تلك الأسس بالنسبة لمقاطع خاصة، يمثل في الواقع، ليس أكثر من مرحلة ابتدائية في التحليل الستراتيغرافي في واقع الأمر. وتقدم لنا هذه العمليات، إمكانية مضاهاة ومقارنة المقاطع عن طريق تتبع وجود وحدات بيواستراتيغرافية محددة ضمن المقاطع. وتمكننا هذه الأخيرة من صرف النظر عن بيئات صخرية محددة لدرجة معروفة، كما تمكننا من إجراء مقارنة الطبقات غير المتماثلة ليثولوجيا، وكذلك الحزم والتتابعات الصخرية والرسوبية عموماً. إن أساس عمليات المضاهاة في هذه الحالات ليس تشابه أو تطابق التركيب الماديّ للطبقات، بل التواقت في زمن تشكلها، **وبذا نفهم أن معنى المضاهاة البيواستراتيغرافية وقبل كل شيء هو تتبع وجود التقسيمات الستراتيغرافية ذات العمر الواحد ضمن مساحةٍ محددة من الأرض أو منطقة ما (ستيبانوف وميسيجنيكوف، ١٩٧٩).**

أما المقاطع التي تقبل المضاهاة مع بعضها البعض، فهي تلك التي يتم فيها العثور على نفس التقسيمات أو الوحدات البيواستراتيغرافية أي التي لها نفس العمر والتي تمتلك حدوداً متواقتة مع بعضها البعض.

بهذا المعنى حصراً، فإن اصطلاح المضاهاة Correlation يستخدم غالباً في معناه الأكثر اتساعاً. وفي الواقع، إذا حدث عند مضاهاة مقاطع بعيدة عن بعضها بشكل كاف، وكانت مكونة من صخور مختلفة كثيراً عن بعضها البعض من حيث التركيب الصخري، فإن الأساس الوحيد للمضاهاة يكون تواقت الحوادث، التي

أدت إلى تشكل الحزم الصخرية غير المتشابهة من الوجهة الليثولوجية، أي أنه لدى تحليل المقاطع ودراستها في إطار منطقة ما واحدة. فإن المقارنة بينها تجري عادة دون حلٍّ مسبق للسؤال حول تواقت الحدود التي يتم العثور عليها. وهكذا مثلاً، لدى مقارنة مقاطع من الجوراسي العلوي والنيوكومي في غرب سيبيريا، فإن أهم جزء هو قاعدة السماكة البحرية للجوراسي العلوي (سقف حزمة تومانسكايا Tumanskaya Sveta)، وكذلك قاعدة وسقف السماكة البيتومينية[1]، بغض النظر عن أن سقف حزمة تومانسكايا ليست من عمر واحد. غير أن الحجم الطبقي للأرجيليت (صخر طيني) البيتوميني يزداد من الشرق إلى الغرب إلى أكثر من الضعف. إن اساس المضاهاة هنا يتمثل بعدم وجود انقطاعات في الترسيب أفقياً ضمن أجسام ليتولوجية محددة.

وليس صعباً أن نسوق أمثلة أخرى مماثلة نصادفها لدى إجراء المضاهاة البيواستراتيغرفية بين المقاطع. فمثلاً، أحد أوائل التقسيمات التي تم تحديدها ضمن الجوراسي في روسيا المركزية Central Russia، كان الغضاريات الداكنة التي تتضمن قواقع امونيات الجنس Amoeboceras Alterned beds. وقد أطلق عليها اسم الغضاريات المتناوبة Alterned beds والتي يمكن مصادفتها في كامل مساحة القسم الأوروبي من الاتحاد السوفيتي السابق تقريباً. غير أن سماكتها، وبسبب كثرة دورات التعرية Erosin & Wethring في تلك الأصقاع، فقد اقتصرت على الأوكسفوردي العلوي، وبنفس الوقت فإنها نحو الشمال من موسكو، في منطقة كوستروما (نهر اونجا) فهي تضم أيضاً الكيميريدجي السفلي.

لذا فقد اقترح كلٌ من دانبار وروجرز (١٩٥٧) تمييز نمطين من المضاهاة: أولاً

---

[1] بيتوميني- أي فيه مادة نفطية المنشأ.

المضاهاة الخاصة، أي مقارنة التقسيمات أو الوحدات الصخرية ذات العمر الواحد حصراً، وثانياً مقارنة الطبقات المتشابهة ليثولوجياً وباليونتولوجياً، بما فيها الفاونا والفلورا، والتي يقصد بها تتابع الحزم الصخرية المتميزة بالتشابه الليثولوجي أو بتشابه المجموعات المستحاثية Fossilized Assemblages الحيوانية والنباتية المتحجرة. غير أن هذا التدقيق في المصطلحات الطبقية لم يحظَ في كثير من الأحيان باهتمام واسع. وقد نتج عن ذلك أن الجيولوجيين لم يعتادوا على الشعور بضرورة تحديدات من هذا النمط بمعنى مفهوم مصطلح (مضاهاة)، حيث إن استخدام هذا المصطلح بمعناه الواسع، ينشأ عن أن مفهوم التماثل في العمر لا يتمتع بتحديد دقيق لمعناه.

وفي الواقع، عند وضع الخرائط الجيولوجية العامة (الصغيرة المقاييس)، لغرض مضاهاة التوضعات، يكفي مثلاً، معرفة أنه يوجد في مقطع ما امونيت من الجنس *Porpoceras* وفي مقطع آخر الجنس *Leioceras*. تسمح هذه المعلومات بأن ننسُبَ الطبقة البينية إلى جملة الجوراسي Jurassic System، أي إلى الفترة الزمنية من عمر الأرض الممتدة ما بين ١٩٥ و ١٤٠ مليون سنة منذ الآن. وبذا، فإن مضاهاة المقطعين ببعضهما البعض بدقة، هو أمر ضروري من أجل وضع الخرائط الجيولوجية التي مقياسها ١/ ٧٥٠٠٠٠٠ وكذلك للخرائط التي مقياسها أقل من ذلك. إلا أنه لدى العمل على الخرائط ذات المقياس ١/٥٠٠٠٠٠ و ١/٥٠٠٠٠٠٠، فإن هذا النمط من المضاهاة لا يعتبر مرضياً أو كافياً، لأن (مصطلحات) مثل تلك الخرائط تهتم بتمييز وتحديد الجمل *Systems*، وبالتالي، فمن وجهة نظر من يقوم بصنع الخريطة، فإن مضاهاة توضعات طابق التوارسي العلوي Upper Touarcian Stage (من الجوراسي السفلي)، مع توضعات طابق الأليني السفلي Lower Aalenian Stage (من الجوراسي الأوسط)

تكون غير واقعية[1]. وإذا عدنا لمناقشة مثالنا السابق، فيمكننا الحكم بأنه لدى العمل على وضع الخرائط الجيولوجية ذات المقاييس المتوسطة فإننا نحتاج إلى المضاهاة على مستوى الطابق Stage وتحت الطابق Substage، وفي حالة الخرائط ذات المقاييس الكبيرة، بالإضافة إلى القيام بأعمال ذات صلة بإنشاء وتأسيس الجداول الستراتيغرافية المعاصرة التي تستند على المضاهاة النطاقية Zonal Correlation.

وأخيراً، عند عمليات الاستكشاف Prospecting، فإن المضاهاة النطاقية تبدو (خشنة) أي غير ملائمة، وعلى مسافات ليست بالكبيرة، فإن المستكشف سيعمد إلى تتبع طبقات محددة ومستويات محددة أو طبقات مرشدة Marker beds، والتي تتصف بأنها تتمتع بتفصيل أكبر بالمقارنة مع النطاقات Zones.

وهكذا فإن دقة المضاهاة الستراتيغرافية، أي درجة تمثيل التقسيمات من حيث العمر، والتي تتم دراستها في المقاطع، هو أمر نسبيّ دائماً. وهذه المسألة يتم تحديدها بحسب الأهداف التي يضعها الجيولوجي الذي يقوم بالدراسة نصب عينيه. وكذلك بمقياس الخرائط المطلوبة، ودرجة التفصيل المرغوبة، وهو ما يبرر تغيير المتطلبات في دراسة التقسيمات أو الوحدات البيواستراتيغرافية المدروسة. وكذلك هو الأمر بالنسبة لطرائق البحث Methods المعتمدة في الدراسات المذكورة نوعاً وكماً.

١- طريقة المستحاثات المرشدة Key Fossils Method:

هي أولى الطرائق المتبعة في المضاهاة الطبقية، سواء بالنظر إلى زمن ظهورها، أم من حيث تأثيرها الذي أظهرته على تطور علم طبقات الأرض مع مرور الزمن.

---

[1] غير أنه، كم هو متناقض، أنّ توضعات طابقي الهاتنغي Hattengian و التوارسي Touarcian مقسمة إلى قطاعات استراتيغرافية كبيرة جداً، وفي ظروف مثل هذه، سينظر إليها على أنها متماثلة العمر، لأنها تنتسب إلى جملة System واحدة.

تتلخص هذه الطريقة، بأن مضاهاة التوضعات يتم بالاستناد إلى تواجد مستحاثات محددة بدقة من حيث العمر والانتشار الجغرافي، والتي تنتسب إلى طبقات صخرية متماثلة عمرياً. ويعد استخدام هذه الطريقة لأول مرة في مقارنة الطبقات بعضها ببعض إلى **ف.سميث**، عندما قارن وضاهى توضعات طبقات صخور الجوراسي في بريطانيا. على أساس ذلك، تمكنت **أ.د.أوربيني** من وضع مقياس طوابق ونطاقات الميزوزوي.

غير أن تشكل مفهوم المستحاثات المرشدة لأول مرة، يعود إلى منتصف القرن التاسع عشر، حيث اقترح **غ.برون** التفريق بين الأشكال Forms التي تتم مصادفتها في عدد من التشكيلات المتتابعة، وبين الأشكال، التي تميز فقط تشكيلة واحدة محددة. إن مفهوم Conception الأشكال المستحاثية المرشدة، ودون أدنى شك، لعبت دوراً هاماً في تحديد أكثر الجمل Systems، والطوابق Stages على القارات المعروفة كافة، وكما يظهر من تحديد المستحاثات المرشدة، فإنها يجب أن تتصف بمجال طبقي محدود نسبياً، وبمجال انتشار جغرافي واسع، ويجب أن تتواجد في طبقات، ذات تركيب ومواصفات صخرية وليتولوجية مختلفة. أي، أن تكون تلك المستحاثات قليلة الارتباط بالسحنات Facies. وأخيراً يجب أن تتم مصادفتها غالباً في الطبقات والأعمار المعنية، وأن تختص بمظاهر موروفولوجية مميزة لها، والتي من شأنها أن تؤدي إلى سهولة تحديدها بسرعة ودقة، بالنظر إليها كمستحاثات، لها نفس المواصفات والقيمة الطبقية والباليونتولوجية.

في الحقيقة أن كل كائن حي ميت، يختصُّ بمجال استراتيغرافي محدد، لذا يمكن النظر إليه كوسيلة مفتاحية أو مرشدة. إلا أن العديد من الأنواع القديمة تواجدت على طول أدوار Periods كاملة، وحتى أحقاب Epoch. ويكفي أن نذكر،

تلك الأشكال المحافظة[1] مثل الجنس *Lingula* أو الجنس *Pleuromya*. لـذا، فالأشكال أو التكسونات المرشدة، يمكن فقط أن تكون ممـثلات للمجموعـات Group ذات التطور السريع. ومن جهة أخرى، إننا نعرف أمثلة غير نادرة مـن المتعضيات التي تعرضت لتغيرات سريعة مع الزمن والتي لا تتمتع بأهميـة كـبيرة بصفتها أشكالاً مرشدة أو مفتاحية، وذلك بسبب محدوديـة مجـالات انتشـارها الجغرافي.

وقد أشرنا أعلاه إلى أن تلك المجموعة الأورتواسـتراتيغرافية[2] الرائعـة مثـل الغونياتيتات Goniatites، في العديد من المناطق ، لا يمكن عملياً استخدامها في مضاهاة توضعات الباليوزوي العلوي بسبب محدودية الانتشار المحلـي للطبقـات الحاملة للأمونايت. وكذلك بسبب صغر مساحة مجال انتشارها الجغرافي. وتبعـاً لذلك، الدور البسيط الذي تلعبه في مضاهاة السـماكات الصـخرية الجوراسـية والكريتاسية المبكرة، التي تحتوي على منخربات بلانكتونية وشعاعيات، وفي الوقت الذي أصبحت فيه تقريباً المجموعات أو الرتب الرئيسية فيما يتعلق بسـتراتيغرافية الكريتاسي العلوي، وخاصة بالنسبة للسينوزوي Cenozoic Era (سـتيبانوف ومسيجنيكوف، ١٩٧٩).

تشكل الأنواع المحلية الأصلية أو المقيمة[3] Endimic مشكلة خاصة، في هذا الإطار، والتي يختصّ أكثرها بمجال انتشار جغرافي محدود جداً، بينما تم العثور على بعضها في نقطة واحدة فقط (مكان محدد). لذا، بغض النظر عـن أن للأشـكال

---

[1] محافظ Concervative، أي الأنواع التي احتفظت بخصائصها التطورية خلال فترات مترامية من الزمن، دون تغيير يذكر في بنيتها.

[2] اورتواستراتيغرافية Orthostratigraphic. أيّ ذي صلة مباشرة بعلم الطبقية.

[3] مقيم Endimic: أي الذي يعيش في موطن ما من حيوانات ونباتات.

المقيمة غالباً نطاق توزع استراتيغرافي محدود جداً، فإنها عندما تستخدم لأغـــراض المضاهاة، بصفتها أشكالاً مرشدة، يكون هذا الاستخدام قليل الفعاليـــة كقاعـــدة عامة.

٢- علاقة المســـتحاثات المرشـــدة بالســـحنات The relationships between key fossils and facies:

تطرح هذه العلاقة استقلالية المستحاثات المذكورة عن السحنات- أي الحاجة الضرورية واللازمة لمقارنة أو مضاهاة الطبقات الصخرية ذات التراكيب المختلفة- وهو مـــا يظهـــر كأحد الشروط الرئيسة لدى تحديد الأشكال المرشدة. وقد تمّ التنويه عن ذلك في الأدبيات الجيولوجية مراراً، وخاصة ما ينطبق على المتعضيات البيلاجية Pelagic Organisms[1].

فيما يتعلق بالاستقلالية عن السحنات، وبدرجات محددة، فإن رتب Groups المتضعيات القاعية من نمط متنوعات الأوساط Evrebionts (مـــن اليونانيـــة- evrys وBiont) ، مثل الاينوسرامات *Inoceramus* من ذوات المصراعين Bivalvia.

ومـــثلاً، إن عضـــدي الأرجـــل Bracheopod، (Eich`w) *Fusirhynchia,* *micropteryx* يتواجد في توضعات الطابق الفـــولجي Volgian Stage في جبـــال الأورال القريبة من المنطقة القطبية في أكثر السحنات تنوعاً، اعتباراً من الغضـــاريات الناعمة إلى الرمال البيوضية Oolitic sands وحتى الغرافيليـــت Gravilite، أي الصخور الحصوية.

وبشكل عام، إن انتشار بعض أشكال المتعضيات إلى طبقـــات صـــخرية ذات

---

[1] بيلاجي Pelagic: طريقة حياة الحيوانات التي تعيش في بحر مفتوح، ولكن ليس في قاع البحر. بما فيها المتعضيات السابحة بحرية، أي Nektonic، مثل الأسماك والعوالق(أي البلانكتون Planktonic) مثل قنديل البحر، أوالسمكة الهلامية Jellyfish.

تركيب محدد بدقة، يعدّ استثناءً Exception. وغالباً ما تصادف متعضيات قاعية محددة في عدد من أنماط الصخور القريبة- من حيث تركيبها- مع بعضها البعض. وإن انتشار تلك يظهر غالباً كمحصلة لاستيطان تلك المتعضيات على قيعان محددة، ثم انتقالها أو نقلها وترسيبها اللاحق.

إن الحالة العددية لتواجد الأشكال المرشدة هي مسألة هامة دون شك. وإنه لمن الواضح أن أية متعضية قديمة، يمكن أن تستخدم لأغراض تطبيقية عملية في تلك الحالة فقط، إذا ما كانت متواجدة بموثوقية عالية في المقاطع المدروسة. ومن خلال ذلك، فإن الأشكال القاعية تكون عادة الأشكال الأكثر انتشاراً في الصخور الرسوبية، والتي غالباً ما تمثل قيمة أقل بشكل كبير بالنسبة للمقارنات البيواستراتيغرافية. ومثال ذلك، في توضعات الجوراسي السفلي والأوسط في سيبريا الشرقية، تكون ذوات المصراعين كثيرة التواجد بشكل استثنائي، وعلى العكس من ذلك، تكون الأمونيات نادرة بشكل ملفت للنظر، لذا فإن استخدامها للمضاهاة المحلية لا تكون مجدية من الوجهة العملية. في جميع الحالات المماثلة، كما هو الأمر في الحالة المذكورة، فإن الصعوبات التي تنشأ في إجراء المقارنات البيواستراتيغرافية تزداد مرات مضاعفة.

وأخيراً، إن الأشكال المرشدة يجب أن تكون دائماً على درجة من التميز بحيث أن تحديدها يثير أقل ما يمكن من عدم الاتفاق بين الأخصائيين في مجال علم الطبقات وعلم المستحاثات. وبالتأكيد، فإن أي عمليات مضاهاة بيواستراتيغرافية تهدف إلى التوصل إلى دلالات موحدة لتحديد المستحاثات الحيوانية أي الفاونا Fauna والمستحاثات النباتية أي الفلورا Flora. ولا بد من الإشارة إلى أنه من غير مراعاة هذه الأمور لدى مضاهاة التتابعات الرسوبية Sedimentary Sequences المبنية على استخدام المعطيات الباليونتولوجية، يكون الأمر

مستحيلاً. إلا أن تحديد الدلالات الموحدة للأشكال المستحاثية المرشدة هامة بوجه خاص، لأنه تبنى على أساسها أهم الاستنتاجات الستراتيغرافية المسؤولة. ويطرح هذا الشرح، مسالة تحديد درجة وقيمة المستحاثات المرشدة، بصفتها أدوات أساسية في عمليات المضاهاة والتصنيف البيواستراتيغرافي، فليس لكل المستحاثات المرشدة درجةٌ واحدةٌ من حيث الدلالات البيواستراتيغرافية، بل يظهر بعضها على أنه أوثق دلالة من سواه في تحديد هذا الطابق Stage أو هذا النطاق الحيوي Biozone من غيره. وهذا ما يتطلب تفاهم الباليونتولوجيين وعلماء طبقات الأرض واتفاقهم حول هذه المسائل.

وهكذا على سبيل المثال، وبخصوص الفهم الواسع لدى عدد من الباحثين والمؤلفين بالنسبة للنوع *Amoeboceras alternans* **(Buch)** من الطبقات المتناوبة المشار إليها سابقاً، مما قاد إلى استنتاج غياب توضعات الطابق الكيميريدجي Kimmeridgian السفلي في وسط روسيا. ومضى الزمن حتى نهاية عشرينات القرن الماضي، عندما تمّ التوصل إلى أنه إلى جانب النوع *Ammoeboceras alternans* المذكور من طابق الأوكسفوردي Oxfordian المتأخر، نسبوا إلى هذا النوع المرشد الهام النوع *A. Kitchini* **(Salf)** من الكيميريدجي المبكر.

وليس نادراً أن تحدث حالات معاكسة، ففي عام ١٩٣٢، اكتشف عالم الباليونتولوجيا الانكليزي الكبير ل.سبيت جنساً جديداً من الأمونيتات، هو *Arcticoceras*. وقد تمّ اختيار النوع النموذجي Typecal species لهذا الجنس على أنه *Ammonites ishmae* **Keys.**

وفي غرينلاندة الشرقية، حدد سبيت نوعاً آخر هو *Arcticeras kochi* **Spath.**ومنذ ذلك الوقت، وبالنظر إلى صعوبة مضاهاة الطبقات الصخرية على

الحدود بين طابق الباثوني Bathonian وطابق الكاللوفي Callovian فإن مضاهاة نطاقيّ Ishmae و Kochi أصبحا، عقدة كأداء بالنسبة لعلماء طبقات الأرض. وفقط بعد مرور ٤٠ عاماً استطاع ج.كالاوي (Callowae, 1975) من تحديد أن النوع

A. kochi ليس إلا مرادفاً أحدث للنوع *A. ishmae*، وتبعاً لذلك، فالنطاقان Ishmae و Kochi، يظهران في الواقع على أنهما نطاق واحد هو نطاق *Ishmae*.

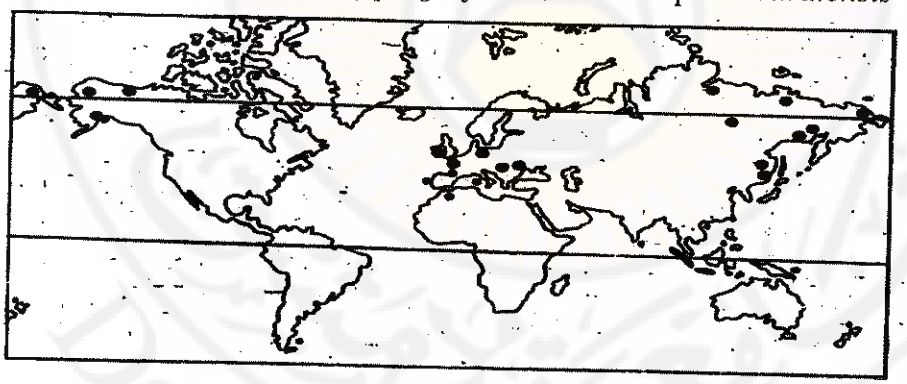
كما رأينا من العرض السابق، فإن المتطلبات والشروط الواجب توفرها في المستحاثات المرشدة صارمة جداً. ولا يقل عن ذلك أهميةً، أنه تقريباً في كل جملة System من جمل إيون الفانيروزوي Phanerozoic Eon، يوجد أنواع وأجناس عديدة بشكل كافٍ من المتعضيات القديمة، التي تلبي حاجة تلك المتطلبات، التي أشرنا إليها. وأن الأمثلة المدرسية أو الكلاسيكية عن المستحاثات المرشدة تقدمها أمونيتات حقب الميزوزوي Mesozoic Era . على سبيل المثال، أمونيتات الجنس *Amaltheus* التي تتواقت في إطار كامل المنطقة الشمالية الباردة Boreal[1]. اعتباراً من شمال أمريكا الشمالية إلى شمال شرق روسيا الاتحادية، وتنتسب إلى القسم العلوي من الطابق البلينسباخي (الدومر) Plensbachian stage من زمرة الجوراسي السفلي المسمى (Lias). وإن أنواع محددة من هذا الجنس يمكن مصادفتها في كل مكان في إطار الدومر السفلي فقط، كما هو الحال *A. stokesi* أو فقط في الدومر العلوي، كما في النوع *A. margvitatus* (الشكل ٦٣).

---

[1] Boreal بارد: من اليونانية Boreas، وهو اسم آلهة يونانية كان يعتقد أنها آلهة مسؤولة عن هبوب الرياح الشمالية أو القطبية الباردة.

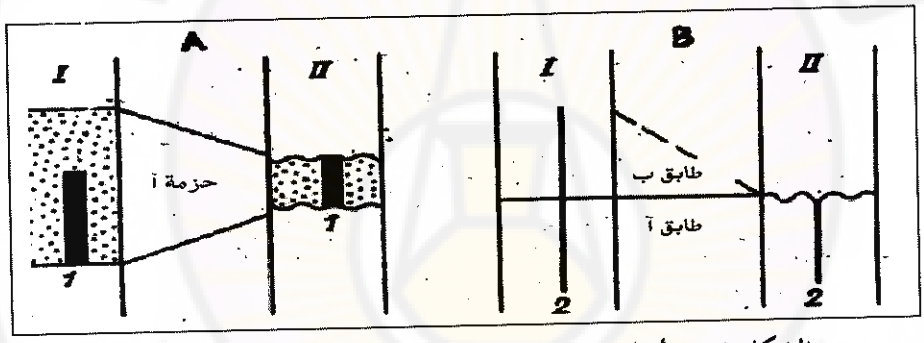
إن مثل ذلك الانتشار الواسع والمجالات الستراتيغرافية المستمرة تميز أنواعاً وأجناساً كثيرة من الأمونايت Ammonites، والمنخربات العالقة Planktonic foraminifera والشعاعيات Radiolaria والكونودونت Conodonta والغرابتولايت Graptolite وبعض رتب ذرات المصراعين Bivalvia وغيرها من المتعضيات القاعية Benthic organisms.

إلى جانب ما تقدم، عند الدراسات الطبقية التفصيلية يتكشف للباحثين العديد من الأمثلة، عندما، حتى ممثلات الجماعات التطورية من المتعضيات، يكون لها في مناطق متفرقة امتداداً طبقياً مختلفاً بشكل ملموس. وفي الشكل ٦٤ يظهر الامتداد أو المجال الطبقي للأمونيتات الأكثر تمثيلاً للطابق الكيميريدجي المبكر في القطاعات القريبة من القطب من جبال الأوال ومن جبال تايمير. نرى، أنه في أغلب الحالات لا تتطابق تلك المجالات مع بعضها، بل وفي بعض الأحيان يكون لها حجوماً مختلفة بصورة مبدئية (مثال، عند الأنواع: *Amoeboceras (Amoebites) pingueforme, Rasenia pseudouralensis* وغيرها.



الشكل ٦٣ : توزع الأمونيت من جنس *Amaltheus*. يتناسب حجم النقاط طرداً مع زيادة أهمية الأمالتيدات في المعقدات المستحاثية (عن داغيس أ. أ، ١٩٧٦، مع التبسيط).

إنّ المثال المذكور هامٌّ أيضاً، لأنه تمّ في المنطقتين المذكورتين تجميع كثيف للمستحاثات، وهذا يشير إلى أقل درجة من التأكد بخصوص تواجد الأنواع المشار إليها في مستويات طبقية أخرى. وليس من شيء يدعو إلى العجب في ذلك، **وأن العديد من عمليات المضاهاة الطبقية المغلوطة أستندت وتأسست على استخدام غير محكم للمستحاثات المرشدة التقليدية (Traditional Key Forms) مما أدى إلى تكريس نظرة متشائمة تجاه تلك الأشكال**. وقبل كل شيء، وكما رأينا فإن وضع مستحاثات مرشدة مستقلة في مناطق انتشارها كافة، والتي تمتلك مجال انتشارٍ استراتيغرافيٍّ واحد، لم يتمّ التأكد منه في الكثير من الحالات بالاستناد إلى الدلائل المادية أو التطبيقية.



الشكل ٦٤– أمثلة تشوه مجال الانتشار الطبقي للأنواع، والناتج عن عدم كمال المقاطع. a– النوع 1 في المقطع I المتواجد في القسم السفلي من الحزمة الصخرية A، في المقطع II وبسبب حت وتعرية القسم العلوي فهو يصادف في كل الشخانة، b– النوع 2 في المقطع I يصادف في الطابقين A و B، في المقطع 11 بسبب اختفاء الطابق B من المقطع، فإن ذلك النوع منتشر في الطابق A فقط (عن ستيبانوف ومسيجنيكوف، ١٦٧٩).

إن هذه الظاهرة الواسعة الانتشار، كما هو معروف، يسببها غالباً أسباب "جيولوجية" حصراً وهنا يجب الإشارة بالدرجة الأولى إلى اختلاف كمال المقاطع

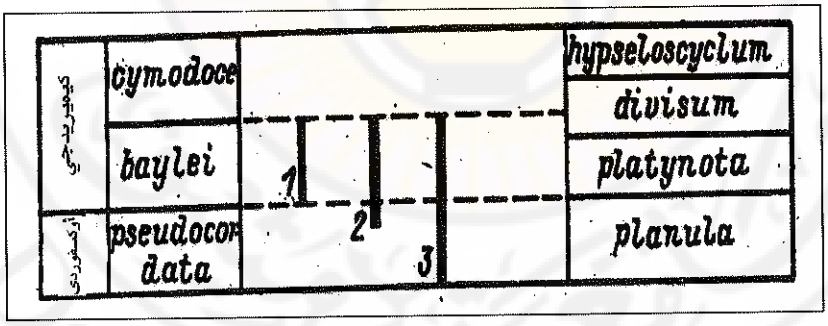
الجيولوجية، وغالباً ما تتميز أجزاء من حزمة صخرية ما بأنواع ضمن المقاطع المختزلة، بينما نجدها تنتشر في كامل مقطع تلك الحزم. وليس قليلاً عدد الأشكال التي يحصل فيها، أن تكون من النمط النموذجي للطبقات الحدودية لوحدتين استراتيغرافيتين بينيتين، بينما في المقاطع الأقلّ كمالاً فإنها ترتبط بواحدة فقط من الوحدتين المذكورتين، بسبب وجود حوادث الحت والتعرية في سقف الستراتون السفلي أو في قاعدة الستراتون الغطائي ،أي العلوي، شكل ٦٤.

أما العامل الثاني الهام فهو إعادة توضع Reworking المستحاثات، وهي ظاهرة واسعة الانتشار، والتي نناقشها فيما يلي. أما العامل الجيولوجي الهام الثالث والأخير، والذي يؤكد على مجال انتشار المستحاثات المرشدة الطبقي، فهو يتمثل بشروط حفظ المستحاثات نفسها. وعلى سبيل المثال المستويات العليا من طابق الأوكسفوردي في السطحية الروسية حتى نهاية الثمانينيات من القرن العشرين لم تكن معروفة إلاّ من موقع واحد على نهر أوكا. مع العلم أن فاونا الأوكسفوردي كانت معروفة من العديد من المقاطع، غير أن حفظها السّيء، جعل من أمر الحصول على عينات مرشدة بينها أمراً صعباً جداً (ستيبانوف ومسيجنيكوف، ١٩٧٩).

كثيراً ما يحصل عدم تطابق بمجالات الانتشار الطبقي للأشكال المرشدة المرتبطة بخصائصها التطورية وبانتشارها في مختلف مقاطع المجالات الطبقية ، وليس قليلاً أن نحتّك بمجالات حدث فيها تطور أشكال مستحاثية بشكل غير متواقت للكائنات الحية في المناطق المختلفة، والتي تحتل في كل منطقة من المناطق وضعاً محدداً بدقة، وتظهر بناءً على هذا مرشدةً بالنسبة لتلك المناطق. إن أمونيتات الجنس *Pictonia*- وهو الوحدة التصنيفية Taxon الأكثر تمييزاً لتوضعات طابق الكيميريدجي السفلي ذات المناخ البارد Boreal climate – تتضمن ثلاثة

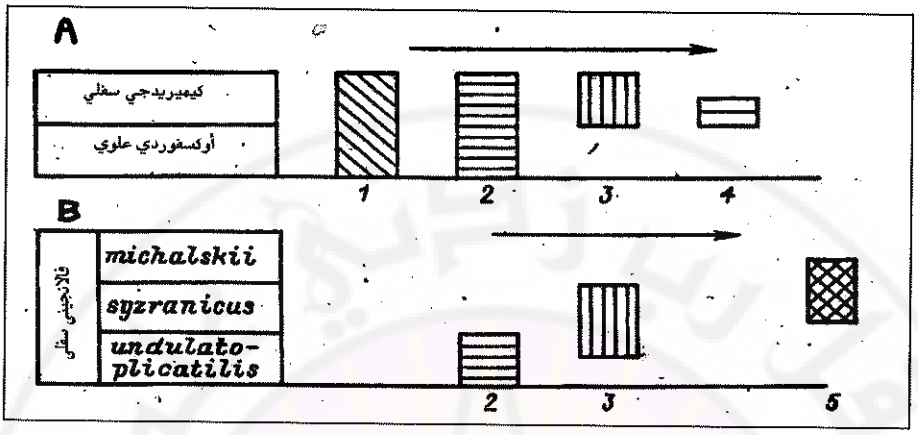
(مجموعات نوعية)، تطورت بشكل متوازٍ in parallel في إطار أحواض ترسيب معزول بعضها عن بعض. أما في جنوب أوروبا فقد عاشت أفراد البكتونيا اعتباراً من وسط الاوكسفوردي المتأخر ولغاية وسط الكيميريدجي المبكر، أما في شمال – غرب أوروبا، فاعتباراً من نهاية الأوكسفوردي وحتى وسط الكيميريدجي المبكر، وفي أحواض بحار القطب الشمالي- فقط اعتباراً من النصف الأول من الكيميريدجي المبكر (الشكل ٦٥).

وغالباً ما يجب أن نتعامل مع اتساع مجال الانتشار التدريجيّ لهذه أو تلك من المجموعات الحية، وبالتالي مع تغير مجال انتشارها الطبقي باتجاه عمليات الهجرة. ويمكن لنا أن نرى أمثلة عديدة على تغيرات مماثلة حتى عند تلك المجموعات الأورتواستراتيغرافية مثل الأمونيتات الميزوزوئية. فمثلاً أمونيت الجنس *Prorasenia*، الذي كان يقطن بحار أوروبا الجنوبية خلال الأوكسفوردي المتأخر- الكيميريدجي المبكر، زادت رقعة انتشاره إلى أحواض شمال أوروبا وغرب سيبريا فقط مع بداية الكيميريدجي (ميسجينكوف، اليكسييف، ١٩٧٤).



الشكل ٦٥- الفرق بين مجالات الانتشار الطبقي للأمونيت من جنس *Pictionia* في مختلف مناطق أوراسيا. ١- مجموعة النوع *P. involuta* (شمال أوراسيا)؛ ٢- مجموعة النوع *P. baylei* (شمال غرب أوروبا)؛ ٣- مجموعة *P. perisphinctoides*

(جنوب أوروبا)، عن ستيبانوف، ومسيجنيكوف، ١٩٧٩.



الشكل ٦٦- تغير مجال الانتشار الطبقي لبعض أجناس الأمونايت، بسبب الهجرة التدريجية. a - *Prorasenia*، b- *Manjaites*: تشير الأسهم إلى اتجاه الهجرة. ١- غرب أوروبا، ٢- حوض نهر فولغا، ٣- حوض نهر بتشورا، ٤- السفح الشرقي للأورال قرب القطبي، ٥- جبال تايمير.

أما الأمونايت من الجنس *Menjaites*، فقد ظهر أفراده في حوض وسط روسيا مع بداية العصر الفالانجيني، وبعد ذلك بمدة ليست بالطويلة فإنها تغلغلت في حوض بتشورسكي، وفقط في وسط الفالانجيني المبكر وصلت إلى سيبيريا الشمالية (تشيرفا وآخرون، ١٩٧٥)، الشكل٦٦.

إن الحوادث الأكثر حدوثاً فيما يتعلق بتغير مجال الانتشار الطبقي للمستحاثات المرشدة يتمثل بعلاقة تلك المستحاثات بأنماط محددةٍ من السحنات، أي في حقيقة الأمر، بتأثير العوامل البيئية Ecological factors. ومثل هذه الأمور مميزة لذوات المصراعين التي تعيش في الأقاليم الباردة Boreal والتابعة للجوراسي المتأخر Late Jurassic، مثل بعض الرخويات ، النادرة الوجود جداً في الحوض البحري

الدافئ خلال الجوراسي المتأخر. والذي كان يشغل منطقة الأورال قرب القطبية، على الرغم من أنها في الحوض المجاور بمنطقة بتشورسكي[1] وفي غرب سيبيريا، تصادف بأعداد كبيرة، وفي واقع الأمر، إنها تظهر هنا كمجموعة مستحاثية من النمط الأورثواستراتيغرافي. وفي شبه جزيرة تشيليكين على الساحل الشرقي لبحر قزوين Caspian sea (بجمهورية تركمانستان)، فإن معدي الأرجل Gastropod، وتحديداً النوع ***Streptocerella sokolovi* Andrus** يميز طبقات رسوبية لا تزيد ثخانتها على ٣- ٥ م تسمى بطبقة الستريبتوستيريللا Streptocerella bed، في القسم السفلي من الطابق الأبشيروني، Apsheronian Stage[2]. إن هذا النوع، على الشواطئ الغربية لبحر قزوين، ينتشر في كامل المقطع الخاص بالطابق الأبشيروني (كوليادني، ١٩٥٥).

في أغلب الأحيان، عند تفحص حوادث التوزع غير المتماثل للمستحاثات المرشدة في المقاطع، يتوجب الإقرار بتأثير، ليس عامل واحد فقط، بل عددٍ من العوامل. وإنه لمن الأمور المعبرة جداً في هذا المجال، توزع أنواع مستقلة من عضديات الأرجل Bracheopoda في توضعات الدور الكربوني الأوسط بمنطقة فولغا- أورال. يلاحظ هناك في مناطق شتى استبدال مختلف أشكال المستحاثات المرشدة على طول المقطع. إذ أن بعض أنواع البراكيوبودا التي تصادف فقط في

---

(١) بحر بتشورسكي: هو القسم الشرقي من بحر بارانتسوف، وفيه يصب نهر بتشورا في خليج يحمل نفس الاسم. وهذه البحار كلها تقع في الدائرة القطبية الشمالية. وهي باردة وتعيش فيها فاونا وفلورا محبة للبرودة.

(٢) طابق الأبشيروني Apsheronian stage: بإسم شبه جزيرة أبشيرون، وهو أحد طوابق البليوسين العلوي (المتأخر) في حوض بحر قزوين Caspian sea. والأبشيروني هو اسم طابق محلي خاص بمناطق القفقاز، كان مستخدماً في الجداول الستراتيغرافية للاتحاد السوفيتي، ومازال مستخدماً الآن في الجيولوجيا الروسية والقفقازية.

القسم العلوي من الطابق الموسكوفي Moscovian stage في إطار المنخفض المحيط بموسكو (الموسكوفي أيّ!، في أفقيّ: بودولسكي Podolskian horizon وميانشكوفسكي Myachcovskian horizon)، حيث في شرق السطيحة الروسية، تظهر تلك المستحاثات في القسم السفلي من ذلك الطابق. وكذلك، في مقاطع منعطفات سامارسكي ومنطقة كوبيشيفسكي على نهر الفولغا، في التوضعات التي تظهر كنظائر لأفق فيريسكي Vereeskii horizon، أي أفق horizon القسم السفلي الأدنى من الطابق الموسكوفي، في إطار منطقة موسكو، حيث تصادف بعض الأنواع التي لا يعرف مثيلاً لها إلى الأسفل من مستوى كاشيرسكي Kacherskii horizon، وعلى سبيل المثال النوع *Neospirifer attenuatiformis* **Ivan,** ومن مجموعة كوريستيتس Choristites Group النوع **Eiohw-** *Choristites priscus* . وإننا نجد أيضاً عناصر أخرى مشابهة لعناصر المستويين الكاشيرسكي والبودولسكي في معادلات الطبقات العليا في منطقة حاجز فياتسكي ومنطقة كاما بالقرب من جبال الأورال. ومن أجل توضيح تلك الحقيقة يمكن التأمّل في الظرفين الآتيين. قبل كل شيئ في حالة الخصائص الباليونتولوجية للطبقات العليا **للمنطقة المحيطة بموسكو**، تلفظ بالروسية (podmoskvoi)، والتي تعكس إلى درجة كبيرة، الشروط البيئية غير الملائمة التي كانت تسود في تلك المنطقة، في لحظة بداية التجاوز الكربوني الأوسط Meddle Carboniferous regression إلى الشرق من السطيحة، وخاصةً في منطقة الأورال Ural mountains، حيث لا يلاحظ توقف (انقطاع) عن الترسيب في قاعدة توضعات الطابق الموسكوفي، فإن مستوى الفيريسكي Vereeskii horizon، فيما يتعلق بموضوع السحنات، لا يتميز عن الطبقات الواقعة إلى الأعلى منه، كما هو الحال في المنطقة المحيطة بموسكو. وبهذا الشكل، في مناطق

على نهر الفولغا وحول جبال الأورال خلال عصر الفيريسكي ظهرت أنـواع، لم تستطع لأسباب بيئية بحتة أن تتغلغل في الحوض حول الموسكوفي. أمـا بخصـوص العامل البيئي، فيمكن إيضاحه بأن مجموعات عضديات الأرجل Brachepoda، المشابهة لتلك المعروفة من أفق فيريسكي لمناطق الفولغـا – أورال، فهـي تحمـل معقدات عضديات أرجل أكثر غنىً وتنوعاً منها في المنطقة المحيطة بموسكو.

أما العامل الأخير المحتمل، الذي يعود إليه السبب في إنزلاق البراكيوبودا عـبر المقطع، فيتمثل بالهجرة التدريجية للبيراكيوبودا. ويمكـن الـتفكير، بـأن فاونـا البراكيوبودا في الطابق الموسكوفي تشكلت في بدايـة الأمـر في حـوض الأورال الجيوسينكليناليي، ومن هناك انتشرت بالتدريج نحو الغرب. وإذا ما قبلنا بمثل هـذا الاحتمال يصبح التوضع طبيعي تماماً ومنطقي، بخصوص الحقائق حول بعض التأخر في ظهور بعض الأشكال المستحاثية المستقلة في المناطق الواقعة أكثر نحو الغرب من السطيحة الروسية Russian platform، بالمقارنة مع المناطق الواقعة أكثر نحـو الشرق، وخاصة في مقاطع مناطق الأورال. وبالتأكيد فإن توزع الفاونا في الشرق والغرب من السطيحة الروسية يحدده تأثير هذين العاملين المذكورين.

وأخيراً فإن حالة خاصة، تلعب دوراً هامـاً في إعاقـة اسـتخدام الأشـكال المستحاثية المرشدة، وهي ارتباط تلك الأنماط المستحاثية بأقاليم أو مناطق جغرافية حياتية قديمة Paleo- bio- Geographic Regions.

إن الأشكال المستحاثية التي تتمتع بانتشار عالمي، وعلى سبيل المثال أمونيتـات طابق الهيتّانجي Hettangian[1] من الجنس *Psiloceras*، تشكل انزلاقاً لا يذكر بين كتلة المادة المستحاثية كلها، التي يمكن استخدامها لأغراض التحليل الطبقـي.

---

(1) طابق الهيتّانجي Hettangian stage: هو أدنى طوابق الجوراسي السفلي المعروف باسم Lias.

لذا، وكقاعدة عامة، فإنه يمكن استخدام الأشكال المرشدة من المستحاثات بشكلٍ فعّال في إطار مناطق محدودة المساحة كثيراً أو قليلاً.

يقودنا ما ذكر عموماً، إلى استنتاج هام حول ضرورة التعامل بحذر وبرؤية نقدية فيما يتعلق باستخدام المستحاثات المرشدة لأغراض التصنيف الطبقي للتوضعات الرسوبية. **وبذا فإن. اختيار أياً من الأنواع المستحاثية بصفتها مستحاثات مرشدة، يجب أن يخضع مباشرة وبشكلٍ مسبق لاختبار متأنٍ فيما يخصُّ مجالات التوزع والانتشار الطبقي لتلك الأنواع ضمن مقاطع خاصة، وتحليل درجة ارتباط ذلك النوع بالسحنات.** وكذلك يجب وبدقة، لدى الانتقال من منطقة إلى أخرى، اختبار الأزمان الطبقية (العمر) للأشكال المرشدة، التي تمّ تحديدها في المناطق المدروسة سابقاً. ومن المنطقي والطبيعي أن تتأكد وتتوثق تلك المهمة بشكل ملموس عند مضاهاة المقاطع القريبة من بعضها البعض. وفي أحوال كهذه، عندما تكون الانزلاقات الهامة المتعلقة بالأعمار قليلة الاحتمال، أما السحنات فهي ثابتة نسبياً، فإن المستحاثات المرشدة تظهر بصفتها قرائن مميزة محددة للطبقات أو للحزم الصخرية المميزة، ولذا فهي تحظى بأهمية كبيرة. وبالإجمال، وبغض النظر عن كل الأهمية والحاجة إلى استخدام المستحاثات المرشدة، فإن دورها عند مضاهاة المقاطع يمثل الآن أهمية أقل مما كان عليه الأمر منذ بضع عقود من السنوات الماضية.

إنّ المضاهاة الطبقية المعاصرة تعتمد بشكل رئيسيّ ليس على مستحاثات مرشدة مستقلة، بل على تحليل مجموعات Assemblages المستحاثات الحيوانية والنباتية، كما وتستخدم الطرائق الاحصائية لمعرفة توزع عناصر تلك المجموعات كماً ونوعاً، في كلٍ من أجزاء التتابعات الرسوبية Sedimentary Sequences للمقاطع المدروسة.

٣-٢- ١١ : طرائق المستحاثات المجهرية- طريقة عزل المستحاثات الصغيرة المقاومة للحموض عن البقايا غير القابلة للانحلال

Separation of Fossil Micro-Organisms

تجري الدراسة البالينولوجية للصخور الرسوبية ودراسة المستحاثات الكبيرة والصغيرة لعديمات الفقار في نفس المادة المعدة للدراسة والتحليل عادة بشكل منفصل، رغم أنه في كلا الحالتين المذكورتين يتم استخدام نفس الطريقة في المعالجة. والتي تعتمد على اختلاف قابلية انحلال البقايا المستحاثية أوتلك التي يظهرها الصخر الحامل للمستحاثات نفسه. إن الطريقة التي سنصفها تمكننا من عزل جميع المستحاثات الصغيرة التي لا تبدي قابلية للذوبان في الحموض، رغم استخدام أي من الطرائق المستخدمة لإذابة المادة المكونة للصخر الحامل للمستحاثة. بفضل هذه الطريقة، يمكن التخلص من المصاريف الزائدة والحلول غير المنطقية المطبقة في أكثر الأحيان في بعض المختبرات، والتي قد تؤدي إلى ضياع معلومات باليونتولوجية هامة جداً في (بالوعات بعض المختبرات)، دون الاستفادة منها. كما تمكن، هذه الطرائق، من كشف وجود المستحاثات الصغيرة في بقايا مادة الصخر الغير القابلة للانحلال، دون بذل جهد يذكر. تلك البقايا التي نحصل عليها لدى معالجة العينات من أي صنف من الصخور غير القابلة للذوبان، حتى وإن لم يكن هناك فائدة من دراسة المستحاثات الصغيرة غير القابلة للذوبان في الحموض بالتفصيل. فواقع الأمر أن وجودها يعدّ مهماً جداً بالنسبة للجيولوجي. وفي الحقيقة، إن الملاحظة المتعلقة بوجود مادة جيدة للدراسة، قد يسوق لاحقاً إلى متابعة دراسة الرسوبات المعنية وإعطائها اهتماماً أكبر.

إن ذلك الإدخال السريع والمثمر للمستحاثات المجهرية في الستراتيغرافيا يرتبط قبل كل شيء بحجوم مواضيع البحث، التي توفر إمكانية العثور عليها محلياً في

أقسام المقطع كافة (بالنسبة للمتعضيات البحرية- في كل مقطع السماكات البحرية)، الأمر الذي له أهمية خاصة بالنسبة للمادة اللبابية Core. لذا، من أجل مقارنة المقاطع من الآبار Borehole، تمثل المادة المايكرو باليونتولوجية قيمة كبرى، لأن قواقع المتعضيات الكبيرة تصادف بشكل نادر في المادة اللبابية (لبابات الحفر الناتجة عن اختراق الآبار)، كما أنها إن وجدت فتكون سيئة الحفظ، الأمر الذي يُصَعّب تحديدها تحديداً دقيقاً من الوجهة التصنيفية. وأخيراً، غالباً ما يكون صعباً استخدام لقى مستحاثية مجزأة للمتعضيات الكبيرة، في مضاهاة الثخانات الرسوبية. كما توجد خاصة هامة أخرى للأجسام المستحاثية المجهرية في الاستخدامات الطبقية: ففي الكثير من الأحيان إنها تتوزع دون انقطاع في كل المقطع، لذا يمكن التعرف بدقة ووضوح على الحدود البيواستراتيغرافية، بناءً على تغيرات معقدات المنخربات. والأوستراكودا والبولن وغيرها. الأمر الذي يظهر مؤسساً بالكامل للبقايا الكبيرة للمستحاثات النباتية والحيوانية في المقطع غالباً ما يضطر الباحثين إلى توقيت الحدود البيواستراتيغرافية بناءً على التقسيمات الليثولوجية، إلى الآفاق المحددة أو إلى المستويات البيواستراتيغرافية التي تمّ تعيينها بالاستناد إلى الفاونا المجهرية.

إن هذه الطريقة، التي سنناقشها، تؤمن استخلاص المستحاثات الصغيرة المقاومة للحموض وفصلها عن البقايا المترسبة والمتبقية غير القابلة عادة للذوبان في تلك الحموض أو القلويات، ويتلخص العمل وفق هذه الطريقة بالمراحل التالية:

١- توضع المادة الرسوبية (العينة الصخرية) في وعاء كبير، يكون له أحياناً صحن يحمله. ويسهل عزل الأجزاء الكبيرة الحجم غير القابلة للذوبان بواسطة مناخل ذات فتحات إنفاذ متنوعة القياسات، وبمساعدة تيار من الماء الجاري لجرف العناصر الرسوبية الناعمة، مع تكرار هذه العمليات مراراً حسب الضرورة..

١- الراسب غير القابل للذوبان والمكوّن من بقايا غضارية ورملية وفلزية الخ... رقيقة يمكن فصله بالغسل والترشيح. وإذا كان من الضروري أخذ كمية الراسب الغير قابل للذوبان بعين الاعتبار عند إجراء الدراسة، فإن الحمض المستخدم في المعاملة والحامل لجزئيات Particles صغيرة الوزن، يجب أن يرشح. إن الراسب الذي يدخل في حالة معلق Suspension بسرعة (الراسب أو الغضار) والذي ينتج عن استخدام أي من الطرائق المتبعة للإذابة بإضافة الماء، يتألف جزئياً من مستحاثات صغيرة غير قابلة للذوبان في الحموض. وإن المستحاثات الصغيرة (العضوية التركيب أصلاً) المقاومة للحموض، تدخل في رابطة أو تماسك مع الصخور الغضارية، طالما أن الحدّ الأدنى لمتوسط تماسكها يؤدي إلى تعادل سرعتها في الترسيب مع سرعة ترسيب الغضار، وبمعنى آخر إن هذه الخاصة تؤدي إلى ترسبهما معاً، مما يجعل الفصل بينهما يحتاج إلى معالجة لاحقة.

٣- تجمع المواد الراسبة الرقيقة الثخانة على ورقة الترشيح العادية. وبما أن المستحاثات التي يدور الحديث عنها - ذات حجم أكبر بكثير من جزئيات الغضار (كلها تقريباً تزيد عن ١٠ ميكرون)، فإنها تتوقف وتحجز على المرشح (ورقة الترشيح أو غيرها). إن ورقة الترشيح ذات البنية النفوذة وكذلك بعض أنماط المحارم الورقية تعتبر مناسبة جداً للاستعمال، من أجل ذلك يمكن، لدى معاملة الرواسب غير القابلة للذوبان، ولأجل احتجاز جزيئات الغضار، استعمال أوراق الترشيح ذات بنية مايكرومترية الدقيقة.[1]

٤- إذا كان الأمر ضرورياً، يجب تجفيف ورقة الترشيح مع الراسب الرقيق بقصد الوزن، باستخدام ميزان رقمي Digital balance. يجب عندها ترقيم

---

[1] ثقوب مايكرومترية، أي ذات ثقوب فائقة الصغر.

أوراق الترشيح[1] بسهولة وحفظها. كي تدرس فيما بعد، علماً بأن عملية التجفيف بحد ذاتها تعتبر غير مرغوبة، وذلك لأن أكثر المستحاثات الصغيرة الغير قابلة للذوبان في الحموض أو القلويات، على الأغلب، لا **تتخرب** بنتيجة هذه العملية، لأنها مكونة من مواد مقاومة للحموض والقلويات مثل الكيتين والسبوروبولينين الخ... . وكذلك تبخير بقايا العضويات المعزولة من الرواسب المرشحة والجافة (وهذا يعطي نتائج جيدة). وإذا كان أمراً ضرورياً فتجب دراسة هذه البقايا العضوية في المستقبل.

٥- يعطي الراسب، من وجهة دراسته الباليونتولوجية، مادة غنية أكثر للدراسة والتعميم. وذلك بسبب أنه يمكن تركيزه أي إغناءه ودراسته بسهولة بالغة. وذلك بدراسة محتوياته من الأشكال الصغيرة. ويلزم لإجراء ذلك عدد كافٍ من الأوعية ليوضع فيها الأحماض والماء المستعمل في إجراء هذه العملية. و على الرغم من أن البقايا العضوية غير قابلة للذوبان في الحموض والقلويات والتي تطفو بعد التثفيل، كذلك الرواسب هي مركبات فلزية أو معادن وما شابه، تتمتع عادة بمقاييس صغيرة (أكثرها يتراوح بين ٢٠- ١٠٠ ميكرون). ولها كثافة متدنية (وزن نوعي يقدر بـ ١.٢ تقريباً)، لذا فهي تترسب بسرعة في وسط مائي، أما تلك الأشكال التي تطفو على السطح، فهي تطفو، لأنها تحمل عادة فقاعات غازية داخل كتلتها، أو بسبب فقاعات الهواء الناتجة عن التوتر السطحي للسوائل، أو غازات أخرى .

٦- من الجدير بالذكر، أنه من الممكن إيقاف أكثرها (المادة الراسبة) على

---

[1] بعض أوراق الترشيح ذات التركيب العضوي تكون قابلة للذوبان في البنزين والتولووين أوغيرها من المذيبات العضوية، وتسمى مرشحات غشائية، لكون المرشحات العضوية ذات الثقوب المايكرومترية (تقاس بالمايكرونات) مصنوعة من مادة عضوية قابلة للذوبان لدى وضع الأوراق في المادة المذيبة، فتنحل المرشحة (ورقة الترشيح) ويبقى الراسب ضمن المادة المذيبة، فنحصل عليه مستقلاً في أنبوب خاص بعد اللجوء إلى التثفيل.

سطح طبقة التوتر السطحي، ويمكن إنقاصها إلى الحد الأدنى. وذلك باستعمال مضادّ للرغوة أو قطرات من الأسيتون أو مادة تنظيف مناسبة (مادة غاسلة، سائل منظف أو الكحول الايتيلي). وعند ذلك سنؤمن ضياع الحد الأدنى من البقايا العضوية وذلك إذا صببنا السائل المتبقي بعد ترسيب (ترقيد) الراسب بحذر، وإن ليلة واحدة تعّد كافية بشكل تام لترسيب كل الجزئيات (الترقيد لمدة ٢٤ ساعة).

٧- بعد صب الماء فإن الراسب الرقيق السماكة (المحتوي على المستحاثات الصغيرة) يتم سكبه في وعاء أقل حجماً من السابق وذلك لإجراء عملية اغناءه أو لتجهيز المحضرات المجهرية أو بقصد الحفظ المؤقت. وهي الطريقة المثالية لترتيب مراحل عملية السكب.

٨- يمكن الكشف عن وجود البقايا العضوية الصغيرة بدراسة عينة صغيرة من الراسب الرقيق بشكل معلق مائي (الوسط الحامل هو الماء) في بلورة ساعة، أو في علبة بتري أو في حرشفة ألوان صغيرة، والشبيهة بزجاج الساعات الساراقوسطية. وتدرس بتكبير يعادل ٦٠- ٧٠ مرة. وسنجد بعد ذلك أنه يمكن تمييز حبات الطلع والأبواغ والهستريكوسفيريدات والكيتينوزوا وغيرها بدون صعوبة. وكذلك يمكن أن نميز الأشكال الأخرى المشابهة. ومن أجل الدراسة التصنيفية Taxonomy لهذه الأشكال، فمن الضروري استعمال تكابير أو مكبرات أعظم تكبيراً من المذكورة سابقاً. وإنه لمن المعروف، أن الباحث غير المتخصص بتلك الأنماط المستحاثية، لن يفشل في تحديد وجودها من عدمه!.

وتتألف تلك المستحاثات بشكل أساسي من مواد كربوناتية شمعية متغيرة المظهر، أو من الكيتين، أو من السبوروبولينين التي تتكوّنُ منها جدر خلايا الأبواغ

وحبوب الطلع، وتكون تلك ذات لون أصفر أو بني خفيف عادة[1]. وبالطبع، فإن راسب المحلول غير المرشح يحتوي على كمية كبيرة من مواد شائبة عديمة الشكل ومواد فلزية، تكون مختلطة مع المستحاثات الصغيرة.

٩- إن طريقة تجهيز المحضرات البالينولوجية المجهرية تتعلق إلى حد بعيد بالبند السابق، هذا لأن تلك المرحلة تهدف إلى زيادة تركيز Enrichment البقايا العضوية وفصلها عن جزيئات العكر (الراسب)، التي تتمتع بنفس الكثافة والمقاييس تقريباً. ومن أجل ذلك فمن الضروري، استخدام المثفلات Centerifuge وتجهيزات مخبرية أخرى. أما من أجل تقرير وجود الأشكال المستحاثة فقط، فيكفي أن نمتلك وعاءً إضافياً من أجل فحص الراسب بمساعدة مكبرة ذات عينيتين وتكبير مناسب أو مجهر مناسب.

١٠- إن أبسط طرائق عزل الأشكال المستحاثية المختلفة هو جمعها من الراسب مباشرة بواسطة إبرة مسطحة. ثُمّ تتم دراسة الأبواغ أو غيرها من البقايا العضوية تحت ساترة وفي قطرة من الماء أو الغلسيرين فوق شريحة زجاجية (لصنع محضر مجهري مؤقت). ويجري الفحص المجهري باستخدام المجهر بتكبير ٤٠٠ – ٥٠٠ مرة. إن أهم سلبيات هذه الطريقة هو إضاعة كمية كبيرة من الزمن في جمع واختيار كمية كافية من الأبواغ أو الطلع أو غيرها من المستحاثات الصغيرة الحجم Micro- fossils عادة في معقد المستحاث في العينات المدروسة. ومن المفيد جداً، جمع عدد كافٍ من النماذج أي الأفراد، وذلك للوقوف على الأوضاع

---

(1) تتلون غُلَفْ حبوب الطلع والأبواغ المستحاثة باللون البني كلما كان عمرها الزمني أكبر، ويُعوّل على ذلك في معرفة قدم المادة الطلعية بالمقارنة بين ألوانها مع جداول معدة خصيصاً لهذا الغرض. مما يمكننا من تقدير عمر الطلع والأبواغ وعمر الرسوبات الحاملة لـه.

التصنيفية للمستحاثات (نسبها التصنيفي) بالنسبة لأكثر الأشكال وجوداً، والنسب المئوية لتواجدها في المعقدات المستحاثية.

١١- إن المرحلة التالية من معاملة الراسب تتم وفق الطريقة البالينولوجية العادية الموصوفة من قبل فانك هاوزر وإيفيت، ستيبلين وآخرون وشوبف وغيرهم من المؤلفين.

١٢- إذا كنا قد تخلصنا تماماً من الكربونات والشوائب الحديدية وذلك بنتيجة المراحل الأولى للعملية فإن الخطوة التالية تكون عادة موجهة لعزل السيليكات وذلك بالمعالجة بحمض فلور الماء.

١٣- إن الأكسدة التفاضلية للراسب العضوي يمكن استخدامها بعد ذلك لزيادة تركيز المستحاثات. ومن المفضل تجهيز محضرات دائمة، وذلك إذا اقتضت الضرورة استخدام المستحاثات لأي نوع من الأبحاث المتعلقة بالقضايا التصنيفية Taxonomy.

وقد لا نحتاج إلى تجهيز أي محضرات أو شرائح مجهرية إضافية، أو لأبحاث خاصة، وذلك إذا كان يهمنا بالدرجة الأولى معرفة كمية الراسب غير القابل للذوبان. وإن الرواسب غير المعالجة يمكن دراستها بسرعة وكذلك حفظها لاستغلالها في دراسات لاحقة. وعند ذلك، فمن الممكن اتّباع طريقة أكثر بساطة في الإذابة.

إن الكشف البسيط عن وجود أو غياب المستحاثات غير القابلة للذوبان في الحموض والقلويات في الرواسب غير المعالجة أمر مهم بشكل كافٍ، لكي نبرر إضاعة جُهد إضافي من أجله. إضافة إلى ذلك، فإذا وزن العينات الصخرية قبل بدء المعالجة وحفظ الراسب بكامله يجعل من الممكن بسهولة الوقوف على كمية أو درجة تواجد أي من الأشكال المستحاثة في العينات. فمثلاً إن مؤشر عدد أبواغ

النباتات القارية بالنسبة لوحدة الصخر (غرام وزني أو سم^3)، يمكن أن يستخدم للحصول على كثافة أو (غزارة الانتشار Disperse) بالنسبة للطلع وللأبواغ المؤاقتة لزمن تشكل الرسوبات.

وأخيراً لا بد من مراعاة ما يلي:

١- بعد إذابة العينة المدروسة بالحمض يوضع الراسب غير القابل للذوبان (الغضاري والفلزي أو غيره) في وعاء وتعزل منه القطع الكبيرة الحجم وغير القابلة للذوبان أيضاً.

٢- يتم الترشيح باستعمال أوراق الترشيح في قمع زجاجي ويجري الغسل بالماء المقطر دوماً.

٣- يرشح الحمض أو القلوي المستخدم لإزالة الجزئيات التي يحملها وهي (صغيرة الوزن)، وذلك كي لا تسيء إلى إمكانية تحديد وزن الراسب المعد للدراسة.

٤- يُصَبُّ على الراسب ماءٌ مقطرٌ تكراراً للغسل بعد كل مرحلة معالجة ثم يُرَقَّدُ الراسب ١٢ إلى ٢٤ ساعة وتكرر العملية مراراً.

٥- يرشح المحلول الأخير مع الراسب، فنحصل على راسب يحتوي بقايا مستحاثية عضوية وراسب فلزي على ورقة الترشيح غير قابلة للذوبان (بينما ورقة الترشيح أو المرشحة تذوب في المذيبات العضوية وتختفي تماماً) يمكن دراسته وهو حامل للمستحاثات المجهرية المطلوب دراستها بغزارة في أكثر الأحيان.

٣-٢- ١٢ : المضاهاة البيواستراتيغرافية بالاستناد إلى تحليل المجموعات المستحاثية النباتية والحيوانية:

Biostratigraphic correlation based on Fossil Faunal and Floral Assemblages

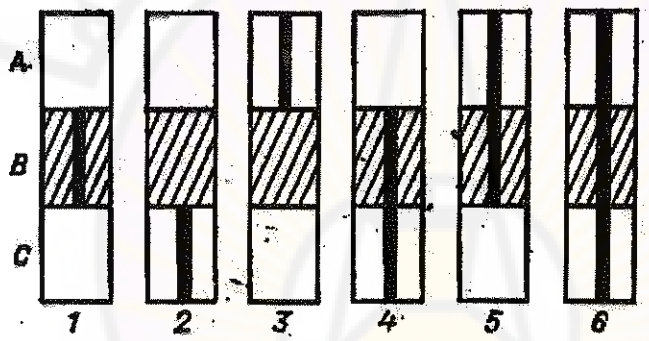
تعتمد طريقة المضاهاة البيواستراتيغرافية على رَصْد وتتبع آثار تواجد، ليس فقط المستحاثات المرشدة، بل ومجموعات محددة من المتعضيات المستحاثة.

إن طريقة المجموعات المستحاثية Fossil Assemblages Method أو المعقدات المستحاثية Fossil Complexes، تبدو بالتأكيد أكثر صعوبة بالمقارنة مع طريقة المستحاثات المرشدة، غير أنها تمتلك نقاط قوة لا مجال للنقاش فيها. فقبل كل شيء، بفضل أننا نقوم بتحليل ودراسة ليس أنواع مستقلة تم اختيارها مسبقاً، بل إن الأمر هنا هو دراسة، وتتبع آثار وجود مجموعات من الأجناس والأنواع ذات الأعداد الكبيرة أحياناً أو القليلة أحياناً أخرى. وبناء على ذلك يزداد عدد المقاطع التي تخضع للمضاهاة بشدة، طالما أنه يتم النظر، أثناء الدراسة والمقارنة، في مقاطع خاصة، والتي بالاستناد إلى شروط التكشف فيها يصعب ملاحظة السمتحاثات المرشدة، بسبب عدم تكشفها وظهورها للعيان وبسبب خصائص وظروف دفن تلك المستحاثات من نباتات وحيوانات، أو بسبب عدم صمودها لعوامل التلف التي تتعرض لها المادة الحية بعد موتها.

إن الميزة الأخرى التي تعطي أهمية وقوة لطريقة دراسة المجموعات المستحاثية، هي العدد الكبير بشكل ملحوظ للتكسونات Taxon التي يمكن استخدامها في مضاهاة الأشكال المستحاثية التي تخضع للتغير بشكل بطيء نسبياً، والتي كقاعدة عامة، يمكن مصادفتها في التكشفات وفي لبابات الحفر.

وفي النهاية، فإن أهم ميزة لطريقة المجموعات المستحاثية تتمثل بإمكانية التقييم

الموضوعي نسبياً للحدود البيواستراتيغرافية المتواقتة Isochronic Biostratigraphic Boundary. وفي الواقع وكما رأينا، فإن أي شكل مستحاثي بما فيها المستحاثات المرشدة، في أي مقطع خاص على حدة- بفضل تضافر شتى العوامل- يمكن أن تشغل وضعيات مختلفة فيما يرتبط بحدود وحدة بيواستراتيغرافية معينة (شكل ٦٧). وصولاً إلى حالة، أن الأنوع المميزة لتلك الوحدة في بعض المقاطع ستصادف فقط في الستراتونات Straton (الوحدات الطبقية المستحاثية) المتوضعة في مقاطع أخرى إلى الأعلى أو الأسفل من تلك السابقة الذكر.



الشكل ٦٧- الوضعيات المحتملة للمستحاثات المرشدة بالنسبة لحزمة الصخور الرسوبية B.

إن حوادث مثل هذه ممكنة بشكل مبدئي، بالنسبة للمتعضيات المستحاثية كافة دون استثناء، وحتى مستوى الأنواع النطاقية ضمناً (زيغلر، ١٩٧٢). وبكلمات أخرى، في بعض الحالات حتى ولو تواجدت المستحاثات المرشدة، فلا يجوز الاعتقاد بصحة العلاقات بين حزم الصخور التي تحتوي تلك المستحاثات بأنها تنتسب إلى استراتون محدد. غير أن إمكانية وحقيقة وقوع الخطأ تنخفض إلى النصف، إذا تتبعنا الستراتون، ليس بنوع واحد من المستحاثات بل بنوعين على الأقل، وتنخفض هذه النسبة أكثر إذا ما استخدمنا عند الدراسة ٣، ٤، ٥ أو أكثر من الأنواع. وبشكل عام فإن ظهور مجموعة Assemblage أو معقد

Complex الأنواع يسمح عملياً وبدون أخطاء، بتتبع الوحدات البيواستراتغرافية التي نهدف إلى دراستها. في تلك الحالات التي تدخل الأنواع فيها ضمن مجموعات. لا تمثل "بيوسنوزاً"[1] واحداً، (وبالتالي يسمح لنا هذا إلى درجة كبيرة بالتجرد عن السحنات)، فإن عدم تكرار تمازجها أو تداخلها بنفس الطريقة في مقطع، يعطي إمكانية تحديد وتمييز سقوفها المتواقتة، طالما أن التواجد المشترك والمستقلّ لبعض أشكال المستحاثات يمكن أن يجد له مكاناً فقط خلال قطاع محدد بدقة من الزمن. إن طريقة المجموعات والمعقدات المستحاثية بما تتصف به من عناصر قوة وَجَدَتْ استخداماً واسعاً في التطبيق العملي وتظهر كطريقة رئيسة في عملية المضاهاة والمقارنات البيواستراتيغرافية.

إن طريقة المعقدات أو المجموعات، مثلها مثل أي طريقة أخرى، تتمتع بالتأكيد بخصائص محددة. قبل كل شيء، لا بد لنا من تحديد معنى عبارة مجموعة أو جماعة Assemblage أو معقد Complex بدقة. ونجد في الأدبيات الجيولوجية مدخلين رئيسين مختلفين للقيام بتحديد من هذا النوع. إن غالبية الاختصاصيين، يحددون المعقدات الفاونية، بأنها تميز الوحدات البيواستراتيغرافية، والتي تُقَسَّمُ وفقاً لتلك المجموعات. فعلى سبيل المثال، حُدِّدَ بالنسبة للميزوزوي معقدات من: الأمونيتات والبلمنيتات وذوات المصراعين والمنخربات والشعاعيات والأوستراكودا. وبالنسبة لأعلى الباليوزوي وضعت معقدات للأمونايت

---

[1] بيوسينوز Biosynosis: هو مجموعة الكائنات الحية من حيوانات ونباتات وفطور وعضويات مجهرية التي تقطن معاً جزءاً من اليابسة أو الحوض المائي، وهي مجتمعة تشكل قسماً من النظام البيئي "Ecosystem".

والفوزيلينيدات[1] والأوستراكودا والبراكيوبودا وقس على ذلك.

في الواقع، غالباً ما تحدد المعقدات الفاونية بالاستناد إلى مجموعات مستقلة تختصُّ في المقاطع بحجوم أي بمدى Range طبقية مختلف، وبالتالي، يتم تحديد وتتبع مجالات الانتشار البيواستراتيغرافية المختلفة.

مثلاً، إن توضعات طابق الماستريختي في الدانمارك، وفي القسم الشمالي الغربي من ألمانيا، تتمثل بسماكة متماثلة من الحجر الكلسي الأبيض اللون تتراوح بين ٢٥٠-٧٠٠ م. في تلك التوضعات، تمّ تحديد معقدات للأمونايت، والبلمنايت و عضديات الأرجل والمنخربات والكوكوليتوفورايدات[2](Surlyk and Birckelund, 1977).

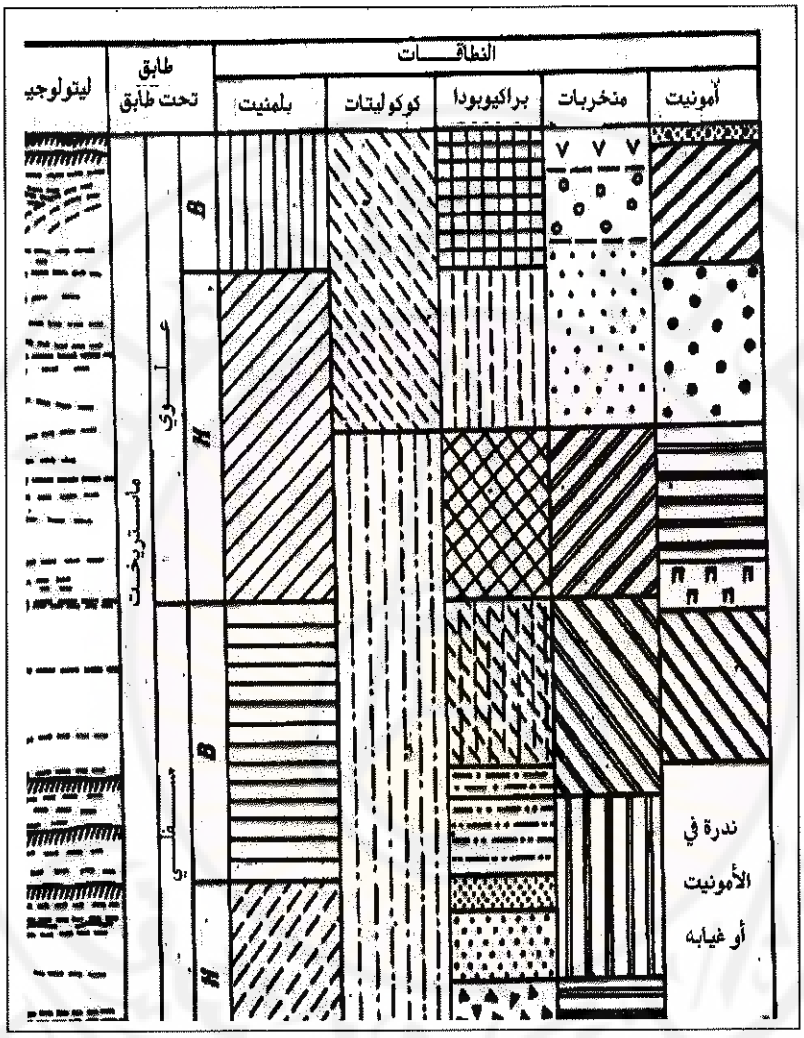
وفي الشكل ٦٨، يظهر كيف أن عدد الوحدات البيواستراتيغرافية، التي تمّ تحديدها بالاستناد إلى تلك المعقدات أو المجموعات المستحاثية ليست متماثلة (تم تحديد الوحدة رقم ٤ بالبلمنايت ورقم ٢ بالكوكوليتوفورايدات، ورقم ١٠ بالاعتماد على عضديات الأرجل، ورقم ٧ بالمنخربات، ورقم ٦ بالأمونايت) وهذه الوحدات تختلف حجومها لدرجة أنه، لا يوجد بينها حتى حدود بيواستراتيغرافية واحدة، يمكن تتبعها بناءً على المجموعات المستحاثية كافة. على الرغم من أنه بنفس الوقت، توجد مستويات متساوية القيمة تمّ تحديدها بالاستناد

---

[1] الفوزيلينيدات Fusulinida: رتبة من رتب المنخربات والجنس النموذجي هو Fusulina، لها قواقع كبيرة (حتى ١٠مم)، والجنس فوزيلينا لـه قوقعة مغزلية إلى إسطوانية (والاسم مشتق من اللاتينية Fusus- مغزلي) عليها تزيينات درنية متموجة.

[2] أشنات كوكوليتوفورايدات Coccolithophorides: تنتسب إلى رتبة Coccolithales أي الأشنيات الذهبية، وهي وحيدات خلية وقطرها لا يزيد عن ٣٠ ميكرون، مغطاة بصفائح كلسية دقيقة وصغيرة (كوكوليتات) تتكاثر بالأبواغ Zoospor. والكوكوليتات هي مستحاثات مرشدة للكريتاسي وخاصة للباليوجين والنيوجين.

إلى مجموعة من المعقدات، وحتى باستخدام معقدات أو مجموعات مستحاثية كاملة.



الشكل ٦٨ – علاقة الوحدات البيواستراتيغرافية المحددة بالاستناد إلى شتى المجموعات المستحاثية في توضعات الماستريخت في الدانمارك وشمال ألمانيا (عن **Surlyk, Bircklund, 1977**) مع بعض التبسيط.

إن أمثلة مثل النموذج الذي ناقشناه سابقاً، يمكن أن نجدها عملياً في أي نمط من الرسوبيات في كل مكان. لذا، وبشكل عام، يمكننا افتراض أنّ تركيب أي من المعقدات المستحاثية الحيوانية Fauna يجب أن يتضمن ممثلات مجموعة Group مستحاثية واحدة فقط، تميز في حوض ترسيبي محدد، التاريخ العام لتواجدها، وإلى حد بعيد، سرعات تطورها المقارنة. وبنفس الوقت فإن عدداً من علماء الطبقية لا يُقيّمون بدرجة واحدة، ضرورة احتواء المعقدات ممثلات الصفوف Classes كافةً، وحتى أنماط Type المتعضيات المستحاثة. وكأساس لمثل تلك التوصيات والتوجيهات، يظهر التصور فيما يتعلق بطبيعية وواقعية الحدود الطبقية Stratigraphic boundary، وإذا لم يكن جميعها، فعلى الأقل أكثر تلك الحدود التي يجب أن تعكس التغيرات (المتواقتة عبر الزمن) بالنسبة للوسط كما بالنسبة للأحياء Biots سواءً بسواء، وكما رأينا، إن العلاقات الحقيقية، التي نلاحظها في المقاطع، تبدو معقدة أكثر بكثير، وفي كل الأحوال، بعيدة جداً عن أي من التواقتات الخطية المستقيمة.

بالإضافة إلى ما تقدم، فإن المقارنات بين قطاعات المقاطع التي تتصف بطول مدة تشكلها زمنياً، يمكن أن تتم أو أن تنجز بمساعدة المعقدات والمجموعات المستحاثية التي تتضمن ممثلات لكل المجموعات المختلفة والأكثر اختلافاً عن بعضها. ومن الأمور الأشدّ تعبيراً في هذا المجال، الأبحاث الطبقية النباتية Phyto-stratigraphic، التي تعتمد على تحليل كل التركيب التصنيفي Systematic composition للنباتات Flora أو للغطاء النباتي Vegetation. غير أن، المضاهاة أو المقارنات الفيتواستراتيغرافية الواسعة (أي للمقاطع المتباعدة)، وكقاعدة عامة يجب أن تجري بدرجة من التفصيل حتى مرتبة تحت الزمرة Sub-Series أو القسم أي الزمرة Series. ولدى مضاهاة السماكات البحرية Marine

deposits، فإن درجة التفصيل المشار إليها، تصبح منطقياً غير كافية، لذا، ففي تلك الحالات، من الأكثر حكمة الاكتفاء بتركيب معقد مستحاثي لمجموعة Group واحدة من المستحاثات الحيوانية أو حتى، بأجزاء من المجموعات، مثلاً معقدات الاينوسيرامات[1] ضمن الجوراسي، والكريتاسي، ومعقدات المنخربات البلانكتونية ضمن (أو خلال) السينوزوي، وقس على ذلك....

إن من أصعب المسائل، مسألة تحديد الحجم الطبيعي للمعقد المستحاثي، أي تحديد وتعيين حدوده ضمن المقطع الجيولوجي. وبغض النظر عن أنّ المعقدات يجري تحديدها بالاستناد إلى مجموعة مستقلة يتم اختيارها، فليس من شكٍ بأنها تعكس تاريخ تطور تلك المجموعة في إطار حوض الترسيب المعني بالدراسة، وإن الاختلافات في إيقاعات (أي سرعة أو بطء) تطور الشعب Phylum، وفي سرعة الهجرة Migration، والخصائص البيئية للتكسونات، هذا من ناحية، ومن ناحية أخرى- عدم كمال المقاطع (أو نقصها)، وخصائص المتعضيات القديمة (المستحاثة أو غير المستحاثة) المدفونة ضمنها، واختلاف الشروط التي تلعب دورها في حفظ المادة المستحاثية، وقس على ذلك، فإنها تؤدي إلى أن، عالم الطبقات يضطرُّ خلال عمله العلمي التطبيقي (في الحقل)، وكقاعدة عامة، إلى الانشغال عن دراسة المعقد المستحاثي بصفته مرحلة تطورية أو منشئية لتطور المجموعة الحية التي ينتسب إليها، فيقوم بتعيين الحدود بالاستناد إلى الخبرة التجريبية، فيما يتعلق بمجال توزع أو انتشار مختلف التكسونات (الوحدات البيولوجية) على طول المقاطع للأنواع والأجناس التي تنتسب إلى تلك المجموعة، ويمكن نسب مختلف أشكال العلاقات

---

(1) اينوسيراموس Inoceramous: من الرخويات ذوات المصراعين رتبة Dysodonta، مميزة للجوراسي والكريتاسي العلوي. القوقعة مكونة من مصراعين متساويين ومتشابهين أو قليليّ الاختلاف.

المذكورة إلى حادثتين ممكنتين (الشكل ٦٩).

يؤخذ عادة شكل أو عدد من الأشكال من جملة مكونات كل معقد بحيث تكون تلك الأشكال مميزة بمجال انتشار طبقي محدود، أما انتشار بقية الأشكال فيقارن مع مجموعة الأشكال الأولى التي تلعب دور المرجع أو المرشد. إلا أن من الممكن أن نصادف حالة، حيث غياب (عدم وجود أو عدم توفر) تلك التكسونات ذات الانتشار المحدود، وأن نفهم عبارة (معقد) على أنها تجمع محدد للأنواع (Speices)، والذي كل منها يختص بمجال انتشار استراتيغرافي واسع. غير أنه في هذه الحالة يتوفر قسم من المقطع، تتواجد فيه تلك الأنواع مع بعضها البعض، وبطبيعة الحال فإن تحديد المعقدات بناء على الخبرة التجريبية يبدو موضوعياً بما فيه الكفاية. لذلك من أجل التوصل إلى فهم متعادل القيمة، فيما يتعلق بالمعقدات المستحاثية، وبالتالي من أجل مضاهاة المقاطع المتماثلة، يجب على كل علماء الطبقية **أن يضعوا وصفاً تشخيصياً دقيقاً للمعقدات، من أجل تحديد كل معقد على حدة بشكل واضح ودون لبس.**

وهكذا فمن أجل المعقد الذي يظهر في الشكل ٦٩- آ، نجد أنه يتميز بالآتي: ١- التواجد المشترك (أي في آن واحد) للأنواع ذات الأرقام ٣ إلى ١١، و ١٥ إلى ١٨. ٢- وجود الأنواع ٦ إلى ٨ فقط في المعقد المشار إليه، ٣- اختفاء الانواع ١- ٢ عند الحدود الدنيا للمعقد، وظهور الأنواع ٥- ٦ و ٨- ١٠، ٤- اختفاء الأنواع ٤- ٦ و ٨ عند الحدود العليا للمعقد وظهور الأنواع ١٢- ١٤.

بينما نجد تشخيصاً آخر للمعقدات في (الشكل ٦٩-ب). والذي يتميز بالميزات التالية: ١- تواجد الأنواع التالية في وقت واحد، ٢- ٨ و ١١- ١٤. ٢- اختفاء النوع رقم ١ عند الحدود الدنيا وظهور الأنواع ٦-٨. ٣- اختفاء الأنواع ٣- ٤ وظهور الأنواع ٩-١٠ على الحدود العليا للمعقد. وكقاعدة عامة فإن المعقد الذي

يتم تحديده في مقطع ما، والذي يظهر بذلك مرجعياً، يجب تدقيق تفصيلاته الجزئية بعناية من خلال دراسة سلسلة كاملة من المقاطع المجاورة. وعادة ما يعاني تركيب المعقدات من بعض التغييرات في كل مقطع من المقاطع المدروسة، ولكن بالاستناد إلى كون المعقد والوحدة البيوستراتيغرافية المرتبطة به، يتم تحديدها بعدد كبير بشكل كاف من الأشكال المستحاثية، فمن الممكن بشكل أساسي تتبع ذلك المعقد أفقياً إلى مسافات بعيدة. وهذا الفعل على وجه الخصوص، هو ما نسميه بالمضاهاة الجيولوجية للمقاطع سواء أكانت تقع في إطار إقليمي جيولوجي محدد، أو أنها تنتسب إلى أقاليم جيولوجية مستقلة عن بعضها البعض. ويمكن القول، أن المضاهاة بين معقدات المستحاثات الحيوانية أو النباتية بشكل موضوعي، يجب أن تستند بالدرجة الأولى على مواصفات تلك المعقدات وخصائصها. لذا فإن اختفاء أو إغفال وجود بعض الأشكال المستحاثية المميزة من المعقد لا يعتبر عائقاً يمنع تتبع معقد ما في حالة كهذه، في الوقت الذي يمكن تحديد الخصائص الأساسية للمعقد في مقطع جيولوجي محدد نقوم بدراسته. ومن الأمثلة البارزة لحالة كهذه هي حالة نطاق *Epivirgatites nikitini* (في القسم العلوي من تحت طابق *Volgiskii* الأوسط. ضمن المقطع النموذجي Stratotype لهذه الوحدة البيواستراتيغرافية، فإن النطاق يمكن أن تكون له الخصائص التالية:

١- يصادف فقط في هذا النطاق بغزارة ملحوظة أفراد النوع *Epivirgatities nikitini* (Mich.) ويصادف بندرة كبيرة الجنسين *Laugeites* و*Paracraspedites*.

٢- يختفي عند الحدود الدنيا للنطاق الجنس *Virgatities*.

٣- يظهر عند الحدود العليا للنطاق الجنسين *Kachpurites* و*Craspedites*.

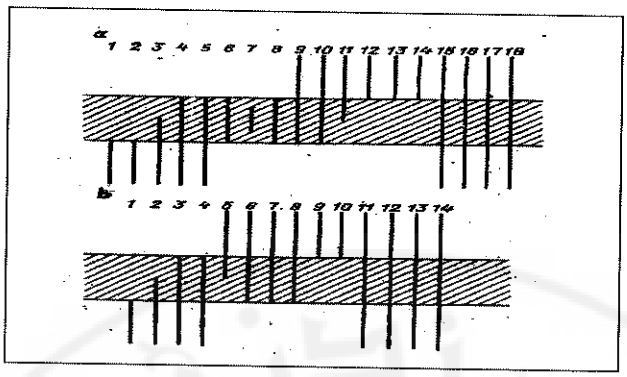
إن العثور على النوع *Epivirgatities nikitini* نادر جداً في أعالي وادي نهر الفولغا (منطقة سد رينسكي). من خلال جمع المستحاثات عبر سنوات طويلة والتي وصل عددها إلى عددٍ من مئات النماذج، من قبل أ. ن. ايفانوفا، أمكن ملاحظة نموذجين فقط من الأمونايت، اللذان ينتسبان إلى ذلك النوع. في ذلك المكان يسيطر الجنسان *Laugeites* و*Paracraspedites* بقوة، وتحصل نفس التغيرات على حدود النطاق Zone. لذا، بغض النظر عن الغياب الفعالي للأشكال الأكثر تمييزاً للنطاق- أي الأنواع المميزة، فإن توضعات النطاق نيكيتيني Nikitini Zone، تم تشخيصها (العثور عليها ووصفها) في أعالي نهر الفولغا.

تكتسي الأنواع المسماة الضروب (مفردها ضرب Variant) أي البدائل الجغرافية[1] أهمية خاصة عند مضاهاة المقاطع الجيولوجية البعيدة عن بعضها بعداً كبيراً. ويظهر هذا النوع من المستحاثات ضمن المجموعات الفاونية بصفتها ظاهرة واسعة الانتشار. وهكذا فإن سنسار[2] الغابات الأوروبي يختلط في سيبيريا مع السمّور، والثور البري الشرق أوروبي – يقابله البيزون Beson في شمال أمريكا وهكذا.

---

[1] بديل جغرافي أو ضرب (Variant)، من اللاتينية (vicarius- تتخالط جنسياً أو تتصالب مع بعضها البعض) وهي أنواع نباتية وحيوانية قريبة من بعضها البعض عرقياً.

[2] السنسار أو الدلق، أو السمّور حيوانات برية متقاربة في الهيئة.



الشكل ٦٩- أمثلة تحديد الوحدات البيواستراتيغرافية وتحديد حدودها بطريقة تحليل مجالات الانتشار الطبقي لأنواع مستقلة ضمن المعقد.

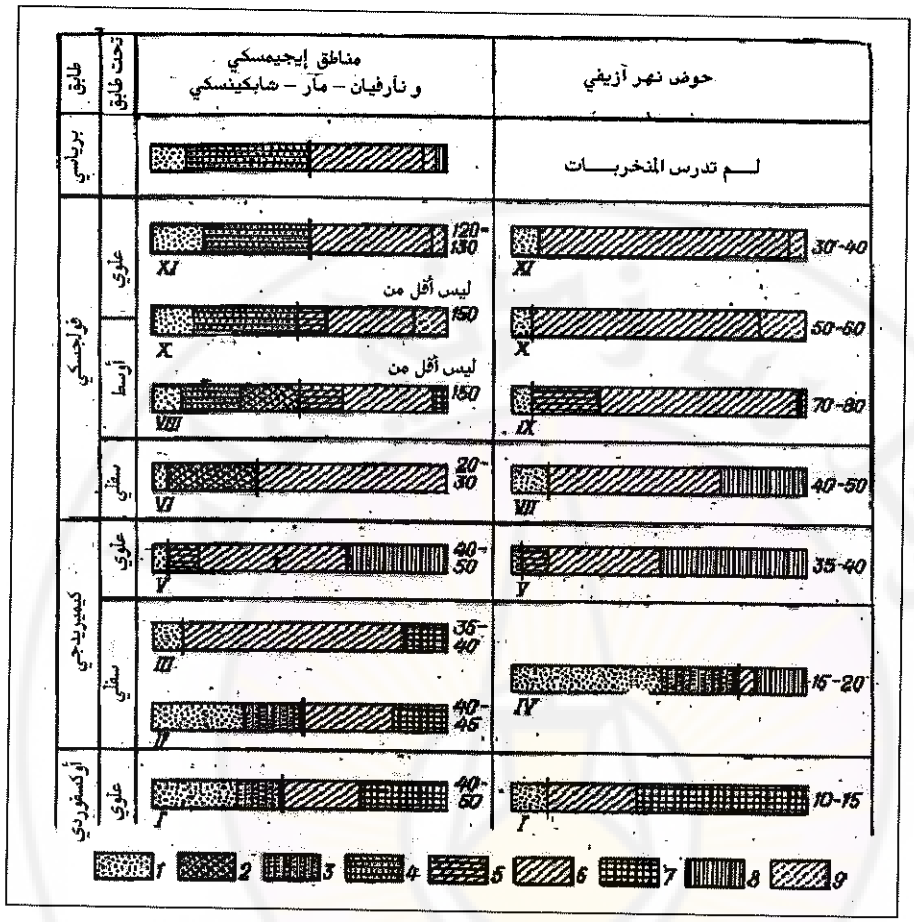
ولا يقل انتشار أمثلة الضروب أو البدائل الجغرافية في الفاونا والفلورا القديمة. ونسوق على سبيل المثال عن ذلك، النوع برودوكتوس *Productus (Horridonia) horridus* **Sow.**, من منطقة تسيخشتاين، الذي يقابله أو يوافقه في المناطق القطبية Arctic region النوع *P. (H.) borealis* **Haught.** ، أو الامونيت من الكيميريدجي السفلي *Pictinia baylei* **salf.**, الواسع الانتشار في شمال- غرب أوروبا، ويستبدل في المناطق القطبية بالنوع *P. involuta* **Mesezhn.** في أحوال كهذه يمكن تتبع المعقد المستحاثي عادةً لمسافات بعيدة بقدر ما يكون المعقد أقلّ ارتباطاً بالسحنات الرسوبية. وفي الواقع، فإن معقدات المستحاثات السابحة Nekton والعالقة Plankton غالباً ما يكون لها توزع على شكل حُزَمْ، بينما وبنفس الوقت، يكون لمعقدات المستحاثات القاعية Benthic غالباً توزع محدود على هيئة نطاق سحني Facial Zone محدود المساحة.

في الشكل ٧٠، يظهر تركيب معقدات المنخربات لطابقي الكيميريدجي

والفولجسكي Volgian stage[1]، والتي قام بدراستها س. ب. ياكوفليف عبر مجموعة من الآبار Bore holes في حوض نهر بتشورا. إن التوضعات التي تَمَّتْ دراستها في غرب المنطقة، تتمثل بشكل رئيسي بصخور كربوناتية، ورسوبات غضارية وغضارية رملية Silt، أما في الشرق من حوض نهر أوزيف- فهي بشكل رئيسي مكونة من الألفرايت والرمال. ويظهر على الجداول المعروضة بوضوح، تغير التركيب التصنيفي للمعقدات، بالنسبة للعدد الأكبر من الوحدات البيواستراتيغرافية. وقد تكون التغيرات أحياناً كبيرة جداً، فعلى سبيل المثال في الكيميريدجي السفلي، وفي تحت طوابق الفولجسكي السفلي والأوسط، لدرجة أنه من أجل تلك المستويات يجب تحديد مستويات Horizons مستحاثية مجهرية Microfossils موازية Parallel، وأن المضاهاة المباشرة لتلك المستويات بين بعضها ليست بالممكنة، وتتم مضاهاتها عبر لقى الأمونايت المرافقة. وبشكل مماثلٍ، فإن مضاهاة المعقدات المستحاثية غير المتشابهة في تركيبها التصنيفي، إلا أنها تحتل مواقع متماثلة في المقاطع الجيولوجية والتي تنتسب إلى الباليوزوي المتأخر وهي مكونة من البراكيوبودا Bracheopods، أو من المرجانيات Corals، فيتم عن طريق ربطها بمعقدات الفوزيلينيدات، أما مضاهاة مثل تلك المعقدات من الرخويات الكاينوزئية- فيتم عبر ربطها بمعقدات المنخربات البلانكتونية وقس على ذلك.

---

[1] طابق الفولجسكي Volgian stage: أسمي بهذا الاسم، بسبب توزع توضعاته في وادي نهر الفولغا في روسيا، وهو يعادل في حوض البحر المتوسط طابق التيتوني.- وصفه العالم الجيولوجي الروسي نيكيتيف، ١٨٨١. وهو الطابق الرابع من الأسفل في جملة الجوراسي.



الشكل ٧٠– تغير تركيب معقدات المنخربات للجوراسي العلوي في حوض نهر بتشورا تبعاً للسحنات (عن ياكوفليف).

الرموز: ١– أشكال منخربات ترافق السحنات الرمليـــة، ٢– أناكســـوفراغمويدات، ٣– سبيروبلاكتامينات، ٤– ليتوليدات، ٥– أشكال ترافق السحنات الكلسية، ٦– نودوزاريـــات، ٧– ايبيستومينات، ٨– بسيودولامار كينات، ٩– بوليفورمينيدات.

Zone النطاقـــات: *I- Epistomina uhligi, II- Spiroplectammina, III- lenticlina kusnetzovae+ Epistomina. Praetatarieusis, IV- Reophax sterkii + sperplectamminaex gn tobikkensis, V- pseud lamarckina Lopsiensis, VI- Verneuilinoides kirillae + lenticulina sokolovi, VII- pseudolamarkina voliaensis, VII- Dorothia tortusa, Ix- Linticallina*

infravolgaesis + Saracenaria pravoslavlevi, X- Hinticulina ponderose + Spiro frondicularia rhabdogonioides, XI- Bullopora vivejae.

وهكذا، على الرغم من أن المعقدات المستحاثية النباتية والحيوانية وما يقابلها من وحدات بيواستراتيغرافية يتم تحديدها بناءً على مجموعات مستقلة، ففي التطبيق العملي، وكقاعدة عامة، تظهر ضرورة إجراء ربط وثيق بين الجداول الستراتيغرافية Stratigraphic Charts، التي تمّ إنشاؤها بالاستناد إلى مختلف المجموعات المستحاثية. وبهذا الخصوص، فإن المعقدات التي يتم تحديدها من مكونات مختلف المجموعات المستحاثية، تظهر بأنها أكثر ملائمة للاستخدام للأغراض التطبيقية. غير أنه، وكما رأينا، فإن تلك المعقدات قليلة الوجود فعلياً، لذلك توجد في علم الطبقية المعاصر قاعدة لمضاهاة المعقدات التي تمّ تحديدها **باستخدام مختلف المجموعات المستحاثية. والتي يظهر على أن أكثرها موضوعية بطبيعة الحال، هو تحديد العلاقات الحقيقية للمعقدات ضمن المقاطع الجيولوجية.**

لنفترض أنه في سلسلة محددة من المقاطع التابعة للكريتاسي العلوي، والتي تمّ تحديدها باستخدام نطاق البلمنايت Belemnite zone (A). إن القسم الأوسط من ذلك النطاق، يوافق طبقة حاملة لمعقد عضديات الأرجل (B) Brachepod الشكل ٧١– آ. في سلسلة أخرى من المقاطع، يتم تحديد معقد في النطاق A من البراكيوبودا هو C، بحيث انه يتداخل بعض الشيء في القسم السفلي من المقطع. وبغض النظر عن أن المعقدين B و C تمّ وصفهما وتحديدهما ضمن وحدة استراتيغرافية واحدة، هي (النطاق A)، فإن مضاهاتهما مع بعضهما لا يجب النظر إليها كمسألة من المسلمات التي لا يجوز الجدال فيها، لأنه من غير الواضح، كون المعقد C يظهر بأنه أقدم عمراً بالمقارنة مع المعقد B، أو حتى بالنسبة لامتداداته نحو الأسفل في المقطع والذي تسبب عن حت وتعرية القسم السفلي من النطاق A. وبطبيعة الحال فإن استنتاجات مثل هذه، تكون ممكنة فقط

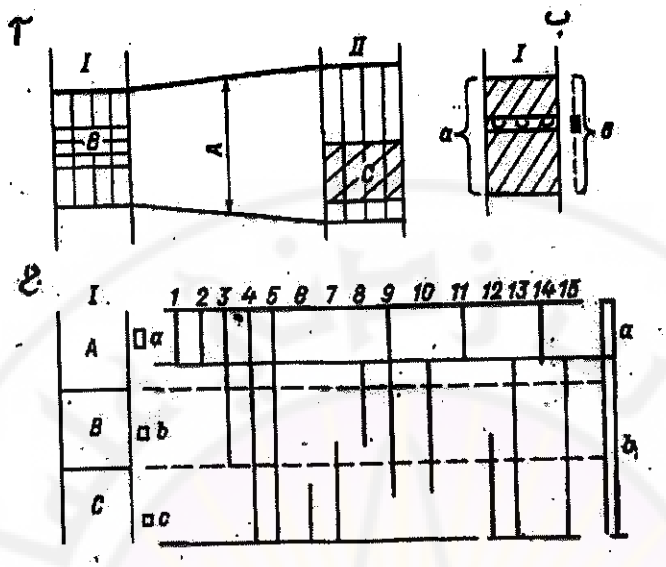
عند وجود معطيات أو معلومات كافية حول الخصائص الفاونية للمقاطع. وغالباً ما يواجه عالم الطبقات مضاهاة معطيات مجتزأة، وسننظر الآن في حالتين مميزتين محددتين منهذا القبيل.

في المقطع العلوي I تمّ تحديد معقدٍ من المنخربات هو a. وفي القسم العلوي من المقطع لوحظ وجود طبقة قوقعية تحمل معقداً من الأمونيتات، تشير إلى النطاق B (الشكل ٧١- ب). وفي حالة غياب معطيات أخرى إضافية، يجد عالم الطبقية نفسه مضطراً لنسب الطبقة ذات المعقد a إلى النطاق B. غير أنه من غير المستثنى، أن يتم في الدراسات اللاحقة اكتشاف وجود مستويات جديدة حاملة للأمونايت، ويظهر عندها أن المعقد a يتطابق (أو يتفق) مع نطاقين أو ثلاثة نطاقات من الأمونايت. وبهذا الشكل، فإن نَسْبُ الطبقات الحاملة للمعقد a إلى النطاق B في هذه الحالة يبدو شرطياً، وتلك الشرطية يجب أخذها بعين الاعتبار لدى اتخاذ القرارات والاستنتاجات اللاحقة كافةً. غير أنه من المكن حصول حالة معاكسة تماماً: فعلى أساس تحليل عينات مستقلة في مقطع جيولوجي، أن يتم تحديد ثلاثة معقدات للمنخربات، تتلائم مع ثلاثة نطاقات للأمونايت (شكل ٧١-ج). في الواقع، يميز المعقد A بالأنواع: ١، ٢، ١١، ١٤؛ والمعقد B بالأنواع: ٩، ١٠، والمعقد C بالأنواع: ٦، ٧ و١٢. إن جمع عدد أكبر من العينات يُظهر، أن مجال الانتشار الستراتيغرافي لعدد من الأنواع يبدو أوسع انتشاراً بكثير، وأنه يجب أن يحدد في المقطع، ليس ثلاث معقدات، بل معقدين فقط، بحيث أن حدودهما لا تتطابق مع حدود النطاقين A وB.

أحياناً، بالارتباط مع تطور الستراتيغرافيا النطاقية، يظهر حرص بعض علماء الطبقية على استبدال معقدات الفاونا (التي تمّ تحديدها بالطرائق التجريبية) التي تميز هذه أو تلك من الوحدات (التقسيمات) الزمنية الطبقية

Chronostratigraphic Subdivesions (مثل الطوابق Stage، وتحت الطوابق Substage والنطاقات Zone)، والتي تمّ تحديدها ووصفها عادةً بمجموعة أو مجموعتين من الأورثوفاونا. وبشكلٍ عام، فإن سلسلة من مثل حالات الاستبدال تلك وجدت تبريراً لها، لأنها تعطي إمكانية أوسع، على الرغم من أنها أقلّ صرامةً، في تتبع الوحدات الزمنية الجيولوجية Chronostratigraphic. غير أنه على ما يظهر، من الحكمة، أن نأخذ في الاعتبار هذين الاتجاهين كلاهما جنباً إلى جنب، مع تحديد معقدات الفاونا والفلورا. وأن ندقق في انتساب هذه أو تلك من الأنواع المستحاثية إلى الوحدات الكرونواستراتيغرافية المعنية.

إن الحالات التي تمّ النظر فيها كافةً، ترتبط بتتبع المعقدات المستحاثية على أساس مجالات التوزع الطبقي للأنواع المكونة لها فقط. غير أنه من الممكن، أن نجري مضاهاة المعقدات بالاعتماد على القيم الكمية، أو التقييم الكمي Quantitative evaluation للأنواع الأكثر تمييزاً، والتي تدخل في تكوين تلك المعقدات. وعلى سبيل المثال:



الشكل ٧١- نماذج من الحالات المعقدة التي تصادف عند التفسير البيواستراتيغرافي للمقاطع الجيولوجية، (عن ستيبانوف ومسيجنيكوف ،١٩٧٩).

نطاق الرخويات الذي يمكن تتبعه إلى مسافات بعيدة حتى يومنا، ضمن توضعات الجوراسي العلوي والنيوكومي ضمن النطاق البارد (زاخاروف، ١٩٧٧). والذي تمّ تحديده بشكلٍ رئيسي بالاستناد إلى لقى غزيرة لأنواع من المستحاثات المرشدة. أو بنفس الطريقة، وعلى مسافات محدودة في الواقع، يمكن تتبع وجود بعض معقدات ومنخربات الجوراسي، وبراكيوبودا الكريتاسي المتأخر، وقس على ذلك.

٣-٢-١٣ : المضاهاة الطبقية Correlation in Stratigraphy

إن فكرة المضاهاة هي فكرة أساسية، أو حتى مركزية بالنسبة للستراتيغرافيا كعلم. فمع عملية المضاهاة، قد لا يكون هناك تركيب Synthesis للرسوبات الطبقية التي هي من الوجهة الجغرافية، مفصولة عن بعضها البعض. وإذا ما كان عالم الطبقات عاجزاً عن مضاهاة الوحدات الطبقية Stratigraphic units، فإن

نظامها قد يتكون من مايزيد قليلاً عن وصف أجسام عديدة من الصخور، التي قد تحمل قليلاً أو لا تحمل أي صلات ظاهرة بالنسبة لبعضها البعض. وكذلك، بالإضافة إلى أهمية المضاهاة بالنسبة لعلم الطبقات، أو ربما لأهميتها عموماً، فإن المعنى الدقيق للمضاهاة Correlation، كما يستخدم بالنسبة للستراتيغرافيا، طموحٌ ومفتوح على الجدل.

يَنصُّ الدليل الستراتيغرافي الدولي International Stratigraphic Guide (ISG), Hedberg, 1976. 14 على أن تجري المضاهاة، بالمفهوم الستراتيغرافي، أيّ أن تظهر العلاقات فيما يتعلق بالخصائص Character وبالوضع الطبقي Stratigraphic Position. ولا يسمى الدليل بدقة ماهية الأشياء التي تجب مقارنتها: والتي يفترض أنها الوحدات الطبقية Stratigraphic Units، الآفاق Horizons، السطوح Surfaces، عدم التوافقات Unconformities أو ببساطة النقاط التي لا أبعاد لها ضمن الأجسام الصخرية، والتي يمكن مضاهاة واحدها مع الآخر. إن الشيفرة الطبقية لأمريكا الشمالية. The North American Stratigraphic Code (NASC) (NACSN, 1983, p. 851) . تنص على أنّ المضاهاة هي عملية تهدف إلى عرض نقاط الاتفاق والاختلاف بين أجزاء من وحدة جيولوجية مفصولة عن بعضها البعض جغرافياً... والمضاهاة تُستخدم في الشيفرة بصفتها استعراض للاختلافات والتشابهات بين وحدتين جيولوجيتين، كلاهما بالنسبة لبعض الخصائص المحددة، وفيما يرتبط بالأوضاع الطبقية النسبية". وهنا تجب ملاحظة أن الوحدات الطبقية قد تكون رسمية Formal أو غير رسمية Informal.

آ- المضاهاة الطبقية الحيوية Biostratigraphic Correlation

لاحظ بوغز (١٩٨٧) أنّ، الوحدات البيواستراتيغرافية تعدّ بشكلٍ عام وحداتٍ

مادية مرئية يمكن تتبع آثارها أو إجراء الترابط فيما بينها من موقع ضمن مقطع جيولوجي أو طبقي إلى آخر، تماماً لكن يجري الحال مع الوحدات الليتواستراتيغرافية Lithostratigraphic Units إلى حد ما. وبالإضافة إلى ذلك فإنه من المقبول غالباً، أن أكثر الوحدات البيواستراتيغرافية تمتلك دلالات طبقية، بمعنى أنها تحدث (تظهر أو تنشأ) دائماً من الوجهة الطبقية فوق وحدات معينة وتحت وحدات أخرى محددة. لذا فإن الجيولوجي يستطيع مضاهاة الوحدات البيواستراتيغرافية وأن يفترض إجراء أعمال مضاهاة بيواستراتيغرافية أو مضاهاة حيوية Biocorrelation. ويفترض أن الوحدات البيواستراتيغرافية كافة على اختلاف أنواعها، يمكن أن تخضع للمضاهاة مع وحدات بيواستراتيغرافية مؤاقتة لها وتحتوي على مجاميع مستحاثية على درجات متماثلة من التطور ومن التركيب العرقي (سكوك، ر. م. ، ١٩٨٩).

إن المضاهاة الحيوية تأخذ غالباً شكل أنماط متنوعة من عمليات الربط Maching، بين المحتوى الحيوي Biotic contint للوحدات البيواستراتيغرافية التي تجري دراستها.

ب- طرائق المضاهاة الحيوية المعاصرة Current Metthods of Biocorrelation:

إن المضاهاة البيواستراتيغرافية أو اختصاراً المضاهاة الحيوية Biocorrelation، هي في أبسط تعبير عنها تعبر عن "**التشابه بين المستحاثات المحتواة في الطبقات وفي الوضع البيواستراتيغرافي**" (Nacsn، ١٩٨٣، ص ٨٥١). وإن المضاهاة الحيوية مقبولة على أنها إلى حدٍ ما عبارة عن مضاهاة زمنية نسبية Approximate temporal correlation، ولكن ليس بالضرورة دائماً أن تكون هذه هي الحالة بدقة. بعض أعمال المضاهاة الحيوية قد يعكس ببساطة بيئات خاصة أو محددة فيما يتعلق بالترسيب وبالسحنات المرتبطة به. لنفترض أنه يوجد في منطقة محددة رمالٌ

قارية تغطى بقواقع رخويات مياه عذبة، وتلك بدورها مغطاة بحجر كلسي بحري، وأن هذه السحنات الثلاثة تحمل مستحاثات أرضية قارية Terrestrial Continental، ومياه عذبة Freshwater و بحرية Marine على الترتيب. وعلاوة على ذلك، لنفترض أن الوحدات الليثولوجية الثلاثة جميعها ناتجة بوضوح عن تجاوزات زمنية

Time transgressive. إن المقاطع المذكورة والمفصولة عن بعضها جغرافياً والتي تسجل لكافة السحنات وللكائنات الحية التي كانت تقطن فيها أي البيوتات Biotas، يمكن لعالم الطبقية أن يربط Mache بينها، أي أن يجري مضاهاة حيوية بين الطبقات الأرضية بما فيها من مستحاثات مع الطبقات الأرضية المماثلة، وطبقات مستحاثات المياه العذبة مع بعضها البعض، والمستحاثات البحرية مع بعضها البعض على أساس أوضاع التشابه الحيوي للمتعضيات Biotic Similarity والوضع الطبقي، حتى ولو لم يكن هناك أنواعاً مشتركة Common species بين الفاونا الأرضية المعروضة في المقاطع المختلفة ، ونفس الشيء يقال بالنسبة لأنواع المستحاثات الأخرى (سكوك، ١٩٨٩). في التطبيق العملي، على أي حال، يحاول أغلب الستراتيغرافيين الحيويين Biostratigraphers استخدام المضاهاة الحيوية المعتمدة على الأنواع المستحاثية التي يتم تحديدها ووصفها ضمن الرسوبات أو الطبقات الصخرية (أو على ما يتم تحديده من الوحدات التصنيفية ذات المراتب التصنيفية الدنيا عموماً) مع فكرة من الذاكرة، بأن المضاهاة الحيوية تقترب من المضاهاة الزمنية Chronocorrelation.

إن أياً من الوحدات البيواستراتيغرافية الموصوفة أعلاه قد تشكل أساساً للمضاهاة الحيوية. وإن مجموعات المستحاثات ذات الأنماط المختلفة (مثل النطاقات

المجموعاتية Assemblage zoones) قد يكون إجراء المضاهاة الحيوية بينها على قاعدة المستحاثات الموصوفة والتي يتم تحديدها، أو تلك المتشابهة من حيث الأنواع، والتي هي أنواع مشتركة بينها، وكذلك المجموعات المشتركة، كلها يمكن مضاهاتها مع بعضها البعض. وعملياً، كان من الشائع لفترة طويلة من الزمن، إجراء المضاهاة وتأريخ الطبقات Strata بناءً على المستحاثات المرشدة Guide Fossils والمستحاثات الدالة Index fossils (Weller, 1960). تعتبر المستحاثات الدالة على أنها أنواع Species أو ربما أجناس Genus أو بعض التكسونات Taxon الأخرى)، التي يعتقد بأنها نموذجية بشكل خاص، وأنها نافعة أو مفيدة في تحديد الطبقات وعمرها الجيولوجي Geologic age، بالنسبة لبعض المجالات الطبقية (أي المجال البيواستراتيغرافي أو المجال الزمني). تلك المستحاثات الدالة تم التحقق منها والاعتراف بها منذ بداية ظهور البيواستراتيغرافية كنظام علمي جيولوجي. ومع الاعتراف الكامل يمكن اعتبار ذلك على أنه الشكل الأبسط اطلاقاً للمضاهاة الحيوية Biocorrelation. **إذا تشاركت طبقات مختلفة أو وحدات استراتيغرافية مختلفة بالمستحاثات الدالة فيما بينها، عندئذ تعتبر تلك بأنها قابلة للمضاهاة حيوياً فيما بينها في بعض المستويات وعلى أي حال، فإن تصنيف المستحاثات الدالة يخضع عملياً لمعايير مختلفة عديدة، والتي يجب تمييز واحدها عن الأخرى.**

بشكل أولي، إن مفهوم Concept المستحاثة المرشدة أو الدالة يبدو أنه ظهر في تسمية المجموعات المستحاثية Assemblages of Fossils (مثل النطاقات الحيوية Assemblage Biozone) بعد أن شُملت أنواع مؤثرة ومميزة الدلالة ضمن المجموعات Assmblage أو النطاقات Zones (شو، ١٩٦٤، عن سكوك، ١٩٨٩). ومن المفهوم، في ذهنية بعض الباحثين أن المتعضية

Organism[1] المستحاثة التي أطلق اسمها على النطاق أو على المجموعة تعتبر نموذجية Typical بالنسبة للنطاق أو للمجموعة، أو حتى أنها ضرورية أو كافية للتحقق من وجود النطاق أو المجموعة المستحاثية، وعلى كل حال، فإن المستحاثة المذكورة، ليس بالضرورة أن تكون موجودة لكي يقوم الباحثون بالتحقق من وجود المجموعة المستحاثية المميزة للنطاق، أو للتحقق من وجود النطاق الحيوي المعني. وبنفس الطريقة، إن المستحاثة الدالة Index fossil ستستخدم لتمييز طبقات قمة الازدهار Epibole,[2]. لذا وبهذا المعنى، قد يستخدم المرء تحديدات المستحاثات الدالة في الحقل كي يستنتج أو يستخلص ويتبنى فكرة أن النطاق الخاص أو المجموعة، كانت موجودة أو أن مفهوم المستحاثات الدالة قد ينظر إليه ببساطة كإشارة مختصرة لوجود النطاق أو المجموعة المستحاثية المرتبطة به. وأنه بالضرورة، عند استخدام المستحاثات الدالة، على أنها، مرادفة Synonymous أو منسجمة Compatible مع استخدام الوحدات البيواستراتيغرافية التقليدية التي انحدرت منها المستحاثات الدالة Index أو المرشدة Guide، والتي إليها تشير، عندها تكون المستحاثات الدالة ببساطة هي دليل وجود النطاق.

استخدم مصطلح المستحاثات الدالة أيضاً بطريقة مختلفة بشكل أساسي من قبل استراتيغرافيي أمريكا الشمالية، وخاصة في بداية وأواسط القرن العشرين (Grabau and Shiner, 1909, Shaw, 1964) فقد اعتبرت المستحاثات المرشدة، بالإضافة إلى أنها دليلٌ على النطاق، فإنها تدل Indicate على تشكيلة ليثولوجية Lithologic formation، أي تدل على وحدة صخرية طبقية

---

(1) المتعضية Organism: هي الكائن الحي من نبات أو حيوان.

(2) طبقة قمة الازدهار Epibole، بالنسبة لأي مستحاثة هي الطبقة التي تحقق فيها المستحاثة أكبر انتشار لها.

Lithostratigraphic Unit بنفس الوقت- وكجزء من تعليمهم الرسميّ، المنهجيّ، كان العديد منهم يتم إعدادهم ليكونوا جيولوجيين، وكان عليهم أن يدرسوا مقرراً يتكون بالدرجة الأولى من حفظ مئات أسماء المستحاثات الدالة والتشكيلات التي يمثلون مستحاثات دالة عليها (شو، ١٩٦٤). وسواء أكان هذا اعترافاً واضحاً أم لا، فإن هذه المنهجية تقرّ بأن التشكيلة Formation، يمكن التحقق من وجودها، ليس فقط على أساس خصائصها الليتولوجية واستمراريتها من مقطع محلي Local section إلى مقطع محلي آخر، بل وكذلك على أساس محتواها المستحاثي. إن الوحدات الصخرية الحاوية على نفس المستحاثات الدالة تم إعطاؤها في بعض الحالات نفس إسم التشكيلة، بغض النظر عن أنها يمكن أن تتواجد في مناطق جغرافية معزولة عن بعضها البعض، والتي لهذا يمكن أن تكون مكونة من صخور مختلفة، وأن ليس هناك استمرارية ظاهرة بين الأجسام الصخرية Rock bodies موضوع النظر. وقد أشار شو (١٩٦٤) إلى أن هذا الاستخدام الأمريكي **أو مفهوم المستحاثات الدالة كان يستند إلى افتراض مثل، أن المستحاثات الدالة تقتصر فقط على تشكيلة واحدة**، وأنها تتواجد عبر تلك التشكيلة. ولقد نسب شو تلك الافتراضات جزئياً بالدرجة الأولى إلى وجهات النظر الأمريكية خلال القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين. **بأن التشكيلات بشكل عام، هي متوازيات زمنية Time-Parallel**. إن العديد من الدراسات الباليونتولوجية والبيواستراتيغرافية الماضوية كانت ناقصة بشكل بائس بخصوص توثيق توزع الوحدات Taxa[1] المستحاثية ضمن التشكيلات. وفي العديد من

---

[1] تاكسا Taxa: جمع تكسون Taxon.

الحالات تمّ ذكر المستحاثة تبعاً لوجودها تقريباً ضمن تشكيلة محددة أو تبعاً لغيابها، وإن الأساس الظاهري وكذلك الافتراضات غير المدوّنة، تنص على أنه: **إذا كان النوع المحدد موجد في أي مكان ضمن تشكيلة (أو في وحدة ليثواستراتيغرافية أصغر حجماً من التشكيلة) فإنه يعدّ عندها موجوداً عبر التشكيلة بكاملها (أو في وحدة ليثواستراتيغرافية أصغر حجماً).**

إن أي وحدة تصنيفية حية Taxon متمثلة بمستحاثات، يمكن استخدامها أساسًا كتكسون مجال نطاقي Taxon-Range-Zone. وإن تكسون المجال النطاقي، كان يعدّ، بشكل تقليدي، كبير القيمة في عمليات المضاهاة الحيوية Biocorrelation، وكانت التكسونات التي يعتمد عليها تعتبر مستحاثات دالة أو مستحاثات مرشدة مشكوك فيها. إن أحد المبادئ الأساسية التي تؤسس لاستخدام المستحاثات الدالة بصفتها مؤشرات Indicators من نوع تكسونات مجالية نطاقية، وتحديداً، بأن أي طبقة صخرية أو جسم جيولوجي Rock body يحتوي مستحاثات دالة خاصة، مع الإشارة أو القول بأن المستحاثات وجدت في مكانها الأصلي (in situ)، يجب أن تكون قد ترسبت أثناء زمن حياة Biochron تلك الأنواع الخاصة. إن الفترة الزمنية القصيرة لمعظم الأنواع (على الأقل تلك التي تشكل مستحاثات دالة ممتازة أو جيدة) تكون قصيرة عادة، بحيث أن جسمين صخريين أو وحدتين استراتيغرافيتين ترسبتا خلال بيوكرون أحد تلك الأنواع المنفردة، يجب أن يكونا متزامنين تقريباً. إن سلاسل من تتابعات المستحاثات الدالة تمّ تصنيفها لشتى المناطق، بحيث أنه باستخدام مثل تلك المستحاثات الدالة،من أجل طبقة مفردة Stratum أو وحدة Unit يمكن مضاهاتها إلى مقطع جيولوجي معقد أو مركب Composite section للمنطقة،

وبالعكس، يمكن أن يربط المقطع المركب المحلي أو الإقليمي عادة بالمقاطع المركبة العالمية Global composit sections.

أجرى ميللر (١٩٦٠) وكثير غيره من المؤلفين العديد من الملاحظات والدراسات بخصوص الاستخدام المفيد للمستحاثات الدالة، باتجاه كونها دالات أو مؤشرات من نمط تكسونات مجالات نطاقية. ومن أجل الحصول على أفضل النتائج من المستحاثات الدالة، فإن تحديد مثل تلك المستحاثات يجب أن يكون دقيقاً ومتماسكاً.

ولسوء الحظ، كما هو معروف جيداً، قد يختلف تحديد المستحاثات بين باحث وآخر. وكذلك حدود العديد من الأنواع وغيرها من الوحدات البيولوجية- بحيث أن التحديد الدقيق حول أي النماذج Specimens تعدّ بأنها تنتسب إلى التكسون المدروس- يمكن أن تختلف من باحث إلى آخر. إن الوحدات الباليونتولوجية Paleontological Taxa تخضع دورياً للمراجعة، والتحديد والوصف، وتجمع في مجموعات أو تقسم إلى أقسام. وفي العديد من الحالات، سواء أننا نتعامل مع مستحاثات دالة Index fossils أو مجموعات Assemblages أكبر في محاولات لإجراء عمليات مضاهاة حيوية، فإن المرء لا يمكن أن يستشير أو يقارن ببساطة القوائم المطبوعة سابقاً (المنشورة) بأسماء المستحاثات بأنواعها، والتي تمّ العثور عليها في صخور مختلف المستويات ضمن المقاطع الصخرية المختلفة. إن على المرء أن يمتلك خلفية مثل، كيف كان المُحَدِدُ Identifier يتحقق من النوع المسمى وكيف كان يصفه ويضع حدوداً له (سكوك، ١٩٨٩).

ويشير ويلر (١٩٦٠) إلى أنه عند استخدام المستحاثات الدالة، يجب أن نأخذ بعين الاعتبار تواجدها الذي له الأهمية الأولى: إذ أن مجرد غياب مستحاثة دالة لا

يعدّ برهاناً على أن الطبقة المدروسة قد تشكلت خلال فترة من الزمن مختلفة عن تلك التي تنتسب إلى البيوكرون Biochron[1] الذي ينتسب إليه النوع المحدد. وبالطبع، قد يتواجد النوع الثاني ضمن الطبقة المدروسة والتي نعرف أن البيوكرون الخاص بها معروف بأنه لا يعاني من تداخل مع بيوكرون النوع الأول؛ عندئذ يمكن للمرء أن يستنتج بأمان تقريباً بأن النوع الأول غائب بسبب أن الطبقة المعنية بالدراسة تأسست ليس على مجرد غياب النوع الأول هنا، بل وكذلك على أساس تواجد النوع الثاني.

لقد أشير غالباً إلى أن المستحاثة الدالة المثالية يجب أن تلبي المتطلبات الآتية: من أجل تعزيز فائدة الانتشار الواسع للمستحاثة الدالة Index fossil من قبل العديد من علماء الستراتيغرافيا والجيولوجيون العامون، يجب أن تكون تلك المستحاثات سهلة التحديد Easily recognized والتمييز عن جميع المستحاثات المشابهة لها، وسيساعد ذلك إذا كانت تلك المستحاثات متواجدة بشكل شائع مع تواجد أنواع غزيرة متواجدة في الحقل. من أجل الحصول على مضاهاة حيوية Biocorrelation محكمة وصحيحة وواضحة قدر الإمكان، يجب أن تكون المستحاثة الدالة المثالية مقتصرة شاقولياً (ومتوافقة زمنياً) مع مجال interval طبقي ضيق بشكل واضح. كما يجب أن تتمتع المستحاثة الدالة المثالية بانتشار جانبي (جغرافي) كثيف. وأخيراً، يجب أن تكون المستحاثة الدالة المثالية متعضية تكيفت، وتستطيع البقاء في شروط، أو أن لها بقايا ترسبت وحفظت في مجالات واسعة من البيئات Environments كتلك التي يمكن لعالم الطبقية أن يعثر عليها في أشكال

---

[1] بيوكرون Biochron: (Bio من اليونانية Chronost= زمن) هو قطاع من الزمن الجيولوجي يوافق ترسيب نطاق حيوي Biozone.

عديدة ومتنوعة من الصخور. وعملياً هناك عدد قليل من المستحاثات المرشدة. وقد تم غالباً الاقتراح بأن هذا نظرياً يجب أن يكون حالة الأنواع ذات الانتشار الجغرافي الواسع المتوفرة التي كانت كذلك ناجحة إلى حد بعيد غالباً في إطار تكيفاتها التطورية، لذا يجب أن نتوقع أنها مجال انتشار طويل من الناحيتين الزمنية أو الطبقية (شاقولياً). إن النوع الذي يتمتع بديمومة زمنية أو طبقية طويلة محلياً أو إقليمياً (أو الذي يعتقد بأن له هذه الميزات) يقتصر على قسم من تحت مجال Subinterval فقط من كامل الكرون Chron أو النطاق Zone الخاص به، لذا فإن اعتباره كمستحاثة دالة محلياً أو إقليمياً قد يزداد قيمةً.

إن مجال Range المستحاثة الدالة (أو أي مستحاثة – إن جميع المستحاثات هي مستحاثات دالة محتملة في بعض المستويات)، سواء أفقياً أو شاقولياً، يجب أن تضبط وبالضرورة بالعديد من العوامل Factors، مثل الشروط البيئية Environmental conditions المسيطرة أو السائدة أثناء فترة تواجد النوع، والزمان والمكان الذي نشأ فيه النوع المحدد، والحواجز أو العوائق التي تقف في وجه هجرة Migration أو انتشار Disperse النوع، وزمن اختفاء أو إنطفاء Extintion النوع، وعوامل الحفظ Preservation Factors، وقس على ذلك، ضمن المجال الشاقولي للنوع، فإن الضبط البيئي مهم دائماً من أجل تحديد التوزيع التفصيلي للأنواع المحفوظة كمستحاثات للأنواع ضمن الصخور.

إن استخدام مستحاثات دالة محددة في المضاهاة لن يكون صحيحاً أبعد من حدود نطاقها الحيوي Biozone أو زمنها الحيوي Biochron. إن وحدتين استراتيغرافيتين معروف أنهما قابلتين للمضاهاة الحيوية فيما بينهما، بناءً على مستحاثة دالة واحدة، قد لا يكون تداخل زمني بين المجال الزمني الذي تشكلت فيه

إحداهما وبين المجال الزمني عندما تشكلت خلاله الوحدة الأخرى. فقد تكون إحدى الوحدتين تشكلت خلال المجال الزمني المعادل للبدايات الأولى من البيوكرون الخاص بالمستحاثة الدالة، أو النوع الدال index species، بينما قد تكون الوحدة الثانية تشكلت خلال المجال الزمني الموافق للنهاية الأخيرة من بيوكرون النوع. لهذه الأسباب، فإن المضاهاة البيواستراتيغرافية التفصيلية – والتي هدفها المعتاد هو الاقتراب من المضاهاة الزمنية Chronocorrelation – تستخدم الإفادة من العديد من الأنواع في وقت واحد، وإن هذا يوصلنا إلى استخدام شتى الوحدات البيواستراتيغرافية في إجراء عملية المضاهاة الحيوية، التي تمّ تحديدها بالاستناد إلى وجود الكثير من الأنواع. لذا، فإن الأنماط المختلفة من النطاقات المجموعاتية Assemblage zones، ونطاقات المدى Range zone، ونطاقات الذروة Acme zone[1]، ونطاقات المجال Interval zone[2]، استخدمت بدرجات مختلفة من النجاح، في محاولات تأسيس عمليات مضاهاة حيوية صحيحة ودقيقة، والتي في أغلب الأحيان والحالات تمّ تفسيرها بشكل نهائي على ضوء المضاهاة الزمنية Chronocorrelation. إن الفكرة الأساسية هي كون التداخل Overlap في المدى Range لنوعين أو أكثر (أو ذروة Acme نوع واحد، أو تداخل المدى Overlapping لذروتي نوعين أو أكثر، وقس على ذلك) ستحدد غالباً مجالاً interval أصغر من الزمن، بالمقارنة مع مجال نوعٍ واحد، ولذا سيقود هذا إلى مضاهاة أكثر صحةً ودقةً.

---

(1) نطاق الذروة Acme zone: هو نطاق أكبر تواجد لأفراد النوع الدال.

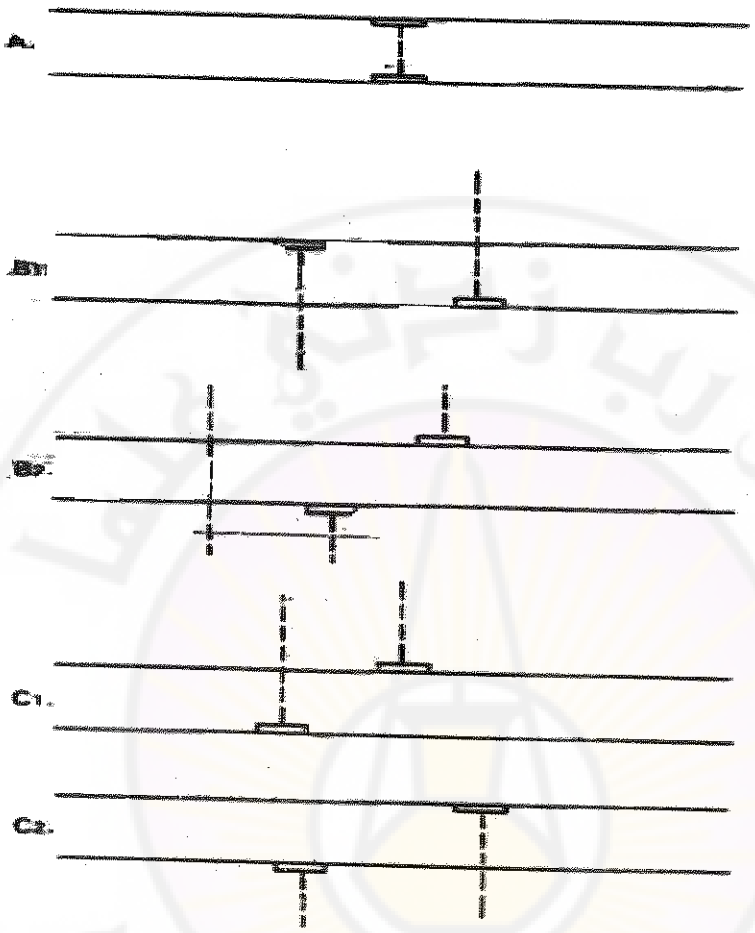
(2) نطاق المجال Interval zone: أي النطاق الممتد خلال زمن يفصل بين علامتين محددتين من الزمن.

لقد أصبح شائعاً في التطبيق العملي بالنسبة إلى الستراتيغرافيين، تطوير مجموعات ونطاقات مجموعاتية Assemblage zone، تشكل بالمقابل أساساً للمضاهاة الحيوية Biocorrelation، اعتباراً وانطلاقاً من المادة العلمية Data الخام عن توزع الوحدات المستحاثية Fossil taxta مرتبة ومصنفة في جداول مدى Range charts (الشكلان٧٢ و٧٣).

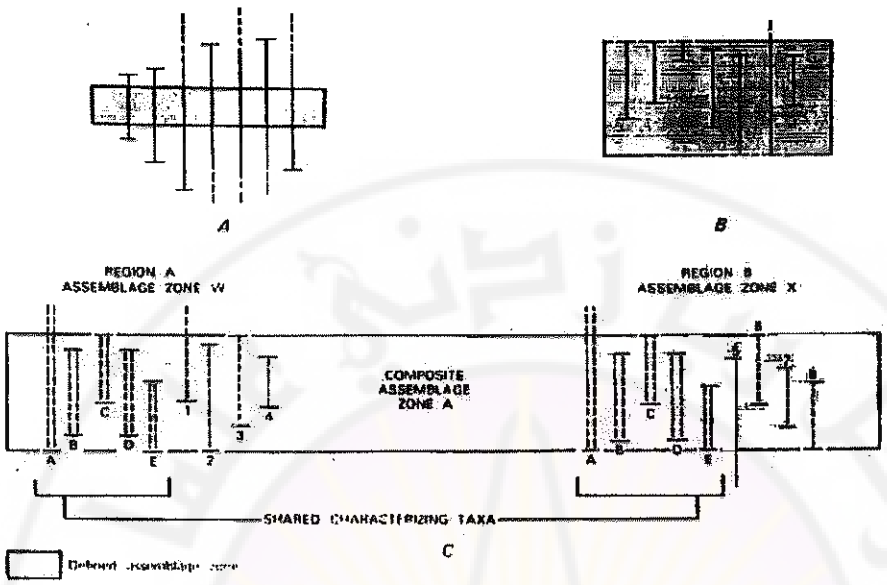
في جدول المدى Range chart أو الدرجة الأساسي، فإن المدى المحلي Local range لكل تكسون[1] وثيق الصلة بالموضوع (النوع عادةً) يرسم مقابل

---

(١) تكسون Taxone: وحدة تصنيفية، التكسون هو وحدة تصنيفية للكائنات الحية النباتية والحيوانية تضم مجموعة من المتعضيات التي ترتبط ببعضها بصفات مشتركة كثيراً أو قليلاً، بحيث يمكن وضعها ضمن درجة تصنيفية محددة تجمعها من أي مستوى تصنيفي: النوع، الجنس، الفصيلة، أو العائلة، أو الرتبة مثل الحوتيات، الثديات، السرخسيات الفقاريات.



الشكل ٧٢- أمثلة عن النطاقات البيو استراتغرافية المجالية **Interval zone**:
(عن لجنة أمريكا الشمالية للتسمية الستراتيغرافية، ١٩٨٣).
تشير الخطوط الشاقولية المتقطعة للوحدات البيولوجية **Taxa**: وتشير الحواجز إلى التواجد الأدنى أوالأعلى المسجل للمستحاثات المتواجدة.



الشكل ٧٣– أمثلة على مفاهيم النطاق المجموعاتي Assemblage zone
(عن لجنة أمريكا الشمالية للتسمية الستراتيغرافية، ١٩٨٣).

مقطع استراتيغرافي عام (تعميمي) مرسوم وفق مقياس، أو مقابل محور يمثل الوضع الطبقي بالنسبة لبعض نقاط المعطيات. في بعض جداول المدى فإن السيطرة النسبية أو الغزارة النسبية Relative abundance أو الذروة Acme بالنسبة لمختلف أنماط التكسونات (الوحدات التصنيفية) المرسومة يشار إليها بشكل جداول بيانية Graphically، بتعريض الخط المستخدم لرسم المدى المحلي للنوع مجال النظر (كلما كان الخط أعرض، كلما زادت الغزارة). عندما يكون التواجد الستراتيغرافي لنوع محدد غير أكيد، يمكن أن يشار إلى ذلك باستخدام بعض الرموز، مثل الخط المتقطع، أو الخط المنقط أو بعلامة استفهام. وبناء على جداول المدى المنجزة تلك، فإن العمود الطبقي Stratigraphic column يمكن أن

يقسّم إلى عدد من النطاقات المجموعاتية المتتابعة وغير المتداخلة مع بعضها البعض. وفي العديد من الحالات، في المساحات المحلية يمكن أن تحصل هنـــاك انقطاعـــات Breaks أو تبدلات وانتقالات Shifts في البيئات والطرز الحياتيـــة أو الحيويـــة Biotope[1] التي تتمثل بالمستحاثات، مثل تلك المحلية المعروفة باسم المجموعـــات Assemblages الطبيعية Natural والتي يمكن تمييزها بسهولة بالعين المجردة. في حالات أخرى، قد لا يكون العمود Column الليثولواستراتيغرافي مقسماً بشكل ناجز إلى حزم صريحة من المجموعات، وأن الحدود بين المجموعات قد تكون محددة ومرسومة بصورة اعتباطية Arbitrarily، أو على أساس المدى المحلـــي Local range فقط لطاقم صغير أو محدود من المستحاثات المحتمل استخدامها في تقسيم العمود الطبقـــي. إن التحليـــل المتعـــدد الإحصـــائي القـــيم Multivariate statisitical analysis كذلك، تمّ استخدامه في حالة دراسة مسألة التحقق من رسم وتعيين النطاقات المجموعاتية Assemblage zones (هازل، ١٩٧٧).

اقتـــرح كـــلٌ مـــن هـــاك وورســـلي (Haq and Worsley, 1982) أن البيواستراتيغرافيا والمضاهاة الحيوية وعلم الزمن الحيـــوي- Biochronology[2] (بيوكرونولوجيا) المعاصرة (خاصةً برغرين وفان كوفرينغ، ١٩٧٨، الفصل الثالث) تستند على ثلاثة أنماط Types أساسية أو فئات من المعلومات مستقاة من السجل الطبقي الحيوي Biostratigraphic record على النحو الآتي:

١- الظهورات الطبقيـــة Stratigraphic appearances والاختفـــاءات

---

(١) طراز حيوي Biotope= Biotype: مجموعة من المتعضيات التي تمتلك نفس الخصائص الوراثية.

(٢) علم الزمن الحيوي – بيوكرونولوجيا Biochronology: هو علم الزمن الذي يعتمد دراسة تسلسل ظهور الكائنات الحية على الأرض، مستفيداً من نظرية التطور.

Disappearance للأنماط الشكلية Morpho types – والتي هي، أنماط المستحاثات التي تمّ وصفها والتحقق منها وتسميتها- مثل تلك الأنواع Specis وتحت الأنواع Subspecies التي جرى تصنيفها عادةً.

٢- التغيرات التي تتناول الغزارة Abundance الخاصة بأي نمط شكلي خاص.

٣- التغيرات المورفولجية التي تصيب النمط الشكلي (Morphotype). وإن هذه الفئات مرتبة من واحدة إلى أخرى بكل وضوح.

إن المظهر العام الأولي Initial apperance بالنسبة لمتعضية Organism في السجل الطبقي يتعلق بالتأكيد بكونها متوفرة أو غزيرة بما فيه الكفاية ليعثر عليها أو لكي نجدها كإستراتيغرافيين، وبنفس الطريقة فيما يرتبط بالأغراض التطبيقية كافةً، إن الظهور الأخيرLast appearance لمتعضية هو النقطة التي تتلاشى عندها غزارة وجودها للدرجة التي تجعل الستراتيغرافيين لا يعثرون عليها في أي موقع أو مكان. إن محاولة تحديد الغزارات بعبارة أخرى، قد تصطدم بصعوبات كما جرت المناقشة أعلاه، وكما سيظهر من المناقشة اللاحقة. وإن التغيرات التي تطرأ على الخصائص الشكلية Morphology لنمط مولوفولوجي Morphotype والتي تشاهد نحو الأعلى أو الأسفل من عمود طبقي، يمكن أن يعبَّر عنها أيضاً بآجال الظهورات والإختفاءات بالنسبة لنمط مولوفولوجي محدد بدقة رفيعة المستوى. حتى وإن كان هناك تدرجٌ حقيقي بين نقطتي نهاية للمورفوتايب، فإن السلسلة مابرحت يمكن تقسيمها إلى عدد من الأنماط المورفولوجية الأصغر Submorphotypes (حتى ولو تمّ تمييزها عن بعضها البعض بطريقة غير أكيدة أو اعتباطية).

من أجل أخذ تلك المسائل بعين الاعتبار، ولأنه عادة أسهل إجراء وتعاملاً، فإننا نعتبر أن عضوية محددة (نوع، تحت نوع أو نويع Subspecies، نمط

مورفولوجي- مورفوتايب، وقس على ذلك) إما أن تكون متواجدة أو غائبة عند نقطة محددة من المقطع Section ويقوم الستراتيغرافيون بتسجيل التتابعات Sequences الفاونية والفلورية على ضوء التواجد والغياب المحددين للأنواع (أو أي وحدة تصنيفية أخرى، وسنستخدم اعتباراً من هنا ولاحقاً ببساطة مصطلح النوع Species لنشير إلى أدنى مستوى لتحليل الأنماط الشكلية المستخدمة في أي دراسة بيواستراتيغرافية خاصة). إن معظم المقاطع الستراتيغرافية عند مستويات عادية من التحليل أو الاستنتاجات لأغراض بيواستراتيغرافية، تظهر أولاً أنواع خاصة عند مستويات استراتيغرافية محددة، ثم تظهر باستمرارية كثيرة أو قليلة بعد ذلك في الطبقات الصخرية الأعلى، إلى أن تختفي أخيراً ولا يسجل أي ظهور لها بعد ذلك في أي من الطبقات نحو الأعلى. ذلك أنه، يوجد مجال Interval وحيد من الطبقات التي يوجد ضمنها النوع. وبالإضافة إلى ذلك، فإنه من المقبول أننا إذا ما نقبنا في عدد أكبر من الطبقات (سواء في المقطع المحلي أو في الطبقات القابلة للمضاهاة الزمنية معها)، سوف لن يكون هناك ثغرات ضمن المجال أين لا يظهر النوع. وعلى ضوء نظرية التطور Evolutionary theory لتشارلز دارون، لا يظهر النوع (لايتطور evolve)، ويختفي (ينقرض go Extinct)، و يظهر مرة ثانية (يعود للتطور re-evolve). ثم ينقرض (go extinct) مرة ثانية. إن أي نوع خاص يظهر فقط مرة واحدة، يلعب دوره خلال فترة وجوده، ثم يختفي إلى الأبد (ينقرض).

(إذا ظهر أن "**نوعاً**" يبدو بشكل حقيقي أنه ظهر، تطور، اختفى، ظهر مرة أخرى، تطور مرة أخرى، وهكذا، فإن الإنسان ربما لا يتعامل مع نوعٍ بذاته

"Per se"، بل مع إيكوفينوتايبا Ecophenotype[1] ذو قيمة محدودة فيما يتعلق بالمضاهاة الحيوية. عندما تصادف هذه الحالة، فإن عالم الطبقية قد يسجل وينقل توزع النوع في المقطع الستراتيغرافي من خلال نقطتين:

١- النقطة الأولى، هي معطيات الظهور، أي معطيات أول ظهور للمستحاثة First Appearace datum (FAD).

٢- النقطة الثانية، هي معطيات آخر ظهور للمستحاثة Last Appearance datum(LAD).

إن معطيات أول ظهور FAD وآخر ظهور للمستحاثات LAD هي المعطيات الأولية للحوادث التي تستخدم دائماً في البيواستراتيغرافيا والبيوكرونولوجيا بالمقياسين الإقليمي والكوكبي (Boggs, 1987, Berggren and Van Couvering, 1978; Haq and Worsley, 1982).

إن معطيات أول ظهور FAD للنوع الخاص تتمتع بأهمية خاصة ضمن منطقة جغرافية محددة، والتي تعتبر هامة إمّا تبعاً للتطور في المكان in situ بالنسبة للنوع من شكل سلفي Ancestral form أو لهجرة الشكل من منطقة أخرى. إن الافتراض الضمني باستثناء المعطيات العكسية، هو بشكلٍ عام أن FAD يمثل هجرة النوع بعد وقتٍ قصير من نشوئه Origination (أي تطوره Evolution) في بعض المناطق الخاصة. ويعادل الـ LAD الاختفاء المحلي للتكسون. ولأسباب عديدة، تعامل معطيات الظهور الأول FADs والأخير LADs كما لو كانت حوادث فورية كوكبية Globally instantaneous ، أي أنها، متواقتة عالمياً

---

[1] ايكوفينوتايب Ecophynotype: من ايكو Echo- بيئة وفينوتايب Phynotype (من اليونانية Pháinö – يظهر، يتكشف و Type): ايكوفينوتايب: نموذج بيئي ظاهراتي، يمثل العلاقة بين البيئة والكائن الحي دورياً.

G. Synchronous. وعلى أي حال، من المعترف به، أن لا FADs ولا LADs هي أحداث متواقتة بدقة بالضرورة- إن المستوى أو السطح الذي يتم تحديده بالاستناد إلى الـ FADs و LADs لنوعٍ محددٍ جميعها في المقاطع المحلية كافةً، حيث تم العثور على أنواع تكون متزامنة Diachronous[1] أو هي متجاوزة زمنياً Time- trausgressive.

إن هذه الظاهرة تعود إلى تسميتين: طبيعية التطور الحيوي أو الهجرة، والانقراض (مع افتراض سجل بيواستراتيغرافي كامل، حيث حفظ الأفراد كافةً كمستحاثات وفق تسلسلها) وعدم الكمال الفطري في السجل الطبقيّ (التشوه Displacement واختلاط المستحاثات من مستوٍ استراتيغرافي إلى آخر، وحوادث حفظ المستحاثات، وعدم دقة جمع المستحاثات، وقس على ذلك).

عندما يتطور النوع، قد يأخذ فترة معينة من الزمن لينتشر عبر ما سيكون عادة مدى انتشاره الجغرافي الإجمالي النهائي Total geographic range، وقد يأخذ أيضاً مدة من الزمن محددة ليصبح غزير العدد بشكل كافٍ في المناطق التي قام باحتلالها، حيث ستحفظ بقاياه "بشكل" مستمر في السجل الطبقي. وبالاستناد إلى الحالات المشابهة، على أي حال، لقد تمّ التأكيد على أن الهجرة Immigration والانتشار Spreading في المكان (ويسمى أيضاً Prochoresis) لغالبية التاكسا[2] يكون سريعاً جداً بمقياس الزمن. حتى على مستوى الانتشار / الهجرة بحدود ١- ١٠ كم بالسنة، يمكن للمتعضية أن تنتشر فوق منطقة واسعة جداً (ربما هي نسبة جيدة بالنسبة للكرة الأرضية) خلال ألفين من السنوات (سكوك،

---

(١) متزامن Diachronic: (بالنسبة لأي ظاهرة) تعني حدوث أو تطور يحصل عبر فترة محددة من الزمن. وهو يختلف عن مؤاقت، أي حدث بنفس الفترة وله نفس العمر.

(٢) Taxa- جمع تكسون Taxon.

١٩٧٩). وبنفس الصورة، إن المتعضيات المجهرية البلانكتونية (مهمة جداً في البيواستراتيغرافيا الكوكبية — أي على مستوى الكرة الأرضية) مثل الشعاعيات Radiolaria والمشطورات Diatoms، والكوكولايت Coccolithes، والتنتنيدات Tintinnids، والأشكال التي يمكن لها أن تكون انتشرت عبر المناطق المحيطية Oceanic arears، إلى حدود مداها التكيفي Adaptive range عن طريق الاختلاط الطبيعي وتجوالها تبعاً لحركتها الحلزونية Gyres الشائعة خلال عشرات قليلة من مئات السنين، مهما كان طراز منشئها (برغرين وفان كوفرينغ، ١٩٧٨، ص ٤٢). وبطريقة مشابهة، فإن المتعضيات المثبتة أو اللاطئة Sessile organism، التي تتحمل اليرقات البلانكتونية Planktonic larvae يمكن أن تتوزع وتنتشر بمعدلات سريعة نسبياً. على أي حال، إن هذه الاقتراحات ربما كانت مستخدمة حاضراً فقط بالنسبة لأنواع تنتشر خارجياً في إطار شروط مناخية خاصة وشروط بيئية مناسبة تنتسب إلى مدى جغرافي محدد. وراء هذا التحمل العادي، فإن مدى أو نطاق الانتشار قد يكون أبطأ بكثير، ومن المحتمل أن يكون متزامناً Diachronous حتى بمقياس الزمن الجيولوجي العادي. ونتيجة لذلك، إن استخدام المستحاثات للمضاهاة قد يكون أقل موثوقية على حدود مداها الجغرافيّ.

يقترح بعض الباحثين أن حوادث الانقراض، التي تظهر على شكل LADs في السجل البيواستراتيغرافي، تحدث بسرعة أقلّ من حوادث النشوء Origination والانتشار (بوغّز، ١٩٨٧). قد يتعرض النوع إلى اختفاء أو انقراض محلي Local extinction في جزء من مداه الجغرافي Geographic range (ربما بسبب تدهور أو فساد بيئي ضار) ومن ثُمّ يتابع انتشاره وازدهاره في مكان آخر.

إن مدى التزامن أو عدم التواقت بالنسبة لـFAD أو LAD أيضاً قد يتبع

عمليات أخرى غير تلك الملازمة Inherent لتوزع المتعضيات الحية. إن الـ FAD أو الـ LAD "الحقيقيين" في مقطع محليّ قد تختلف عن الـ FAD و الـ LAD الظاهري أو المسجل بواسطة مجال (قطاع زمني) مكون من عدد من السنتمترات أو أكثر من ذلك. هنا تجب الإشارة بشكل خاص إلى المستحاثات المجهرية التي تمّ جمعها ("التقاطها") من لبابات Cores استحصل عليها من مشروع حفر البحار العميقة Deep sea Drilling project (DSDP) (انظر Boggs, 1987، صفحة ٧-٨. وبرغرين وفان كوفرينغ، ١٩٧٨، ص ٤٢)، فقد ورد في النص: "حتى على المستوى الستراتيغرافي، فإن تيارات العكر الحيوي Bioturbation وحوادث الحفظ، وطرائق جمع المستحاثات وتشويشات التحليل كلها تتضافر لتعطي قمة "Pick" غير أكيدة على طول عدد من السنتمترات **على الأقل** في أي دراسة طبقية قممنا. إن هذا يمثل عدم الوثوقية Uncertainty من درجة آلاف السنين بمعدلات الترسيب المحيطية Oceanic depositional rates تحت أفضل الشروط. ويرى بشكل مشابه، كل من هاك وورسلي(١٩٨٢، ص٢٥٠) أن "تأثيرات" المستحاثات المشوهة قليلاً بواسطة عكر الأحياء Bioturbation والهجوع المتواقت للأحياء والانتشار الانتقائي وغيرها) تشوش Perturb بشكلٍ جدّيّ صحة ودقة الإشارات Signals المناخية القديمة Palaeoclimatic والبيئية القديمة Palaeoenvironmental المتضمنة في السجل الطبقي Stratigraphic record. وعلى سبيل المثال، تتراكم رسوبات البحار العميقة Deep sea sediments بمعدل متوسط يقدر بـ ١ سم/١٠ ^{٣} سنة، كما أن المتعضيات القاعية في البحار العميقة والمحيطات تحفر القاع بمعدل متوسط إلى عمق ٣٠سم. وهذه العوامل لها تأثير على تشتيت السجل الستراتيغرافي Stratigraphic record في مقاطع البحار العميقة والمحيطية Oceanic

بالمتوسط إلى درجة تعادل ٣٠٠٠٠ عاماً". وبالنسبة لبعض الأنماط المستحاثية، فإن بعض المستحاثات مثل بقايا الثـــديات الأرضـــية Terrestrial Mammals في التتابعات الرسوبية القارية للسينوزوي، حيث العينات المستحاثية جمعـــت للمـــرة الأولى من الأخاديد بعد تعريتها وظهورها على السطوح الصخرية، فـــإن أفضـــل نتيجة ممكنة هي على شكل عدد من الأمتار من مقطع استراتيغرافي. وإن إحـــدى الطرائق في محاولة تعيين موقع FADs أن LADs بدقة أكبر، هـــو أن نســـتخدم مقاطع تتصف أو تتميز بمعدلات عالية جداً من الترسيب المســـتمرّ، أو اســـتخدام مقاطع مشوشة إلى أدنى حدٍ ممن (على سبيل المثال، التتابعات التي ترسبت تحـــت شروط نقص الأوكسجين Anoxic مثل حالة نقص حركة المياه إلى الحـــدّ الأدنى وحصول اضطراب مائي حيوي Bioturbation في الحدود الدنيا. غير أن تلـــك المقاطع قد تُظهر مشاكل أخرى، مثل ندرة المستحاثات بالإضافة إلى ذلك، إن مثل تلك المقاطع "المثالية Ideal": تكون نادرة، كما أن المقاطع "الجيـــدة Good" في كاليفورنيا California قد تكون ذات فائدة قليلة عندما يكون لدينا مجموعة من الصخور في ماساشوستيس نريد مضاهاتها مع طبقـــات مشـــابهة في رود ايلانـــد Rhode Island أو في كونّيكتكت Counecticut. وبغـــض النظـــر عـــن الظروف التي تشوش التواقت المطلق لـــ FADs والـــ LADs عمومـــاً، فـــإن برغرين[1] وفان كوفرينغ (١٩٧٨) وبوغز (١٩٨٧) يقترحون أن الـــ FADs والـــ LADs بالنسبة لبعض الأبار المدروسة والموثقة فإن المســـتحاثات المجهريـــة

---

(1) برغرين Berggren,W.A. ، أحد علماء جيولوجيا المحيطات يعمل حالياً في معهد علم المحيطات في كاليفورنيا، الولايات المتحدة. زار قسم الجيولوجيا بجامعة دمشق في السبعينات وشارك مع المؤلف في المؤتمر الدولي للحدود بين النيوجين والرباعي في الاتحاد السوفياتي عام ١٩٧٢.

البلانكتونية قد تتغير كل مرحلة زمنية تقدر فقط بـ ١٠٠٠٠ سنة. كما أشار هاك وورسلي ١٩٨٢، هناك اهتمام أكبر بين هيئات البالليونتولوجين وعلماء البيواستراتيغرافيا حول مسألة تأثير تحليل ودراسة المستحاثات المشوشة التوضع أو المعاد توضعها Displaced على المضاهاة، فقد تمت ملاحظة أنساق من المستحاثات التي لا تنتسب إلى النسق الحقيقي. وهكذا، ومن هنا، فإن هناك اهتماماً عاماً حول نقص Adequacy السجل المستحاثي Fossil record .

هناك طرائق كثيرة تمكننا من العثور على مستحاثات توجد خارج السياق Out of context المنطقي في مقطع استراتيغرافي: مثلاً، قد يعاد توضع Reworke المستحاثات الأقدم عمراً، فيحصل توضعها ضمن رسوبات أحدث عمراً، بينما المستحاثات الأحدث قد تتوضع في رسوبات أقدم بواسطة العكر والتيارات العضوية Bioturbation، التي تسببها الكائنات الحيوانية والنباتية ببقاياها المدفونة في الرسوبات، تعتمد البيواستراتيغرافيا التي تستخدم تقنيات FADs و LADs على تتبع وتبين الأنواع في نهاية مداها Range (والذي يسمى أحياناً لهذا السبب طبقية نقطة النهاية" Stratigraphy of "point–end، وكون هذا يحدث بالدقة وغالباً أين نعاني صعوبة في إيجاد النوع. إن العديد من العلماء أبدوا اهتماماً بمسألة الكمال العام وبنقص السجل المستحاثي، وموثوقية Relibility المدى الطبقي للأنواع، بإنشاء وتحقيق التتابعات الصحيحة لمعطيات الأحداث البيواستراتيغرافية (وتحديد، FADs و LADs).

يرى العديد من المؤلفين الأمريكان، أنه بينما قد تختفي بعض المستحاثات أو العينات المستحاثية والأحداث المسجلة (FADs و LADs) في المقاطع المحلية، فإن التشويش في العديد من الحالات يكون كبيراً للغاية بحيث يمكن اكتشافه. في حالاتٍ أخرى، عندما لا يمكن تتبع واكتشاف التشويش أو الانزياح

displacement يكون هذا أقل من المستوى الحالي للإستنتاجات في مجال المضاهاة الحيوية والبيوكرونولوجيا[1]. وفي هذه الحالات فإن إنزياحات طفيفة سوف لن تؤثر مادياً على عمليات المضاهاة الحيوية.

بالعودة إلى مفهوم استخدام التغيرات في غزارة Abundance النوع (أو المورفوتايب)، إن تلك التغيرات في غزارة أنواع خاصة محددة عبر الزمن يمكن احصاؤها وتمثيلها على شكل بروفيل للغزارة، أو ما يسمى "Wiggly line" (Haq and Worsly, 1982)، مقابل الزمن أو الوضع الطبقي (المماثل لسجل بياني Plot لقياس بئري Well log مستمر). إن بروفيل الغزارة في بعض الحالات تمّ تمثيله (رسمه) للتفريق بين المقاطع الستراتيغرافية المختلفة وفي عمليات المضاهاة والمقارنات التي تمت على أساس الملائمة Matching بين القمم أو الذرى Peaks والانخفاضات في الخط البياني. ماذا تمثل تلك المضاهاة، على أي حال، إنها قضية إشكالية. وإن فرضية التوضع المتسلسل التي تكمن خلف مثل تلك المضاهاة تظهر على أنها: "كل أنواع محددة ستصل إلى قمم Its peak غزارتها بشكل متواقت عبر مدى انتشارها. ولكن على الأرضيات البيولوجية والإيكولوجية[2] قد لا تكون هذه هي الحال. إن تغير غزارة الأنواع في مقطع محليّ قد تعود إلى العوامل البيئية المحلية بالدرجة الأولى. يضاف إلى ذلك، أن المنحني البياني لغزارة أنواع محددة يمكن حسابه على صورة الغزارة النسبية Relative abundace، لذا، فإن غزارة أي نوعٍ محدد سوف تعتمد جزئياً على تغيرات غزارات الأنواع الأخرى في المادة

---

(1) بيوكرونولوجيا Biochronology، أي علم زمن الكائنات الحية.

(2) ايكولوجي= بيئي: Echological.

المستحاثية التي خلفتها البيوتا Biota[1] (هاك وورسلي، ١٩٨٢). إن المنحني البياني الصحيح للغزارة لأي مقطع استراتيغرافي محدد قد يكون كذلك مملاً جداً، كي نستطيع اشتقاقه، أي رسمه وحسابه. إن تواتر أخذ العينات Sameles Sampling من المقطع يجب أن يكون أصغر من، أو من نفس درجة، تكرار القمم أو الذرا Peaks والتقعرات troughs على منحني الغزارة الحقيقي "true"، وبعبارة أخرى، فإن منحنياً خادعاً أو مضللاً سينشأ بالنتيجة.

لقد تمّ الاقتراح تكراراً بأن فائدة التغيرات المورفولوجية المستمرة ضمن النوع (المورفوتايب، التكسون) عبر مقطع استراتيغرافي (أي عبر الزمن)، يجب أن يفسر على أنه نسب تطوري للأسلاف Ancestors والأحفاد Desendants، وهو ما يجب أن يكون فائق الأهمية والفائدة كوسيلة في المضاهاة البيواستراتيغرافية. على أي حال، إن تمييز الأسلاف تمييزاً حقيقياً وفعلياً، والأحفاد والأنساب التطورية Evolutionary hineages هو أمر محاطٌ بالصعوبات وملفوف بها، وإن غالبية التغيرات التطورية المفترض أن ترى في المقاطع الستراتيغرافية، قد تكون غير قابلة للتمييز عن التغيرات البيئية- الشكلية Ecophenotypic variations (والتي هي الرد المباشر على الشروط المحلية البيئية)، انظر سكوك ١٩٨٦..

إن المضاهاة البيواستراتيغرافية على أساس نماذج إيكولوجية شكلية (إيكوفينوتيبات) ضمن نوعٍ محدد، سوف تتجه إلى أن تُظهر التشابهات في الشروط البيئية، غير أنها قد تكون أحياناً متواقتة زمنياً Diachronous (على الأقل في المرحلة الأخيرة من الإستنتاج أي لدى تقرير الخلاصات).

حتى ولو كان النسب العرقي الصحيح للنوع مُمكن انشاؤه (مثلاً، النوع A

---

[1] بيوتا Biota (من اليونانية = حياة Life) والبيوتا هي الحياة الحيوانية والنباتية في مكان ما أو زمان ما.

ينشئ gave rise النوع B، الذي بالمقابل inturn ينشئ النوع C، فإننا لا نحتاج إلى معرفة السيناريو التطوري من أجل مضاهاة تلك الأنواع حيوياً to biocorrelate. إن الطبقات الحاوية على النوع B في المنطقة الجغرافية X يمكن مضاهاتها مع الطبقات الحاوية على النوع B في المنطقة الجغرافية Y، سواء أكان A أنشأ B أو B أنشأ C أم X. لقد تمّ الاقتراح أحياناً (أركيل ١٩٣٣)، أنه كان بإمكاننا إنشاء صيغة علاقات الأسلاف والأخلاف ببعضها البعض، عندها يمكننا أن نعرف بدرجة نسبية من التأكُد الـ LAD بالنسبة للأسلاف Ancestors و الـ FAD بالنسبة للأخلاف Descendents. وعلى أي حال، هناك الآن معطيات جديدة ومؤشرات بأن الأسلاف المورفولوجيين قد يتواجدون بشكل مؤقت مع الأخلاف المورفولوجيين Morphologic descendant (سكوك، ١٩٨٦).

إن عدم التوافقات Uncoformities غير المكتشفة، يمكن أن تشوش طرائق المضاهاة الحيوية بشكلٍ جدّي. فإذا كان في مقطع محلي يجب أن يحدث FADs أو LADs في طبقات، والتي هي زمنياً معادلة لطبقات، وأزمان ناقصة (مفقودة من المقطع) أو أنها غير ممثلة عند حادثة عدم توافق، هناك يمكن أن يحصل تراكم أو تكدُّس لأول ظهورات FDAs وآخر ظهورات LADs في مكان الثغرة الستراتيغرافية ضمن المقطع. وذلك لأن عدداً من الأنواع قد تعرض جميعها FDAs و LADs في المقطع المحلي، **تماماً على سطح عدم التوافق**، بينما في المقطع الأكثر كمالاً فإن تلك الـ FDAs والـ LADs تتوزع عبر مجالات أو قطاعات محددة من الطبقات. في الحقيقة فإن تلك التراكمات أو التكدسات (التي استخدمت كلاسيكياً على أنها حدود لشتى الوحدات البيوستراتيغرافية) قد تقدم لنا من جهة أخرى طريقة هامة للكشف عن وجود عدم التوافقات غير المكتشفة.

في محاولة استخدام المقاربة المتعلقة بالنسب Lineage approch[1] من المضاهاة الحيوية، اقتُرِحَ أن عدم التوافقات ستعلن عن نفسها ضمن البيواستراتيغرافيا على أنها ما يظهر أنه يمثل إنفجارات تطورية " Evolutinary bursts". إن صورة غزارة نوع مرسوم على خلفية الوضع الطبقي، قد يفشل كلياً في الكشف عن وجود ثغرة استراتيغرافية أو عدم توافق.

إن المضاهاة الحيوية Biocorrelation مثلها مثل الأشكال الأخرى العديدة من المضاهاة، تصبح عادة وبشكل متزايد مشوشة وغير أكيدة في حالة المضاهاة عبر مسافاتٍ جغرافية أوسع (آخذين بعين النظر انزلاق سطيحات الغلاف الصخري Lithospheric plates والتغيرات الباليوجغرافية). وإن العملية النموذجية Standard التي يستخدمها الباحثون في محاولة إجراء مقارنات بيواستراتيغرافية جانبية كبيرة المقاييس، تعتمد على التشابك المشترك أو التعشيق المشترك للنطاقات الحيوية. وكما ذكر أعلاه، فإنه من المهم دائماً أن نتذكر أن وثوقية Reliability المضاهاة الحيوية التي تستند على أي من الأنواع الحددة قد تكون أعلى ضمن مداها الجغرافي العادي، وقد تتراجع على الحدود البعيدة للمنطقة الجغرافية التي تقطنها. ومع تغير المناخ ونظامه، فإن المدى الجغرافي للمتعضيات المختلفة سيتسع أو يتقلص، مما يغير عمليات المضاهاة الحيوية تبعاً لذلك بالشكل الملائم. فعلى سبيل المثال، خلال أدوارٍ من الدفء الكوكبي العام، فإن المجموعات الحية في خطوط العرض الدنيا Low Latitude قد توسع رقعة انتشارها إلى خطوط العرض العليا Lhigher latitude. وهكذا، فإن انتقال المضاهاة الحيوية من خطوط العرض

---

[1] أي بالعلاقات العرقية.

الدنيا إلى خطوط العرض العليا يجعلها أكثر إحكاماً.

في محاولة إجراء مضاهاة حيوية كوكبية Global biocorrelation عبر خطوط العرض، وعلى سبيل المثال، ما بين خطوط العرض السفلى والعليا (وخارج ما نسميه عادة "المدى الجغرافي العادي لأي نوع محدد)، فقد جرى اقتراح أن الانزلاق تبعاً لخطوط العرض لدى المستحاثات ومجموعاتها الذي يرتبط بالجغرافية القديمة Paleogeography، يمكن أن نستخدمه في أثناء المضاهاة. إن الشيء الرئيسي في هذه الفرضية هو أن أزمان التبدلات البيئية العظمى Maximum environmental changes، التي تمّ تسجيلها ورصدها عن طريق الانزلاقات أو الانزياحات النباتية والحيوانية الرئيسية عبر خطوط العرض، هي بالضرورة متواقتة Contemporaneous. وإن هذا المخطط مشابهٌ لطريقة المضاهاة الزمنية time correlation المحلية عن طريق المواقع ضمن دورات قياس الأعماق Bathymetric cycles المسجلة ضمن التتابعات الطبقية التجاوزية – الانسحابية Transgressive- Regressive.

إن خلاصة عمليات المضاهاة الحيوية ضمن أي منطقة واسعة الامتداد خلال أي مجال Interval محدد، هي في قسم كبير منها، تؤدي وظيفة عدد من المعطيات حول الحوادث التي تمّ الحصول عليها والتي بناءً عليها تستند المضاهاة الحيوية.

لذا تكون الخلاصة (أو الخلاصات) أكبر حجماً بين المقاطع التي تعرض تنوعاً نوعياً أكبر وتبدلات نوعية أسرع. وبشكل مشابه فإن مجموعة طبقات Suite واسعة معطاة ذات تنوع كبير للمتعضيات ضمن منطقة جغرافية محددة، وضمن مجال استراتيغرافي عريض محدد، فإن أنواعاً محددة ستميل لأن تكون أكبر فائدة من غيرها في تطوير النظم البيواستراتيغرافية المصفاة والمدققة المستخدمة في عمليات

التصنيف Classification والمضاهاة. وعلى وجه الخصوص، قد يكون من المفيد لدرجة كبيرة، تمكننا من تحديد أي الأنواع هي المميزة بتبدلات تطورية سريعة و/أو التي تتصف بانتشار واسع المدى ضمن ظروف بيئية محددة. إن تلك الأنواع عندئذٍ يمكن عزلها واستخدامها في تطوير الجداول البيواستراتيغرافية والمضاهاة ذات الدقة العالية الأولية للمنطقة.

* * *

ملحق

فهرس الأشكال

FIGURE INDEX

رقم الشكل	الموضوع	الصفحة
١.	مقياس استراتيغرافي عالمي- توضعات بحرية وقارية.	٥٣- ٥٧
٢.	مقياس استراتيغرافي عالمي (الاتحاد الدولي للعلوم الجيولوجية ١٩٨٩).	٥٨
٣.	جدول الزمن الجيولوجي لأمريكا الشمالية ١٩٨٣	٦٢
٤.	جدول التصنيف الحيّ للصخور الحطامية والغضارية (حسب روخين- مع تعديل).	٧٠
٥.	جدول تصنيف الصخور الكيميائية والعضوية المنشأ (حسب روخين، ١٩٦٩).	٧٢
٦.	رباعي الوجوه التركيبي الرئيسي، مع التفسيرات المختلف لوجوهه الأربعة (حسب كرومبيان وسلوس ١٩٥١).	٧٥
٧.	مخططات تصنيف: آ- الصخور الرملية- الأليوريتية- الغضارية، ب- الصخور الكلسية- الدولوميتية- الغضارية(حسب روخين، ١٩٦٩).	٧٦
٨.	مخطط يوضح الطرائق المختلفة لتقسيم المقطع الجيولوجي (أو العمود الطبقي) إلى طبقات بالاستناد إلى أهداف البحث ودرجة تفصيله.	٨٠
٩.	جدول يبين طرائق تصنيف التطبق بحسب سماكة الطبقات (عن	٨١

رقم الشكل	الموضوع	الصفحة
	انعزام ١٩٥٤ ومونوسويفيتش، ١٩٥٢)	
.١٠	الحالات المختلفة لغياب الطبقة من المقطع (عن روخين، ١٩٥٥).	٨٢
.١١	أنماط التطبق المائل الرئيسية)عن شروك، ر.، ١٩٥٠).	٨٤
.١٢	تفسير بنية طية مقلوبة ذات أجنحة انيركلينالية هابطة شاقولياً، وذلك بدراسة تعاقب الطبقات.	٨٥
.١٣	مخطط تغيّر علاقات مجموعات الصخور العامة بدلالة الزمن. (حسب رونوف، ١٩٧٢، مع تعديل وفق USGS، ١٩٨٠).	٨٧
.١٤	توزع منتجات الصبيب الصلب المعاصر في الأنهار بمختلف نطاقات الترسيب (عن جيفوتوفسكي، ١٩٦٤).	٨٧
.١٥	مخطط سرعة توضع رسوبات الكريتاسي في شمال غرب سيبريا (عن ميسجنيكوف، ١٩٧١).	٨٨
.١٦	مخطط يُظهر تذبذب مستويات الترسيب وانعكاساتها في المقاطع (إلى اليسار) والمدد الزمنية النسبية لفترات الترسيب وانقطاعات الترسيب (إلى الأعلى) وفق باريل.	٩٠
.١٧	مخطط برينكمان الذي يوضح طريقة قياس ثخانات الرسوبات التي تمت ازالتها خلال "دياستيما" واحدة (عن زيغلر، ١٩٧٢).	٩٠
.١٨	مخطط ثلاثي الأبعاد لتغيرات عمر الغضار الصفحي في تشكيلة "برايت انجل"، (وفق يللر وبيسلي، ١٩٤٨).	٩١
.١٩	تغير المكان خلال دورة تجاوزية – انسحابية واحدة.	٩٢
.٢٠	أنماط عدم التوافق (حسب دانبار وروجرز، ١٩٦٢).	٩٨

رقم الشكل	الموضوع	الصفحة
٢١.	مخطط آليات تشكل الطبقات التعويضية.	٩٩
٢٢.	الأشكال الطبقية للتوضعات الرملية (حسب بيتجون، بوتر وسيفر، ١٩٧٦).	١٠١-١٠٢
٢٣.	مخطط توضع مختلف أنماط الصخور بالقرب من الشاطئ في حالة تجاوز (آ) وانسحاب (ب) بحرين (عن إيشر، ١٩٧١).	١٠٢
٢٤.	مقاطع عريضة للتوضعات الرملية (عن شيبرد، ١٩٦٤).	١٠٣
٢٥.	أحد أشكال البنى الرصيفية (عن ناليفكين، ١٩٤٩).	١٠٥
٢٦.	العلاقة بين الماغنافيسيس والبارفافيسيس ضمن توضعات الدينوني في بنسلفانيا (عن كاستر، ١٩٤٣).	١٠٩
٢٧.	احتمالات مضاهاة السحنات المختلفة التي تقع بين سماكات تقبل المضاهاة فيما بينها بشكل جيد.	١١٢
٢٨.	شكل ٢٧- المجموعات السحنية النمطية (عن خاين، ف،ي، ١٩٦٤، مع التبسيط). هوامش : (١)- ليمنيتي Limnitic، ناتج عن المياه العذبة. (٢)- شلير (من الروسية) أحد أشكال المولاس. (٣)- ترابوفية (من troppar من اللغة السويدية، معناها درج السلم)، استخدم هذا المصطلح في اسكندينافيا لتسمية الماغما الثقيلة الداكنة (البازلتيات، البورفيرايت والدياباز الخ...).	١١٦
٢٩.	مخطط توضيحي لمقطع عرضي للمصاطب النهرية	١١٩
٣٠.	مصور المواقع التي عثر فيها على الأدوات الصوانية	١٢١

رقم الشكل	الموضوع	الصفحة
٣١.	لقى صوانية من الباليوليت	١٢٤
٣٢	بعض المعطيات البالينولوجية المميزة للكاينوزوي في سورية	١٣٠
٣٣	غبار طلع وحيدات الفلقة	١٣٢
٣٤	مقياس الزمن الجيولوجي لما قبل الكامبري	١٤٤
٣٥	جدول الوحدات الزمنية الجيولوجية والزمنية الطبقية الرئيسية	١٤٥
٣٦	تتابع صخري يتضمن طبقات مطوية ذات سحنات مختلفة	١٤٩
٣٧	مثال على مضاهاة مقطعين بطريقة تعاقب السماكات الصخرية	١٥٠
٣٨	تقسيم المقطع الصخري المكون من صخور قليلة التمايز	١٥١
٣٩	مثال السيلكوثيمات من توضعات البنسلفاني	١٥٤
٤٠	مضاهاة سايكلوثيمات ولايتي كانساس وإلينوي بالولايات المتحدة الأمريكية	١٥٤
٤١	تتبع الحدود الجيولوجية بين تتابعين رسوبيين علوي سفلي	١٥٦
٤٢	مقياس زمني للقطبية المغناطيسية	١٥٨
٤٣	مقطع إجمالي استراتيغرافي للمغناطيسية القديمة	١٦٠
٤٤	جدول التوزع الجيولوجي للنباتات والحيوانات على الأرض	١٦٣
٤٥	مخطط بياني (نوموغرام) تحديد عدد العينات	١٨١
٤٦	الأهمية الزمنية النسبية للمجموعات الرئيسية للافقاريات البحرية عبر الزمن الجيولوجي	١٨٦
٤٧	توزع الشعاعيات خلال الكريتاسي المتأخر	١٩٠
٤٨	توزع بعض أمونيتات الجوراسي المتأخر	١٩٠

رقم الشكل	الموضوع	الصفحة
٤٩	توزع بعض الأمونيتات على طول شواطئ المحيط الهادئ	١٩١
٥٠	توزع الكارديوم في بحر آزوف	١٩٢
٥١	توزع نوع البراكيوبودا في مقطع الجوراسي العلوي	١٩٢
٥٢	توزع الاسفنجيات االكلسية في مقاطع الميوزوي غرب أوروبا	١٩٣
٥٣	تغير تركيب الفاونا بتغير العمق في بحر الجوراسي المتأخر في أوروبا الوسطى	١٩٣
٥٤	تغير عدد أنواع الأمونايت بدلالة العمق في بحر الجوراسي	١٩٤
٥٥	حالات ظاهرة لتواقت تعاقب مجموعات الأمونيتات	١٩٨
٥٦	أبسط أنواع الحالات في المقاطع	٢٠٩
٥٧	تقسيمات المقطع وفق المعقدات المستحاثية	٢١١
٥٨	الاحتمالات المختلفة لرسم الحدود بين الوحدات البيواستراتيغرافية	٢١٣
٥٩	العلاقة بين تعداد الوحوش الضارية وضحاياها في البيئات الحيوية للقسم الوروبي	٢١٥
٦٠	توزع مثالي لأعداد النوع في المقطع	٢١٦
٦١	تصنيف المقطع بناء على عدد التاكسونات التي تتم مصادقتها	٢١٧
٦٢	الحالات المختلفة لتوزع المتعضيات القديمة في المقطع	٢١٨
٦٣	توزع الأمونيت من جنس أمالثيوس	٢٤٢
٦٤	أمثلة تشوه مجال الانتشار الطبقي للأنواع	٢٤٣
٦٥	الفرق بين مجالات الانتشار الطبقي للأمونيت	٢٤٥

رقم الشكل	الموضوع	الصفحة
٦٦	تغير مجال الانتشار الطبقي لبعض أجناس الأمونايت	٢٤٦
٦٧	الوضعيات المحتملة للمستحاثات المرشدة بالنسبة لحزمة الصخور الرسوبية	٢٦٠
٦٨	علاقة الوحدات ابيواستراتيغرافية بالاستناد إلى شتى المجموعات المستحاثية في توضعات الماستريخت	٢٦٣
٦٩	أمثلة تحديد الوحداد البيواستراتيغرافية	٢٦٩
٧٠	تغير تركيب معقدات المنخربات للحوراسي العلوي في حوض بتشورا	٢٧١
٧١	نماذج من الحالات المعقدة التي تصادف عند التفسير البيواستراتيغرافي للمقاطع الجيولوجية	٢٧٥
٧٢	أمثلة عن النطاقات البيواستراتيغرافية المحالية	٢٨٨
٧٣	أمثلة عن مفاهيم النطاق المجموعاتي	٢٨٩

المصطلحات العلمية

(انكليزي – عربي)

IDIOMATIC INDEX FOR STRATIGRAPHY II COURSE

A

Abiotic	لا حيوي (غير متعلق بالحياة)، غير حيّ
Abiotic Factor	عامل لا حيوي
Absolute	مطلق (العمر)
Absolute dating	التأريخ المطلق
Abstract	تجريد
Abstract time	زمن مجرّد
Alterned (beds)	طبقات متناوبة
Actualism	مبدأ مطابقة الوقائع، مبـــدأ شـــارل لايـــل، ١٨٣٠- ١٩٣٣
Albian (Stage)	طابق الألبي: أحدث طوابق الكريتاسي السفلي
Ammonite	أمونايت، رأسيات أرجل مستحاثة، امونايت
Ammonoidae	امونيتات، رأسيات الأرجل، رخويات
Amoeboceras	أموبوسيراس جنس من الأمونيات
Analogous	مشابه، مماثل
Angiosprmae, Angiosperm	نباتات مغلفات البذور

A, Ar.	رمز ايون الأركي
Areal, Area	منطقة انتشار النـــوع أو الجـــنس النبـــاتي أو الحيواني، مجال الانتشار الجغرافي
Arthropoda, Arthropod	مفصليات الأرجل
Ash (volcanic)	رماد (بركاني)
Assemblage	(١) مجموع (حيوانات، نباتات، مســتحاثات الخ...)، (٢) مجموعة، جماعة، فئة (مستحاثات، فلزات الخ...)
Atoll	جزيرة مرجانية
B	
Bajocin	باجوسي، طابق الجوراسي الأوسط
Barremian (Stage)	الباريّمي، أحد طوابق الكريتاسي السفلي
Barrier	حاجز
Bathonian	باتوني، طابق من الجوراسي الأوسط
Bed	طبقة
Bed limit	حدود الطبقة
Bed limitation	اختفاء الطبقة، غياب الطبقة
Benthic, Benthonic	بنثيك، قاعي
Benthos	كائنات قاعية
Berriasian (Stage)	طابق الباریاسي، أدنى طوابق الكريتاسي
Biofacies	سحنة إحيائية، سحنة حيوية

Biological	متصل بعلم الحياة
Biology	علم الحياة، علم الأحياء
Biostaton	بيواستراتون، وحدة تصنيفية طبقية يعتمد تحديدها على المحتوى المستحاثي في التوضعات الرسوبية
Biostratigraphy	طبقية إحيائية، علم طبقات الأرض الإحيائي، الطبقية الحيوية
Biota	نباتات وحيوانات منطقة أو حقبة زمنية
Biotic	حيّ، حيوي
Biotic Content	محتوى حيّ (مكونات مادة حية)
Biotope	بيوتوب، موطن متوازن بيئياً، مكان العيش للنبات والحيوان
Biozone	نطاق حيوي
Boreal	بارد، مناطق باردة قرب قطبية
Boundary	حدود (جيولوجية...)
Brachepoda (Bivalvia)	عضديات الأرجل
Bryozoa	بريويات

C

C	رمز دور الكربوني
Cambrian	دور الكامبري
Cambrian (Period)	كامبري، أقدم أدوار حقب الباليوزوي
Carboniferous	دور الكربوني

Cenozoic	حقب السينوزوي، كاينوزوي
Cephalopod	رأسيات الأرجل
Chron-, chrono-	بادئة تعني زمان، زمن (من اليونانية)
Chronocorrelation	مضاهاة زمنية
Chronograph	مقياس الزمن كرونوغراف، جهاز لقياس فترات قصيرة جداً من الزمن
Chronological(adj.)	مصنف وفق زمن الحدوث، مرتب زمنياً
Chronology (n)	علم الزمن، العلم الذي يتعامل مع الحوادث فيؤرّخ حدوثها بترتيب زماني (زمني)
Chronometer(n)	كرونوميتر، مُسَجِّلْ الزمن، كرونوغراف، جهاز عالي الدقة لقياس الزمن
Chronometry	قياس الزمن
Chronos	إله الزمن
Chronostratigraphy	علم الطبقية الزمني
Chroustratigraphic	طبقي زمني
Class (Biol.)	صفّ (نباتي، حيواني...)
Classification	تصنيف
Clastic	حطامي(رسوبيات ، صخور...)
Clay	غضار
Coccolithes	كولوكيت (وحيدات خلية)
Cocretion	كتلة مصمتة قاسية من مواد فلزية، على شكل مكتمنات أو من مادة ملاطية ضمن الصخر

	السائد.
Code	شيفرة
Compensating	تعويضي
Compensating bed	طبقة تعويض، طبقة تعويضية
Compensation	تعويض
Complex	معقد ، مجموعة من الأحياء
Concept	مفهوم
Conception	تصور، إدراك، فكرة،مفهوم
Concretion	عقيدة، (كلسية، سيليسية...)
Condensed layers	طبقات مكثفة
Condont	كونودونت، أسنان وفكوك مستحاثة مكونة من مركبات فوسفاتية، غير معروفة النسب التصنيفي حتى الآن
Conglomerate	كونغلوميرا، صخر حصوي تجمعي
Contact	تماس
Continental	قاريّ
Continental shelf	رصيف قاري
Continental slope	منحدر قاري
Correlation	مضاهاة، تعالق، ترابط
Cosmopolitan	عالمي، واسع الانتشار
Cretaceous	دور الكريتاسي
Cretaceous (Period)	كريتاسي، دور الميزوزوي الأحدث

Cryptozoic (Eon)	الحياة الخفية، (إيون أو دهر)

D

D	رمز دور الديفوني
Darwin, Charls, Principle of Inadequacy of Fossil record	تشارلز دارون، وضع دارون مبدأ نقص السجلين الصخري والمستحاثي في الفصل العاشر من كتابه المشهور (أصل الأنواع)، ١٨٩٣
Data (Datum مفردها)	معطيات، معلومات
Datable	قابل للتأريخ
Dates, Isotopic	تأريخ بالمواد المشعة
Dating	تأريخ (الطبقات، الصخور)
Dating, numirical	تأريخ رقمي
Depression	منخفض منحدر
Devonian	الديفوني
Devonian (Period)	ديفوني، أحد أدوار حقب الباليوزوي
Diagenese, Diagenesis	إعادة تشكل، اكتساب الرسوبات صفات قبل التصلب الصخري
Diastem	دياستيم، عدم توافق ناتج عن انقطاع في الترسيب (محلي) و/ أو قصير الأمد
Diatome	مشطورات
Diatomite, Trilpoli rock	صخر المشطورات، أو صخر طرابلس
Discipline	نظام (علمي، تعليمي، دراسي الخ..)

Disconformity	عدم توافق، لا توافق، ناتج عن انقطاع في الترسيب، عدم توافق تعروي
Disperse	انتشار (غبار الطلع والأبواغ بالهواء مثلاً)
Dollu, L., Principle, 1893	مبدأ دوللو ل.، مبدأ عدم تقهقر (لا إنقلابية) التطور الجيولوجي والبيولوجي.

E

Earth distruction	تدمير الأرض، تدمير اليابسة
Earth theory	نظرية الأرض، عنوان كتاب مشهور لجيمس جيتون (١٧٢٦- ١٧٩٧) وهو رأس المدرسة البلوتونية. ولقد ألف جيتون كتابه المذكور في عام ١٧٩٥.
Eeuribiot	متنوع الأوساط
Electrical facies	سحنة كهربائية
Endimic	مقيم في مكان ما محدد (نبات أو حيوان)
Endogenic	داخلي المنشأ، جوفي (مثلاً قوى، صخور...)
Eocene	دهر الايوسين
Eon	دهر، فترة طويلة جداً من الزمن الجيولوجي
Eonothem	ايونوتيم، الشخانات الصخرية التي تشكلت خلال دهرٍ واحد
Epicontinental	هامشي، على الأطراف القارية
Epoch	عصر، عهد
Era	حقب ، حقبة

Erathem	ايراثيم، السماكة الصخرية المتشكلة خلال حقب Era جيولوجي واحد
Erosion	حت
Evidence	دليل، برهان
Exogenic	خارجي المنشأ، سطحي
Exposure	تكشف
Extrusive	مخترج (صخر، حمم، لافا، لابا)، إندفاعي، مصطلح يستخدم لوصف الصخور النارية المتدفقة على السطح وهو عكس جوفي Intrusive، والأول مرادف لبركاني أيضاً

F

Facies	سحنة (صخرية...)
Facies analysis	التحليل السحني
Facies, rock	سحنة صخرية
Family	عائلة (وحدة تصنيفية)
Fault	فالق
Faulting	تفلّق
Flowering plants	النباتات الزهرية
First appearance	أول ظهور (للمستحاثات)، FAD
Flysch	فليش، رسوبات تنشأ عن تعرية الطيات الناهضة والتي تخضع للنموّ والتي تعرضت للتشوه في الفترات اللاحقة تبعاً لتطور البنى

الجيولوجية. استخدم هذا المصطلح لأول مـــرة في سويسرا لوصف الرسوبات المرتبطة بالـــدور الألبي الباني للجبال التي تتناوب فيها ســـحنات مختلفة بثخانات متماثلة (عدة عشـــرات مـــن السنتميترات، غالباً) على شكل ايقاعات وهي تتولد عن تعرية البنى المطوية اجمالاً.

Formal numenchature	تسمية شكلية
Foraminifera	منخربات
Foraminifera, planktonic	منخربات عالقة، طافية
Foraminifera,Benthic	منخربات قاعية
Formal	شكلي، رسمي
Formation	تشكيلة
Formational	تشكيلاتي
Fossil	مستحاثة (نباتية أو حيوانية)
Fossile ferous	غني بالمستحاثات، حامل للمستحاثات
Fossilized	مستحاث، خضع لعملية الإحاثة بتوفر شروطها

G

Gap=Hiatus	ثغرة استراتيغرافية، ثغرة طبقية
Gastopoda	معديات أرجل
Geochonological sub-division	وحدة الزمن الجيولوجي(جملة، زمرة، طابق...)
Geochronologic sub-division	وحدة الزمن الجيولوجي

Geochronology	علم الزمن الجيولوجي
Geologcal time	الزمن الجيولوجي
Geologic column	عمود جيولوجي
Geological boundary	حدود جيولوجية
Geological evolution	التطور الجيولوجي
Geological survey	المسح الجيولوجي
Geological time	الزمن الجيولوجي
Geosyncline	مقعّر جيولوجي
Glacier	جليدية، غطاء جليدي دائم، جليد
Glacis	منحدر خفيف
Global	كوكبيّ، عالمي
Global chronological scale	مقياس زمني كوكبيّ، عالمي
Global effect	تأثير كوكبي، عالمي
Global scale	مقياس كوكبيّ، عالمي
Global stratigraphic scale	مقياس استراتيغرافي كوكبيّ أو عالمي
Global stratigraphy	الطبقية الكوكبية (العالمية)
Galovgenskii principle	مبدأ غالوفكينسكي، مبدأ تغير عمر الحدود العليا للأجسام الجيولوجية، ١٨٦٨
Goniatites	غونياتيتات: رأسيات أرجل ذات قوقعة كروية ناعمة، تحيط بانخفاض صغير في المركز الحلزوني، الخط الدرزي مميز جداً- الكربوني

	السفلي، القطر حوالي ٢سم.
Grand canion	الخانق الكبير (مثلاً خانق كولورادو...)
Granolometric	مقياس حبيبي، يعتمد على مقاييس الحبات
Graptolite	غرابتولايت، متعضيات بحرية حصراً تعيش على شكل مستعمرات تنتسب إلى الـ Protocordates وهي مجموعة قريبة من الفقاريات، ذات تفرعات Stipes تحمل تشكلات كأسية (thecae)، مستحاثات مرشدة للباليوزوي.
Gravel	حصى
Gravellite	صخر حصوي
Gressli principle	مبدأ غريسلي، مبدأ الانتقال الجانبي (تغيّر) للسحنات، ١٨٣٨.
Guide	مرشد، دليل (مستحاثة)
Gymnosperm	نباتات عاريات البذور، مخروطيات، صنوبريات
Gyrosolavi-Smith, principle of paleontological Identification	مبدأ جيروسلافي – سميث، مبدأ الهوية الباليونتولوجية، ١٨٨٠

H

Habitat	رقعة انتشار، موطن (لكائن حيّ)
Hiatus	انقطاع في الترسيب، فجوة، ثغرة، انقطاع (في

	الترسيب، في السجل الصخري الخ...)
Historical geology	الجيولوجيا التاريخية (علم)
Hollow	منخفض
Holocene = Recent	هولوسين، حديث
Holoype	هولوتايب، نموذج النوع
Homo sapiens	الإنسان المفكر، نوع ينتسب إليه الإنسان الحديث
Horizon	أفق
Hyolitha	هيولايت، لافقريات بائدة (قد تكون من الرخويات أو هي رتبة مستقلة، معروفة منذ بداية الدور الكمبري)
	I
Idiom	مصطلح
Idiomatic	اصطلاحي
Inadequacy	نقص، عدم كمال (في السجل الصخري أو المستحاثي)
Index fossil	مستحاثة دالة
Influx	تدفق، دفق، ورود بوفرة بغزارة صبيب (مثلاً: Terrigeneous influx)، تدفق الصبيب الأرضي، (في حالات التجاوز البحري)
Inoceramus	اينوسيراموس، أحد أجناس صفيحيات الغلاصم

التي انتشرت ما بين الجوراسي والكريتاسي. لها عقفة وحلقات نمو واضحة على القوقعة. وقد انتج العديد منها لآليء مستحاثة. ويصل طول بعضها إلى أربعة أقدام، جنس من الرخويات ذوات المصراعين من صف Pelecypoda، انتشرت خاصة خلال الكريتاسي العلوي.

Intraformatioal	ضمن تشكيلاتي
Intraglacial	ضمن جليدي
Interformational	بين تشكيلاتي
Interglacial	بين جليدي
Interval	مجال، قطاع (زمني، صخري...)
Isochrone	مؤاقت ، حدث بنفس الزمن، مساوي في الزمن، له نفس العمر

J

J	رمز دور الجوراسي
Jurassic	دور الجوراسي
Jurassic, Jura (Period)	جوراسي، أوسط أدوار حقب الميزوزوي

K

K	رمز الدور الكريتاسي
Karst	كارست، حت مائي سطحي وجوفي
Karstificaion	كرستة، تشكل الكارست
Key Form = Index fossil	مستحاثات مفتاحية، مرشدة

Khalvin principle	مبدأ خالفين، ١٩٦٠، مبدأ موضوعية التقسيمات الطبقية وعدم تكرارها
Kimmeridgian	طابق الكيميريدجي، الجوراسي العلوي

L

Lagoon	بحيرة مالحة
Lagoonal	لاغوني، يتصل بالبحيرات المالحة
Landscape	منظر طبيعي – مشهد خلوي
Last appearance (LD)	أخر ظهور (للمستحاثات...)
Lateral	جانبي
Limestone	حجر كلسي
Lithogenese	ليثوجينيز، التشكل الصخري، التصخّر
Lithologic column	عمود ليثولوجي
Lithology	ليثولوجيا، علم الترسيب
Lithosphere	الغلاف الصخري
Lithotope	ليثوتوب، ظروف تشكل سحنة صخرية ما
Loess	لوس، غبار، ريحي المنشأ، سيليكاتي على الأغلب، ينشأ في الصحاري أو في المناطق التي تفتقر إلى الغطاء النباتي، حجم الحبيبات (١٦/ ١- ٣٢/ ١ مم).
Lithofacies	سحنة ليثولوجية، ليثوفيسيس
Lyell , Charls	شارل لايل، ألف كتاب نظرية الأرض ١٧٨٨- ١٧٩٥، وهو صاحب مبدأ مطابقة

الوقائع، أحد مبـــادئ علـــم طبقـــات الأرض Actualism، ويسمى أحيانـــاً Prineiple of Uniformitarism، ولكن مع الإشـــارة إلى الفرق بين هذين المفهومين.

M

Magnafacies	ماغنافيسيس أي سحنة كـــبيرة، نـــوع مـــن الســـحنات تَـــرِدُ في الأدبيـــات الجيولوجيـــة الأمريكية، اصطلاح استخدم من قبل كاســـتر، ١٩٣٤ (انظر بحث السحنات)
Magnitostratigraphic	مغناطيسي- طبقي
Magnitostratigraphy	الطبقية المغناطيسية
Magntic	مغناطيسي
Marker bed	طبقة مُعلِّمَة، طبقة مرشدة
Marker Zone	نطاق معلم
Marking layer (bed)	طبقة معلمة، مرشدة
Mediterraean	البحر المتوسط
Mesozoic	حقب ميروزوي، حقب الحياة الوسطى
Method	طريقة (باليونتولوجية، مناخية الخ...)
Microfossil	مستحاثات مجهرية
Miocene	دهر الميوسين
Model	نموذج
Mud	طين، عكر

Mud current	تيار عكر
Mz = MZ	رمز الميزوزوي

N

N	رمز دور النيوجين
Ni	رمز زمرة الميوسين
Nz	رمز زمرة البليوسين
Nano-	صغير جداً (مستحاثات الخ...)
Nanofossil	مستحاثات فائقة الصغر، مستحاثات تحت مجهرية
Nanoplankton	عوالق تحت مجهرية
Nektonic	سابح، سابحة (كائنات حية مائية)
Neocomian	نيوكومي- اسم زمرة مكونة من أربعة طوابق في أسفل ووسط الكريتاسي السفلي، كما في بريطانيا وفرنسا ودول أوروبا الغربية، يقابله Wealden . الطوابق الأربعة اعتباراً من الاقدم هي، البرياسي، الفالانجيني، الهاتريفي، الباريمي
Neogene	دهر النيوجين
Neptune	نبتون، أ- إله الماء عند الرومان، يقابله عند الإغريق إله البحر بوسيدون، ب- الكوكب الرابع الأكبر ضمن المجموعة الشمسية والثامن بعداً عن الشمس

Neptunic	نبتوني، بحري المنشأ، مصطلح اقترحه H. H. Read للتعبير عن الصخور الرسوبية
Neptunism	نيبتونية، يتصل بمنشأ بحري أو مائي
Non - compensating	لا تعويضي
Non - conformity	عدم توافق، مرادف Unconformity، ويعني عدم توافق بين صخور متطبقة في الأعلى وصخور نارية أو متحولة غير متطبقة في الأسفل من التتابع الصخري
Nondeposation	عدم ترسيب، توقف عن الترسيب

O

O	رمز دور الأوردوفيشي
Oceanic	محيطياني، أوقيانوسي
Oligocene	دهر الأليغوسين
Ordovician	دور الأوردوفيشي، أحد أدوار الباليوزوي
Organ	عضو
Organic	عضوي
Organism	متعضية (حيوانية أو نباتية)
Oriented	موجه، ذو اتجاه محدد
Oriented eliment	عنصر موجه
Oriented specimen	عينة موجهة
Orthofauna	اورتوفاونا، فاونا ذات صلة مباشرة بعلم الطبقية.

Orthofauna	
Orthostratigraphic	اورتواستراتيغرافي، الطبقية الحيوية، المؤسسة على علم المستحاثات
Outcrop, Exposure	تكشُّف
Oxfordian	أوكسفوردي، طابق من الجوراسي العلوي

P

P	رمز دور البرمي
Paleozoic	حقب الباليوزوي
Palaeontology, Paleontology	علم المستحاثات (الحفريات)
Paleocene (Epoch, Series)	باليوسين(عصر)، أدنى زمر الباليوجين
Paleoclimatology	علم المناخ القديم
Paleogene	دور الباليوجين
Paleogene (Priod)	باليوجين، أقدم أدوار حقب السينوزوي
Paleogeography	الجغرافيا القديمة
Paleogeology	الجيولوجية القديمة، معطيات جيولوجية قديمة
Paleozoic (Era)	باليوزوي، أقدم أحقاب الفانيروزوي
Palsation	نبض
Palynology	بالينولوجيا، علم الأبواغ وغبار الطلع
Palynology, Pollen and spore analysis method	علم غبار الطلع والأبواغ
Palynostratigraphy	بالينواستراتيغرافيا، الطبقية البالينولوجية
Parallel Unconformity	عدم توافق متوازي

Parastratigraphy	طبقية تكميلية
Parastratotype	باراستراتوتايب، مقطع طبقي متمم أو نظير
Paraunconformity	عدم توافق متوازي، عدم توافق تعروي
Parvafacies	بارافافيسيس سحنة صغيرة (محدودة الانتشار، فرعية)، استخدم هذا المصطلح من قبل كاستر ١٩٣٤، وهو جزء من الماغنافيسيس، تحدده ايزوكرونات، والتي تدخل في تركيب وحدات كرونواستراتيغرافية محددة (انظر مبحث السحنات)
Pattern	نموذج
Pattern, Shifting	نموذج متبدل (متغير)
Pelagic	بيلاجي، وسط البحر المفتوح تعيش السابحات والمعلقات وليس القاعيات، من نباتات وحيوانات
Period	دور، فترة ممتدة من الزمن الجيولوجي تقدر بعشرات ملايين السنين، باستثناء الدور الرباعي القصير (١.٦٣ مليون سنة).
Periodic, Periodical	دوري، يحدث دورياً بفواصل زمنية معينة
Periodicity	دوريانية، ايقاعية
Permian	البرمي، دور
Phanerozoic	الحياة الظاهرة، ايون
Phanerozoic (Era)	الحياة الظاهرة، حقب

Phase Contrast	متضاد الأطوار، مجهر
Planktonic	عالقيّ، بلانكتوني، يتصل بالعوالق، وهي كائنات صغيرة طافية
Plate	صفيحة، لوح
Plateform	سطيحة
Pleistocene (Epoch, Series)	بلايستوسين (عصر)، يعادل الرباعي الأدنى والأوسط تقريباً
Pleistocere	البلايستوسين، دهر
Pleocene	الباليوسين، دهر
Pliocene	البليوسين، دهر
Pluto	أ- بلوتو، إله العالم السفلي (أساطير)، ب- كوكب بلوتو- أبعد كوكب في المجموعة الشمسية عن الشمس.
Plutonic	بلوتوني، جوفي، مادة صخرية نارية عميقة المنشأ
Plutunism	البلوتونية، اتجاه يقول بأن الشيء (الصخور...) ذات منشأ جوفي، وهو وصف يطلق على الصخور النارية، أو الجوفية
Pollen	غبار الطلع
Precambrian	ما قبل الكمبري، ايون
Principle, Charls Darwin's	مبدأ تشارلز داروين Charls Robert Darwin، عالم طبيعة انكليزي (١٨٠٩-

	١٨٨٢) ، مبدأ نقص السجلين الطبقي والمستحاثي، ١٩٥٨
Principles	أسس
Priscoan	بريسكوان، ايون زمني (كرونومتري) ما بين ٤.٦- ٤ مليار سنة من الآن
Prospecting	استكشاف
Proterozoic	بروتيروزوي، ايون زمني ما بين ٤.٦ إلى ٠.٥ مليون سنة
	Q
Q	رمز الدور الرباعي
Quaternary	الدور الرباعي، رباعي(دور)، رابعي، أحدث أدوار حقب السينوزوي ومدته ١.٦٣ مليون سنة
	R
Radiation	إشعاع
Radiolaria	شعاعيات
Radiolarite	راديولارايت، صخر الشعاعيات، صخر بحري سيليسي عضوي المنشأ
Radiological Method	الطريقة الاشعاعية، أي الطريقة التي تستخدم فيها المواد المشعة ، أحد طرائق التأريخ الجيوكيميائي
Radiometric	إشعاعي، يتصل بالطرائق الإشعاعية

Radiometric dating	التأريخ بالمواد المشعة
Regional	إقليمي
Regional geology	جيولوجية إقليمية
Regional scale	مقياس إقليمي
Regional subdivision	وحدة أو تقسيمة في المقياس الإقليمي، أو إقليمية
Relative	نسبي (تأريخ)
Relative dating	التأريخ النسبي
Relative time	الزمن النسبي
Replacement	استبدال (سحني، كيميائي، عناصري)
Rhythimc	إيقاعي، تكراري ، متكرر
Rhythm	إيقاع، تكرار
Rift	انهدام ، انزياح (اسم)
Riftinag	تشكل، انهدام
Rock	صخر
Rock facies	سحنة صخرية
Rock unit	وحدة صخرية

S

S	رمز الدور السيلوري
Sabdivision	وحدة، تقسيمية
Sand	رمل
Sandstone	حجر رملي

Sedimentary	رسوبي، ترسيبي
Sedimentary complex	معقد صخور رسوبية
Sedimentation	ترسيب
Sedimentology	علم الترسيب
Sequence	تتابع (صخري، رسوبي، طبقي الخ...)
Series	زمرة، مفهوم يرتبط بالسماكات الصخرية المتشكلة خلال عهد أو عصر Epoch جيولوجي واحد
Shale	شيل، غضار صفحي
Shallow	ضحل
Shallow sea	بحر ضحل (قليل العمق)
Shelf	رصيف
Silt	سلت، غضار رملي، أو رمل غضاري ناعم، والتسمية تتبع نسبة كل منهما في المادة الرسوبية المشار إليها
Silurian (period)	سيللوري(دور)، أحد أدوار الباليوزوي
Slanting	مائل، مثلاً تطبق مائل
Slanting fault	فالق مائل
Slanting Layer	طبقة مائلة
Smith, F. principle	مبدأ ف.سميث، أو مبدأ التصنيف والمضاهاة البيواستراتيغرافية، له مؤلف (تحديد الطبقات بالمتعضيات المستحاثية، ١٨١٦)، وكتاب

	(النظام الستراتيغرافي للمتعضيات المستحاثية، ١٨١٧). أحد الباحثين الكبار في علم البيواستراتيغرافيا، وهو حسب البعض مؤسس الطريقة البيواستراتيغرافية. انظر مبدأ سميث في الكتاب
Spices	نوع، أصغر وحدة حية مستقلة تمثل الفرد النباتي أو الحيواني
Spore	بوغ
Stage	طابق
Statistic analysis	تحليل احصائي
Statistics	علم الإحصاء
Stenon, N.principle, (Principle of superposition)	مبدأ نيكولا ستينون (عالم طبقات أرض)، أو مبدأ تعاقب الطبقات، شرح هذا المبدأ في اطروحته عام ١٩٦٩
Strata, bed,layer	طبقة
Stratification	تطبق
Stratigraphic	طبقي ، استراتيغرافي
Stratigraphic code	شيفرة طبقية
Stratigraphic hiatus	ثغرة طبقية، انقطاع استراتيغرافي
Stratigraphic scale	سلم استراتيغرافي، مقياس طبقي، جدول طبقي
Stratigraphic Subdivision	وحدة استراتيغرافية، تقسيمة
Stratigraphy	علم طبقات الأرض، علم الطبقية

Straton	استراتون، اسم يطلق على كافة أشكال الوحدات الستراتيغرافية مهما كانت درجتها.
Stratosphere	إستراتوسفير (من اللاتينية Stratum طبقة + من اليونانية Sfera كرة) وهي القسم العلوي من قشرة الأرض والتي تتكون من صخور رسوبية متطبقة بشكل أساسي
Stratotype	مقطع جيولوجي نموذجي، استراتوتايب
Stratum	طبقة، الصخور التي تظهر فيها صفة التطبق لكونها مكونة من طبقات
Strike	اتجاه
Strike line	خط الاتجاه، يتصل بالطبقات الرسوبية
Substage, Sub-Stage	تحت طابق
Sub-zone	تحت نطاق
Suete Tamanskaia	
Suite	حزمة، (صخرية، طبقات صخرية...) (وحدة استراتيغرافية مستخدمة في الستراتيغرافية السوفيتية سابقاً والروسية).
Superposition	تتابع، تعاقب (طبقي، ليثولوجي)
Synchronic	مؤاقت ، مماثل زمنياً، حدث في نفس الزمن
Synthesis	تركيب (معلومات)
System	جملة- هي التوضعات التي استغرق تشكلها دوراً Period كاملاً، جملة، مفهوم يرتبط

	بالسماكات الصخرية المتشكلة خلال دور جيولوجي واحد
Systematics	علم التصنيف،
	T
T	رمز الدور الترياسي
Taxonomy	علم التصنيف (نباتي، حيواني)
Tethys	محيط التيتيس
Taxon	هو الوحدة البيولوجية التصنيفية (نوع، جنس، الخ...)
Terrigenous influx	صبيب أرضي قاري، ورود مواد قارية المنشأ
Tertiary	تحت حقب الثلاثي (باليوجين ونيوجين)
Time	زمن
Time in geology	الزمن في الجيولوجيا
Tintinnoide	الجرسيات، الطنطنيات،
Toarcian (Stage)	التوارسي، طابق أعلى الجوراسي السفلي في أوروبا
Transgression	تجاوز بحري، طغيان بحري
Transgressive influx	صبيب تجاوزي، ورود مواد طغيانية بوفرة
Triassic , Trias (Period)	ترياسي، دور، أقدم أدوار حقب الميزوزوي
Trilobite	ثلاثي فصوص
Trilobites	ثلاثيات الفصوص، كامبري- برمي، مفصليات بحرية بائدة

Trough	منخفض طولاني

U

Unconformity	عدم توافق
Unconformity	عدم توافق ، لا توافق
Unformal	غير شكلي، غير رسمي
Ungular uncoformity	عدم توافق زاوي
Unit	وحدة (صخرية، طبقية)
Uniformitarism, Principle	وحدة التشكل، انظر مبدأ مطابقة الوقائع في الكتاب

V

Volcanic ash	رماد بركاني، مواد ناعمة الحبيبات تتشكل تحت تأثير الانفجارات البركانية
Volcanic bomb	قنبلة بركانية، كتلة صلدة من الحمم المتصلبة، يقذفهماالبركان إلى الهواء الجوي بتأثير اندفاعات الغازات
Volcanic lava	حمم بركانية، لافا، لابا
Volcanic tube	أنبوب بركاني، كهف بركاني (توسع في أنبوب بركاني)
Volcano	بركان
Volgian	فولجي، طابق
Volgian stage	طابق الفولجي، يستخدم هذا المصطلح للتعبير عن أعلى الكيميريدجي في أوروبا الغربية

بالإضافة إلى Postland وPurbeck. كمـــا
يوجد استخدامات أخرى لهذا المصطلح.

Vendian	آخر أدوار ما قبل الكمبري (البروتيروزوي)

W

Wild	بَرّي
Withering	تعرية

Z

Zonal	نطاقي
Zonation	تقسيم إلى نطاقات
Zone	نطاق (حيوي، تكتوني، طيّ ، الخ...)

Damascus University

المراجـــــــع

BIBLIOGRAPHY

- المراجع العربية:

١- حسين، كمال محي الدين، ١٩٧٨: الجيولوجيا الإقليمية- عملي، مطبوعات جامعة دمشق.

٢- حسين، كمال محي الدين، ٢٠٠٠: جيولوجية سورية الإقليمية (١). الطبعة الثالثة، منشورات جامعة دمشق، ٣٨٢ صفحة.

٣- حسين، كمال محي الدين، ٢٠٠٣: جيولوجية سورية الإقليمية (٢). الطبعة الثالثة، منشورات جامعة دمشق، ٤٥٢ صفحة.

٤- حسين، كمال محي الدين، ١٩٨٢: الستراتيغرافيا، جامعة هواري بومدين للعلوم والتكنولوجيا، نوط محاضرات، الجزائر.

٥- جودة، محمد غريب، ٢٠٠٤: عباقرة علماء الحضارة العربية والإسلامية. مكتبة الأسرة، مصر.

- المراجع الأجنبية:

6- CHHATWAL, M., 1995: DICTIONARY OF GEOLOGY. Anmol's Publications Ltd. New Delhi., P., :307.

7- HELGEN, F. J., LACCARINO, S., KRIJGSMAN, W., VILLA, G., LANGEREIS, C. G. and ZACHARIASSE, W. J., 2000: The global boundary stratotype section and point (GSSP) of the Messinian stage (uppermost Miocene). ***Episodes***, Vol. 23, # 3, pp.:172-177.

8- HUSSEIN, K. M., 2007: Last and post glacial vegetation of eastern Mediterranean and southwestern Caspian sea regions and its climatic and paleogeographic significance (Syria & Iran),based on palynological data. GRMENA II, Cairo Univ., Egypt, P. 495-505.

9- HUSSEIN, K. M., 2006: Climatic characteristics of the Late Pleistocene and Holocene continental deposits from southeastern Syria based on palynological data. Darwiniana, Argantina, 44 (2), p. 329-340.

10- HUSSEIN, K. M., 2005: Pollen and spore assemblages from late Quaternary continental deposits of southwestern Syria and their significance. Egypt. Jour. Paleontol. Vol. 5, P. 317-332.

11- HUSSEIN, K. M., 1999: Palynological characteristicsof Quaternary turf bearing deposits from lake Al-Otaibah (east of Damascus-Syria). GAW 4,Vol. 2, Cairo Univ. Egypt, p. 790-809 .

12- HÜBSCHER, C., CARTWRIGHT, J., CYPIONKA, H., DE LANGE, G. J., ROBERTSON, A., SUC, J. –P. and URAI, J. L., 2007: Global look at salt giants. EOS, Vol. 88, # 16, pp.: 177-179.

13- MONTGOMERY, C. W., 1997: ENVIRONMENTAL GEOLOGY. McGRAW- HILL, usa, p. 546.

14- PIPKIN, B. W., 1994: GEOLOGY AND THE ENVIRONMENT. West Publishing Co. USA, P. 478.

15- PODLOVSKI, V., E., 1953: SMAL ATLAS OF THE KEY FOSSILS. Gostoptikh Press, Liningrad-Moscow (in Russian). P., : 240.

16- RUTTER, N. W. and CATTO, N. R., (Edit.) 1995: DATING METHODS FOR QUATERNARY DEPOSITS. GEOTEXT II, Geological Association of Canada press, Memorial University of Newfoundland. Canada,p. 308.

17- SCHOCH, M. R., 1989: STRATIGRAPHY, PRINCIPLES and METHODS. Van Nostrand Reinhold, New York. P.: 375.

18- STEPANOV, D. L., 1979:GENERAL STRATIGRAPHY. Nedra, Liningrad, , In Russian, P., : 424.

19- WILLIAMS, M. A. J. DUNKERLEY, D. L., DECKKER, P. De, KERSHAW, A. P. and STOKES, T., 1993:Quaternary Environments. Edward Arnold Edition, Great Britain. P. 329.

المدقق اللغوي: الدكتور محسن العبيد

حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات الجامعية


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University