

الفصل الثاني

التفسيرات الكمية

٤-٥ تعيين المسامية والتركيب الليثولوجي

: Lithology and Porosity Determination

تعتبر القياسات الصوتية ، النهروترونية والكتافة ، طرائق رئيسية من أجل تعين المسامية (يمكن تعين المسامية من القياسات الكهربائية والكهربائية). وتعتمد استجابة القياسات الثلاثة للمسامية ، بالإضافة إلى تغيرات المسامية ، على التركيب الليثولوجي وعلى السائل الذي يملأ المسامات (ماء ، نفط ، غاز) ، وفي بعض الحالات ، على هندسة الشكل المسامي .

وعندما تكون الطبيعة الليثولوجية معروفة (ρ_{ma} ، N_{ma} ، γ_{ma}) فيمكن الحصول على قيم مسامية صحيحة من هذه القياسات وذلك بالنسبة للطبقات النظيفة المليئة بالماء . وضمن هذه الشروط فإن أحد القياسات يمكن الاعتماد عليه لتعيين المسامية (النهروتروني ، الكتافة أو الصوتي عندما لا يوجد مسامية ثانوية) .

ويصبح تعين المسامية صعباً عندما لا يعرف التركيب الليثولوجي للطبقة أو تكون من فلزين أو أكثر غير معروفة الخصائص والنسب ، وكذلك مع اختلاف نوعية السائل عن الماء ، أي وجود الغاز والميدرو-كربونات الخفيفة ، التي تؤثر على استجابة قياسات المسامية الثلاثة . كذلك فإن طبيعة أو الشكل الهندسي ومقاييس المسامات تؤثر على استجابة الأجهزة المستخدمة ، فقياسات النهروترونية والكتافة تجيب على المسامية الكلية ، بينما القياس الصوتي يجيب على المسامية الأولية .

ولتعيين المسامية عندما توجد أي من هذه المؤشرات المذكورة ، يتطلب معطيات أكثر من قياس واحد للمسامية . ولحسن الحظ ، فإن قياسات المسامية الثلاثة تجيب بشكل مختلف على فلزات المادة الصخرية ووجود الغاز أو النفط الخفيف وعلى هندسة التركيب المسامي .

وعندما يتم الدمج بين هذه القياسات بعلاقة تابعة بين قياسين ، أو عندما يتم

الدمج بين قيم دليل المقطع العرضي الفوتو كهربائي ، P_e ، وقيم الكثافة الكلية أو قيم طيف إشعاع غاما الطبيعي (NGS) ، يمكن أن تستخدم لتعيين نوعية المادة الصخرية المكونة للصخر أو نوعية السوائل ، وكذلك الحصول على قيم المسامية بدقة أكبر .

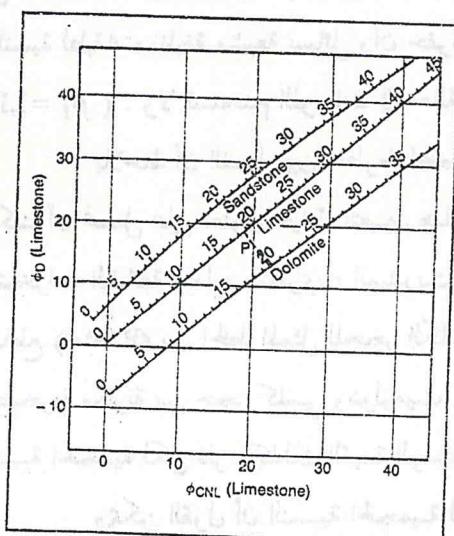
وعندما يكون التركيب الليثولوجي أكثر تعقيداً ، مثلاً يتكون من الكوارتز ، الكلس ، الدولوميت والأنييدريت ، فإن تعيين المسامية يمكن أن يتم بدقة نسبية ، بينما تعيين النسب الفلزية لمكونات الصخر لا يمكن تعينها بدقة .

وتغير المخططات التقاطعية Gross Plots طريقة ملائمة لبيان كيف أن الدمج المتتنوع للقياسات تتيح إمكانية تعيين التركيب الليثولوجي وقيم المسامية للصخور المسبررة . وتزودنا أيضاً برواية واضحة حول نوع التركيب الفلزى الذي يكون معه الدمج ذا فائدة في الحال .

يوجد العديد من المخططات التقاطعية المستخدمة في التطبيقات العملية لتعيين التركيب الليثولوجي وقيم المسامية .

تختلف هذه المخططات عن بعضها حسب قيم القياسات التي يتم إدخالها في هذه المخططات . يوضح الشكل (١-٥) مثل عن المخططات التي تستخدم فيها قياسين للمسامية البيوترونية والكتافة من أجل تعيين المسامية والتركيب الليثولوجي .

وتمثل النقاط التي تقع على استقامة واحدة أو تأخذ شكلاً مقوساً ، تركيب ليثولوجي نقى مشبع بالماء (حجر رملي ، كلس ، دولوميت ...) . تدرج هذه الخطوط بواحدات المسامية ، وفي الحالة الخاصة يمكن أن يكون التمثل نقطة وليس خطأً مثل نقطة الملح . يمثل



شكل ١-٥ : تعيين المسامية والتركيب الليثولوجي بالاستاد إلى قياس المسامية البيوترونية والكتافة في الآبار المليئة بالماء .

خط الحجر الكلسي قيم مسامية متساوية تقرأ من القياسين النيوتروني والكثافة ، وذلك في حالة كون الصخر مكون من حجر كلسي نقى وملئ بالمياه العذبة .
وبناءً للفياسات المتوفرة ، يمكن أن يكون لدينا مجموعة من اللوحات التي تمثل الأنواع التالية من العلاقات :

$$\rho_b = f(P_e) , (\phi_D)\rho_b = f(\phi_N) , \Delta t(t) = f(\phi_N) , \rho_b = f(\Delta t) , P_e = f(NGS)$$

١-٤-٥ المخططات التقطيعية لتعيين المسامية :

١-٤-١-١ المخطط التقطعي للقياسين النيوتروني - كثافة : Neutron - Density Cross Plots

تستخدم معطيات القياس النيوتروني الذي يمكن أن يكون CNL أو SNP بالعلاقة مع معطيات قياس الكثافة الذي يمكن أن يكون FDC أو LDL . وقد تم إنشاء هذه اللوحات بالنسبة لطبقات نظيفة مشبعة بسائل وأن حفرة البتر مليئة بمياه عذبة ($\rho_f = 1$) أو بمياه مالحة ($\rho_f = 1.1$) . ولا تستخدم اللوحات في حالة الآبار المليئة بالمواد أو بالغاز .
يلاحظ أن الفصل بين خطوط الحجر الرملي (الكورانز) ، الكلس والدولوميت ، يمكننا أن نحصل على حلول جيدة لتعيين هذه التراكيب الليثولوجية . وكذلك فإن أغلب المتغيرات الشائعة (ملح صخري ، انهيدрит) يمكن أن تميز بسهولة . وفي حالة وقوع نقطة تقاطع (مثلاً P) بين الخط الممثل للحجر الكلسي ومنحنى الدولوميت ، فيمكن اعتبار أن المادة الصخرية مكونة من حجر كلسي ودولوميت ، وبتقسيم المسافة بين الخطين ، يمكن تعين النسبة الحجمية لكل فلز وكذلك القيمة الوسطية للمسامية .

ويمكن القول أن النسبة الحجمية للفلزات المركبة للصخر والمعينة من مخططات التقاطع نيوترون - كثافة ، يمكن أن تكون خاطئة نوعاً ما ، ولكن قيم المسامية تكون صحيحة وفقط إذا كان التركيب الليثولوجي مكون من فلز وحيد (حجر رملي ، حجر كلسي أو دولوميت) . وكذلك فإن خاصية الدمج بين القياس النيوتروني وقياس الكثافة ذات أهمية خاصة كدليل لتعيين الغاز في الطبقات ، مما يجعل هذا النوع من المخططات التقاطعية شائعة جداً .

٢-١-٤-٥ المخطط التقاطعي للقياسين الصوتي - الكثافة

: Sonic - Density Cross Plots

يتميز هذا المخطط التقاطعي بين $t(\Delta t)$ زمن عبور الأمواج الصوتية مقابل الكثافة

ρ_D باستجابة ضعيفة من أجل

تعيين المسامية والتركيب الليثولوجي في حالة صخر مكون من فلزين ، ولكنه مفيدة تماماً لتعيين الفلورات التبعيرية .

يشمل الشكل (٢-٥)

المخطط التقاطعي المذكور . نلاحظ أن أي خطأ في اختيار الزوج الليثولوجي ، يمكن أن يؤدي إلى خطأ معتبر في المسامية . كذلك فإن خطأ قليل في أحد القياسين يمكن أن يؤدي إلى خطأ معتبر في المسامية والتركيب الليثولوجي .

ونجد في مخططات التطبيق العملي أن هذا النموذج من اللوحات يتضمن أيضاً منحنيات الفصل

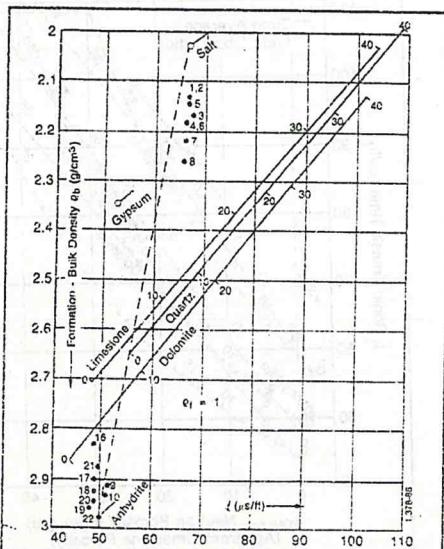
شكل ٢-٥ : تعيين المسامية والتركيب الليثولوجي من قياسات الكثافة الصوتية .

الليثولوجي والمسامية المعينة وفق المعطيات الحقلية والتي تفيد كثيراً في تعيين قيم المسامية والتركيب الليثولوجي بدقة أكبر من الناحية العملية .

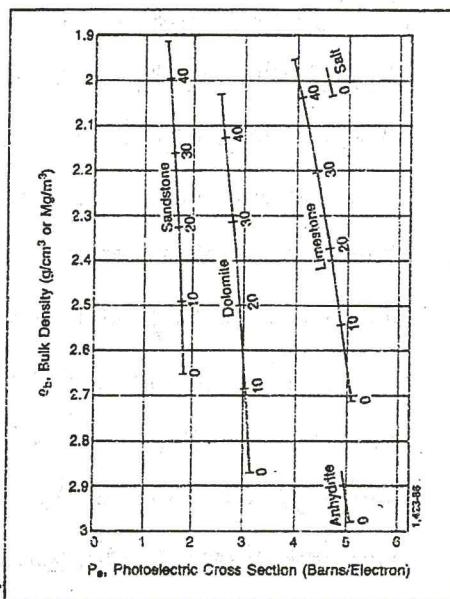
٢-١-٤-٦ المخطط التقاطعي للقياسين الصوتي - نيوتروني

: Sonic - Neutron Cross Plots

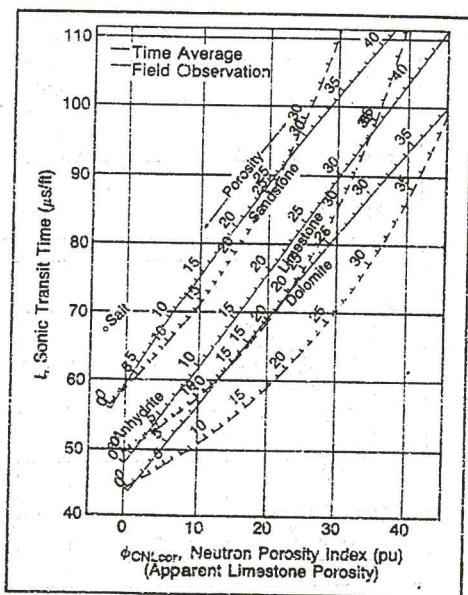
يوضح الشكل (٣-٥) نموذج هذا النوع من المخططات التي تتبع أيضاً باختلاف معطيات القياس النيوتروني المأخوذة حسب الجهاز المستخدم (CNL - SNP) . تتصف هذه اللوحات باستجابة جيدة لتعيين التركيب الليثولوجي الذي يكون له تأثير صغير على قيم المسامية . ومع ذلك فإن وجود المتبخرات في تركيب الصخر يمكن أن يؤدي إلى أحاطاء في



تعين التركيب الليثولوجي المزدوج . تتضمن المخططات أيضاً منحنيات الفصل الليثولوجي وفق الملاحظات الحقلية . (مثل المنحنيات بمخطوطة متقطعة) .



شكل ٤-٤ : تعين المسامية والتركيب الليثولوجي من قياس ليثوكثافة ($\rho_f = 10$) .



شكل ٣-٥ : تعين المسامية والتركيب الليثولوجي من القياس الصوتي والنيوتروني (CNL) ($t_s = 189 \mu\text{s} / \text{ft}$) .

٤-١-٤-٤ المخطط التقاطعي للقياسين الكثافة - المقطع العرضي الكهربائي : Density - Photoelectric Cross Section Cross Plots

يعتبر منحني دليل المقطع العرضي الكهربائي (P_e) نفسه دليل جيد لمعرفة المادة الصخرية ، وهو أقل تأثيراً بمسامية الطبقة . ومع ذلك ، فإن هذا التأثير ليس كاف لاغفال تمييز المادة الصخرية الصحيحة في حالة تركيب فلزي وحيد ، وأيضاً فإن قياس P_e (قياس ليثوكثافة Litho-Density) قليل التأثير بالسائل المرجود بالمسامات .

يمكن استخدام هذا النوع من المخططات التقاطعية ، لتعيين المسامية وتمييز الفلز أو

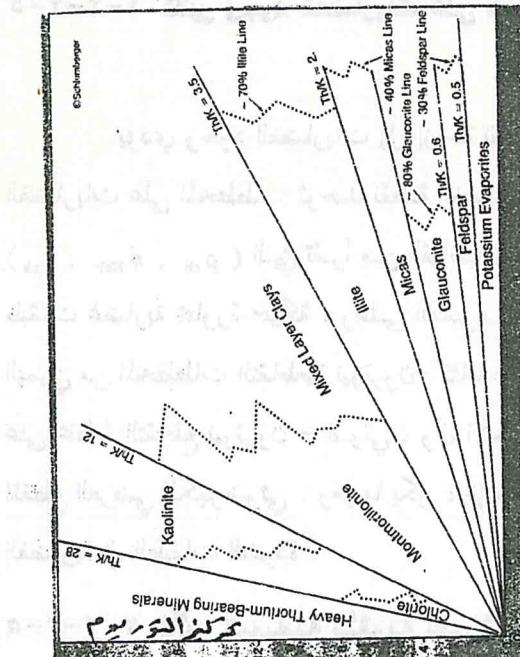
نسبة الفلز في حالة مادة صخرية مكونة من فلزين شريطة أن تكون الفلزات معروفة شكل (٥-٤) . إذا كانت قيم المسامية المعينة وفق هذا النوع من اللوحات متساوية لثلاث المعينة من اللوحة ($\phi_N - \rho_b$) فإن اختيار الفلزات يكون صحيحاً وأن المسامية تكون مليئة بالسائل . أما إذا كانت القيمتان مختلفتان فإن اختيار زوج آخر من الفلزات ربما يصح الفرق .

إذا عرف أي زوج من الفلزات موجود في المادة الصخرية وكانت المسامية المعينة من اللوحة ($\phi_N - \rho_b$) أقل من المسامية ($P_e - \rho_b$) ، فيمكن أن نشك بوجود الغاز . أما إذا كانت ρ_{mas} (كثافة المادة الصخرية الظاهرية) المعينة وفق اللوحة ($\phi_N - \rho_b$) أقل من ρ_{mas} المعينة وفق اللوحة ($P_e - \rho_b$) فإن وجود الغاز مؤكد .

٥-١-٤-٥ المخطط التقاطعي لطيف لشيء خالماً طبيعياً

: NGS (Natural Gamma Ray Spectrometer) Cross Plots

يمكنون بعض الفلزات السيليكاتية تراكيز مختلفة من اليورانيوم ، التوريوم ،



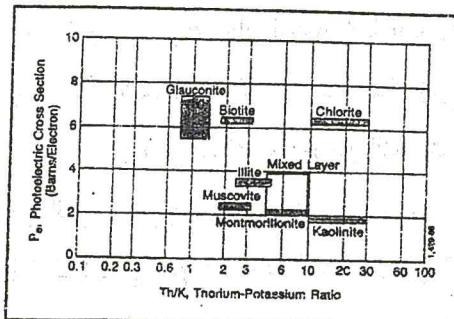
شكل ٥-٥ : تحديد التركيب الفلزي من قياس

البوتاسيوم ، ولهذا فإن قياس NGS يمكن أن يستخدم لتمييز هذه الأنواع . يوضح الشكل (٥-٥) المخطط التقاطعي لنسبة تركيز البوتاسيوم مع تركيز التوريوم بالنسبة لعدة فلزات والتي تحصل عليها من قياس NGS . ويمكن بشكل خاص استخدام قيم دليل المقطع العرضي الكهرضوري (P_e) مع نسبة تركيز البوتاسيوم أو النسبة بين تراكيز العائلات

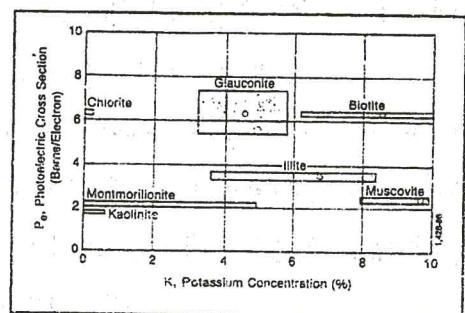
المشارة في المقدمة .

NGS . Th/U , U/K , Th/K

توضيح الأشكال (٧-٥، ٦-٥) المخططات التقاطعية مثل هذه العلاقات .



شكل ٧-٥ : التمييز الفلزى للتقاطع بين قيمة (P_e) وقيمة النسبة . $.Th/K$



شكل ٦-٥: التمييز الفلزى للتقاطع بين قيمة (P_e) وقيمة تركيز البوتاسيوم .

٢-٢-٥ دراسة تأثيرات : الغضار ، المسامية والهيدروكربيونات على المخططات التقاطعية .
١-٤-٣-٥ تأثير وجود الغضاريات على المخططات التقاطعية

: Effect of Shaliness On Cross Plots

يؤدي وجود الغضاريات إلى إزاحة نقطة التقاطع المرسومة في اتجاه ما ، يدعى ب نقطة الغضاريات على المخطط . توجد نقطة الغضاريات على المخططات التقاطعية مثلة لقيم (t_{sh} ، N_{sh} ، ρ_{sh}) التي تقرأ من القياسات (الكتافية ، النيوترونية ، الصوتية) مقابل طبقات غضاروية مجاورة سميكة . وعلى العموم تكون نقاط الغضار واقعة في الربع السفلي اليميني من المخططات التقاطعية نيترون-كتافة ، صوت-كتافة ، وفي الربع العلوي اليميني على مخطط التقاطع نيترون - صوت ، وفي الأسفل من مركز المخطط التقاطعي كثافة - القطع العرضي الكهرضوئي . ومهما يكن ، فإن قيم الغضاريات ، يمكن أن تعين وجود المادة الغضارية في الطبقات النفوذة .

٢-٢-٤ تأثير المسامية الثانوية على المخططات التقاطعية : Effect of Secondary Porosity On Cross Plots

يمكِن القماس الصوتِي بشكل مختلف على وجود المسامية الثانوية في الصخور بالعلاقة مع القياسات النيوترونية والكتافة . يتجاهل القياس الصوتِي المسامية الفجوية

(فيجوات) والشقوق ، ويجب فقط على المسامية بين الحبيبية ، أما سوابر الكثافة والنيوترون فتجيب على المسامية الكلية .

وهكذا على لوحات التقاطع المتضمنة القياس الصوتي ، فإن المسامية الثانوية تزيل النقاط عن الخط (المنحنى) الليشولوجي الصحيح ، وتشير نوعاً ما إلى مسامية أقل من الكلية . أما المخططات التقاطعية الكثافة - نيوترون فتردون فتردون بالمسامية الكلية .

٣-٢-٤-٥ قياس دليل للمسامية الثانوية

: The Secondary Porosity Index Log (SPI)

يمكن حساب دليل المسامية الثانوية (I_{ϕ_2}) في الطبقات الكربوناتية المليئة بالسوائل والنفيف والمعرفة معاييرها الصخرية ، كفرق بين المسامية الكلية (المعندة من ϕ_N أو ϕ_B) والمسامية من القياس الصوتي ، أي :

$$I_{\phi_2} = \phi_1 - \phi_N \quad ١-٥$$

ودليل المسامية الثانوية النسبي يحسب في بعض الأحيان كنسبة بين قيمة دليل المسامية الثانوية (المحدد أعلاه) إلى المسامية الكلية :

$$RSPI = I_{\phi_2} / \phi_1$$

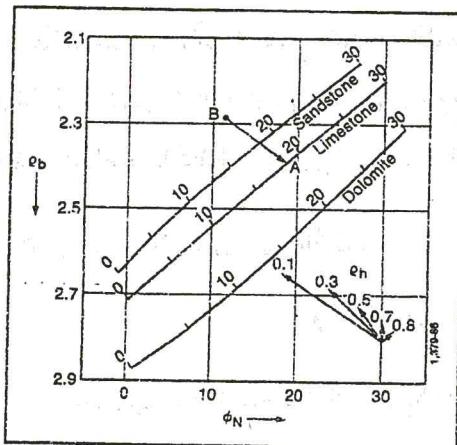
٣-٢-٤-٦ تأثير الهيدروكربونات على المخططات التقاطعية

: Effect of Hydrocarbons On Cross Plots

يعود وجود الغاز أو الهيدروكربونات الخفيفة في الطبقات المسامية إلى قياس مسامية ظاهرية بالاستناد لقياس الكثافة أو الصوتي أكبر من المسامية الحقيقية وأصغر في حالة القياس النيوتوري . وعليه فإن النقاط الممثلة للطبقات الغازية أو النفط الخفيف تتعرض على مخططات التقاطع نيوترون - كثافة نحو الأعلى وإلى اليسار ، وعلى الأغلب تكون موازية إلى خطوط تساري المسامية . وإذا لم يتم عمل التصحيحات بالنسبة لوجود الغاز ، فإن المسامية تقرأ مباشرة من مخطط التقاطع ، ويمكن أن تكون صغيرة جداً نوعاً ما . ومهما يكن فإن التعين الليشولوجي من اللوحة يمكن أن يكون خاطئاً تماماً .

يوضح السهم على الشكل (٨-٥) تصحيح تأثير الهيدروكربونات . تمثل النقطة B

حجر كلسي نظيف يحوي غاز $p_b = 0,1$ سوف يزيل النقاط على خطوط التناطع صوتي - نيوتروني كثيفة لنقصان ϕ_N . وبصورة مشابهة ، فإن الغاز سوف يزيل النقاط على الخطوط التناطع الصوتي - كافية كثيفة لازدياد ϕ_D بسبب وجود الغاز . وفي الطبقات غير المتراسة ، فإن قراءة الصوتي يمكن أن تزداد أيضاً بتأثير الغاز . أما في حالة الطبقات الحاملة للنفط فإن الإزاحات تكون مهمة . وبالنسبة لطبقات نطفة (عالية من الغبار) فيتم قراءة المسامية مباشرة وفق تدريج المسامية في الخطوط .



شكل ٨-٥ : تأثير الهيدروكربونات الخففة . تمثل الأسماء في الزاوية اليمينية الإزاحات بالنسبة لقيمة p_b مختلفة .

(٢) في حالة الطبقات الحاملة للنفط فإن الإزاحات تكون مهمة .

فيمكن قراءة المسامية مباشرة وفق تدريج المسامية في الخطوط .

٣-٤-٥ خطوط تعريف التركيب الفلزى :

١-٣-٤-٥ M-N Plot / M-N

يمكن في حالة وجود صخر متعدد الفلات استخدام طريقة خطوط M-N من أجل التفسير الليثولوجي . تتضمن هذه الخطوط معلمات قياسات المسامية الثلاث لتزودنا بالتركيب الليثولوجي عن طريق الحصول على قيم الرموز M و N . تمثل الرموز M و N ببساطة ميل خطوط التركيب الليثولوجي المنفردة الموجودة على خطوط التناطع صوتي - كافية (M) وكافية نيوتروني (N) على التوالي . وهكذا نجد أن قيمة M و N مستقلة تماماً عن المسامية وتزودنا بالتركيب الليثولوجي .

تحدد النقاط M و N على النحو التالي :

$$M = \frac{t_f - t}{\rho_b - \rho_f} \times 0,01$$

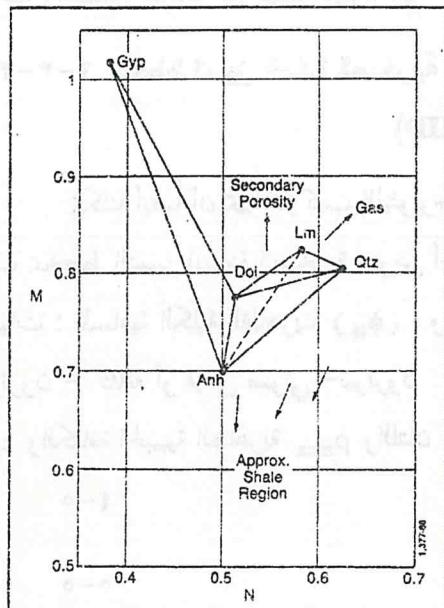
٢-٥

$$N = \frac{\phi_{Nf} - \phi_N}{\rho_b - \rho_f}$$

٣-٦

وبالنسبة لسوائل الحفر العذبة تكون: $\phi_{Nf} = 1$ ، $\rho_f = 1 \text{ g/cc}$ ، $t_f = 189 \mu\text{s/ft}$

وتقدير المسامية النبويترונית بواحدات مسامية الحجر الكلسي ، والمصاعف (0,01)



شكل ٩-٥ : توقع النقاط M-N بالنسبة لعدة فلزات (N) مأخوذة من قياس SNP .

يستخدم جعل قيم m محسوبة

بالنسبة لمقياس سهل الاستخدام .

إذا تم استخدام قيم

معايير الماء الصخري

(ϕ_{Nma} ، ρ_{ma} ، t_{ma}) بالنسبة

لفلز ما ، في حساب القيم M و N

فإن موقع الفلز يعن على المخطط .

يوضح الشكل (٩-٥) مخطط توقع

قيم M-N المحسوبة بالنسبة لعدة

فلزات ندية وخسي على سوائل

عذبة (مالحة) تم اعتمادها من

جدار ثوابت المعاير الأولية للمادة

الصخرية ولسوائل بالنسبة لعدة

فلزات .

تأخذ النقاط الممثلة لصخر متعدد الفلزات مواقعها بين النقاط المعينة للفلزات الندية .

وعليه فإن التركيب الليثولوجي يمكن تحديده بتوقع عدة قيم خاصة ببطاق صخري مدرروس ،

وملاحظة كيف أن هذه النقاط (M-N) تجتمع على المخطط بالنسبة للنقاط الممثلة ل التركيب

الفلزي الصخري .

ويعمل وجود المسامية الثانوية والغضاريات وأيضاً الغاز على إزاحة موقع النقاط

المروقة بالمقارنة مع التركيب الليثولوجي الحقيقي ، حيث يمكن أن تقع هذه النقاط خارج

حدود المثلثات الممثلة للتكتورين الصخري الأولي . تشير الأسهم الموضحة على الشكل (٩-٥) إلى اتجاه نقاط الإزاحة التي يسببها تأثير أحد العوامل المذكورة سابقاً .

وباستخدام مخططات التقاطع المختلفة وكذلك قياسات مزدوجة أخرى للمسامية ، بالإضافة إلى قياسات أخرى حساسة للتراكيب الليثولوجى ، فإن مخطط قيم $M-N$ يساعد في اختيار الليثولوجيا المحتملة . وتحتاج إلى هذا التعيين الدقيق من أجل إيجاد الحل النهائي لقيم المسامية والنسبة الحجمية للتراكيب الليثولوجى .

٢-٣-٢-٥ مخطط تمييز المادة الصخرية

: The Matrix Identification Plot (MID)

يمكننا أيضاً أن نميز التراكيب الليثولوجى ، الغاز ، والمسامية الثانوية باستخدام طريقة تعرف بمخطط التمييز للمادة الصخرية . ومن أجمل استخدام طريقة MID ، تحتاج إلى ثلاثة معطيات : المسامية الكلية الظاهرية (Φ_{obs}) ؛ وتعيين باستخدام المخطط التقاطعي بين قياس النيوترون - كثافة أو قياس صوتي - نيوترون . ثالثاً : زمن عبور المادة الصخرية الظاهري t_{mas} والكثافة الحبيبية الظاهرية p_{mas} واللتان تحسبيان وفق ما يلى :

$$p_{\text{mas}} = \frac{\rho_b - \phi_{\text{ta}} \rho_f}{1 - \phi_{\text{ta}}} \quad ٤-٥$$

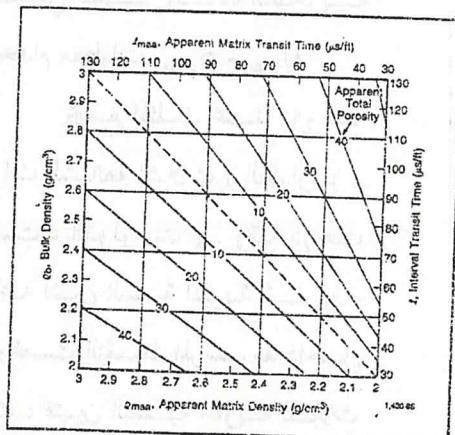
$$t_{\text{mas}} = \frac{t - \phi_{\text{ta}} t_f}{1 - \phi_{\text{ta}}} \quad ٥-٥$$

$$t_{\text{mas}} = t - \frac{\phi_{\text{ta}} \cdot t}{c} \quad ٦-٥$$

والعلاقة (٦-٥) هي علاقة حقلية حيث c - ثابت (٤٠:٦٨) وجميع الرموز معروفة سابقاً . تقدم اللوحة الموضحة بالشكل (١٠-٥) حلآً بسيطاً لتعيين p_{mas} و t_{mas} . ويتبع مخطط تقاطع قيم (t_{mas}) وقيمة (p_{mas}) تمييز الفلز الصخري شكل (١١-٥) حيث تقع النقاط الموقعة عند مواقع فلزات المادة الصخرية (كوراتز ، كالسيت ، دولوميت ...) في حالة تركيب صخري نقى .

أما في حالة صخر مركب أكثر من فلز ، فستقع النقاط بين مواقع الفلزات النقية الممثلة . ويظهر التركيب الليثولوجي لمقطع أو مجال مدرس من خلال تجمع نقاط الملاحظة المدرستة بالعلاقة مع نقاط مواقع الفلزات النقية .

ويؤدي وجود الغاز في الطبقات إلى إزاحة النقاط نحو الجهة العلوية الممينة من



شكل ١٠-٥ : تعيين مقاييس المادة الصخرية الظاهرية بالاستناد لقياس الكثافة الكلية وزمن العبور للأمواج والمسامية الكلية الظاهرية .

المخطط . أما المسامية الثانوية فترى في النقاط في اتجاه تناقص t_{maa} (نحو اليسار مثلاً) . أما تأثير الفضاريات فتجنح النقاط باتجاه موقع فلز الأنيهدريت .

ويتبين من مقارنة مخطط MID مع مخطط M-N أن استخدام قيم ρ_{maa} و t_{maa} يتيح إمكانية الحصول على نتائج أكثر دقة بشرط تصحيح القراءات الأولية للمقياسات من تأثير الأوساط المجاورة (حفرة البئر ...) .

٣-٤-٤-٥ مخطط تمييز المادة الصخرية باستخدام قيم ρ_{maa} مقابل U_{maa} :

توجد تقنية أخرى للمخطط التقاطعي لتمييز التركيب الليثولوجي وهي استخدام قيم U_{maa} المأخوذة من قياس ليثر - كثافة وقياس الكثافة (ρ_{maa}) .

يتم الحصول على كثافة المادة الصخرية الظاهرية كما وصف سابقاً عند مناقشة رسم MID . أما المقطع العرضي الحجمي للمادة الصخرية (U_{maa}) فيحسب من دليل القطع العرضي الكهربائي ، وقياس الكثافة الكلية حسب العلاقة التالية :

$$U_{maa} = \frac{P_e \rho_e - \phi_{ta} U_f}{1 - \phi_{ta}}$$

٧-٥

حيث إن : P_e - دليل المقطع العرضي الامتصادي الكهربائي .

$$(\rho_e = \frac{\rho_b + 0,188}{1 - 0,704})$$

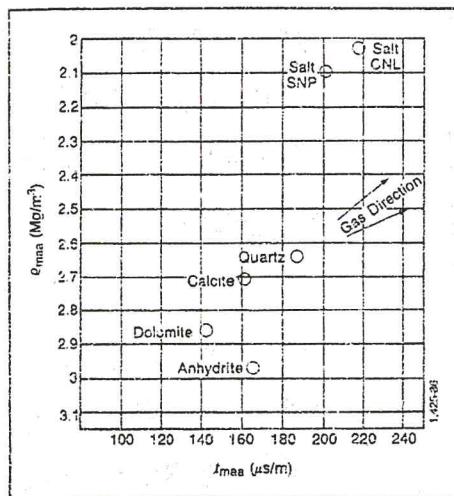
ρ_e - الكثافة الإلكترونية

ϕ_{ta} - المسامية الكلية الظاهرية ($\phi_N - \phi_D$) .

يوضح الشكل (١٢-٥) حلأً بيانياً لتعيين U_{mea} ، بينما الشكل (١٣-٥) يوضح المخطط التقاطعي لمميز المادة الصخرية

باستخدام معطيات $U_{\text{mea}} - \rho_{\text{mea}}$

يجمع المثلث عند رؤوسه الفلزات الشائعة الثلاث (الكوراتر ، كالسيت ، الدولوميت) . وقد درجت أضلاعه لتبيّن النسبة المئوية لفلزرين ، وإذا وقعت النقاط المُرسومة داخل المثلث ، فتبين النسبة المئوية لثلاث فلزات .

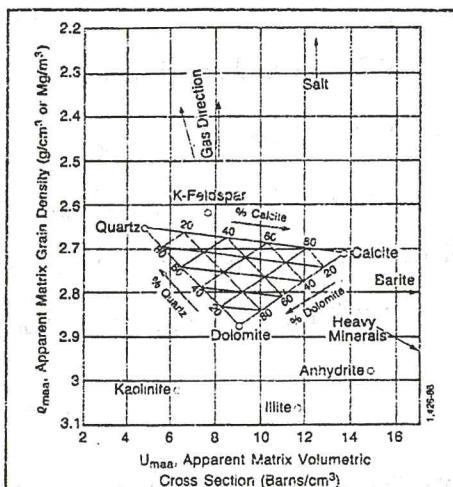


شكل ١١-٥: مخطط تمييز المادة الصخرية (MID) بالاستناد إلى تناظر $\rho_{\text{mea}} - U_{\text{mea}}$

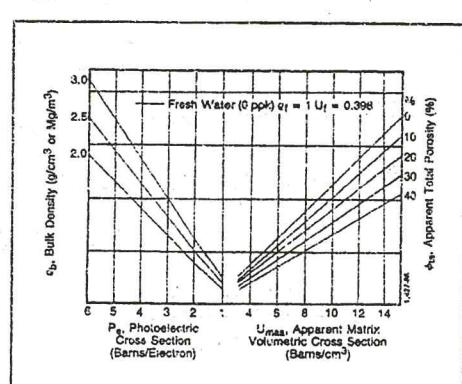
$$\rho_{\text{mea}} = \rho_{\text{mea}}$$

في هذا المخطط ، نجد أن تأثير الغاز يرفع النقاط باتجاه الأعلى وأن الفلزات ذات الوزن النوعي الكبير (الباريت) تزيح النقاط نحو الأسفل .

وعند وجود الغضاريات فإن النقاط تقع أسفل نقطة الدولوميت .



شكل ١٣-٥: تمييز التركيب الليثولوجي بتقطيع قيم U_{mea} مع قيم ρ_{mea}



شكل ١٢-٥: تعيين U_{mea} وفق معطيات قياس ليثو-كتافة .

٤-٣-٤-٥ الصخور ذات التركيب الليثولوجي متعدد الفلزات

: Complex Litholog Mixtures

إن كتابة معادلة رياضية لاستجابة قياس للمسامية أو للتركيب الليثولوجي أو تمييز السائل الموجود في المسامات الصخرية ، يمكن أن يتم ببساطة في حالة صخر مكون من فلز وحيد معروف وأيضاً يفترض أن السائل معروف أيضاً . ومع وجود فلز آخر تحتاج إلى معادلات إضافية ، ففي حالة صخر مكون من الدولوميت والكلس فإن المعادلات المقترنة عندما يتم استخدام قياسين النيوتروني والكثافة تكون:

$$\rho_b = \phi \rho_f + (1-\phi)(L \rho_{mae} + D \rho_{med}) \quad ٤-٤-٥$$

$$\phi_N = \phi \phi_{nf} + (1-\phi)(L \phi_{mae} + D \phi_{med}) \quad ٤-٤-٦$$

وتدل الرمز L و D على نسب الكلس والدولوميت في المادة الصخرية وبقية الرموز معروفة . يوجد ثلاث مجاهيل في المعادلين (٤-٥) وهم ϕ ، L ، D . ويمكن إنقاص المجاهيل إلىتين باستخدام العلاقة $D+L=1$ وبذلك يصبح الحل ممكناً لأن عدد المعادلات يساوي عدد المجاهيل . وتتمثل خلطات التقاطع باستخدام قياسين للمسامية حلاً للمعادلين (٤-٤-٦) . وعندما يوجد مجاهيل كثيرة ، كما في حالة المادة الصخرية المكونة من ثلاث فلزات، فإن معادلة أخرى (أو قياس آخر) يتطلب وجودها . وفي هذه الحالة يمكن أن يضاف القياس الصوري ويصبح عدد المعادلات أربعة بالنسبة لمجاهيل أربعة (ϕ ، L ، D ، S) . وتعتبر خلطات التقاطع لقيمة $(M-N)$ وقيمة $(\rho_{mae} - \rho_{mea})$ وقيمة $(U_{mae} - U_{mea})$ هي حلول بيانية للمجاهيل الأربع .

وليس من السهل تطوير تقنية بيانية يمكنها حل مجموعة خمس أو ست أو أكثر من المعادلات التشابهة بالنسبة لعدد كبير من معايير المجاهيل البوتوفيرائية . ولهذا من الأفضل معالجة هذه المشاكل بوساطة برامج الحاسوب . وكمثال على ذلك ، برنامج التحليل الليثولوجي الموضع من قبل شركة شلمبرجير Litho-Analysis Program .

٤-٢-٥ برنامج التحليل أو للدراسة الليثولوجية :

يستخدم هذا البرنامج قياسات تراكيز البوتاسيوم ، الشوريوم ، اليورانيوم الحصول عليها من قياس طيف إشعاع غاما الطبيعي (NGS) ، وقياس دليل المقطع العرضي

الكهربائي ، والكتافة الكلية من تسجيل ليثر-كتافة ، وقياس المسامية الظاهرية من تسجيل (CNL) . وباستخدام هذه القياسات يمكن معرفة النسب الحجمية من كل فلور موجود في الصخر متعدد الفلزات والحاوي مثلاً على كوارتز ، كالسيت ، دولوميت ، غضاريات ، أنهيدريت

تستخدم معادلات استجابة الشوريوم والبوراتسیوم لتقدير حجوم الغضاريات ، الميكا ، الفلسبار ، وتستخدم كتافة المادة الصخرية الظاهرية مع معطيات المقطع العرضي الحجمي من أجل تصحيح الغضاريات ، الميكا ، الفلسبار ، وبعدها تستخدم دراسة ثلاث فازات لتصحيح معطيات U_{maa} و P_{maa} .

يقبل نموذج برنامج التحليل البيئولوجي ، وجود حالتين أو ثوذاحين : نموذج (كالسيت ، كوارتز ، دولوميت ، بالإضافة لتصحيح الغضار / فلسبار) . والنموذج الآخر (دولوميت ، ملح ، أنهيدريت) . والحسابات التي تتم بالنسبة لكل نموذج معقدة على الأغلب . ونكتفي بالقول بأن احتمالية وجود الأنهيدريت أو الملح ، تزداد عندما تتحرك النقطة ($U_{maa} - P_{maa}$) بعيداً عن مثلث الكالسيت - الكوارتز - الدولوميت - باتجاه الأنهيدريت أو نقطة الملح ، وأن المسامية النيوتونية سوف تتناقص . مع ذلك فإن احتمالية الأنهيدريت أو الملح تتناقص مع ازدياد نسبة الغضار .
