الفصل الثالث

٣-٣ التقنيات الحديثة المستخدمة في القياسات النيترونية وتطبيقاتها :

تتضمن تجهيزات القياسات النيترونية سلسلة من السوابر القياسية ندرجها فيما يلي :

١-سلسلة سوابر GNT (لم تستخدم طويلاً) .

٢-أجهزة قياس المسامية النيترونية SNP Sidewall Neutron Porosity Tool والتي تستخدم بشكل محدود .

٣-سلسلة سوابر CNL والتي تتضمن :

- سابرة قياس CNL (Compensated Neutron Log) .
- سابرة قياس طاقة النيترونات الثنائي (Dual Energy Neutron Log DNL)

ترد النيترونات التي تقذف بها التشكيلة الصخرية عن منبع مؤلف من عنصرين إشعاعيين هما البيريليوم Be والأمريكيوم Am (منابع النيترونات) . هذه النيترونات ذات طاقة أساسية تبلغ بضعة ملايين ألكترون فولط .

أ-سلسلة سوابر القياس GNT :

تُعتبر أجهزة GNT وسيلة غير مباشرة لعملية السبر، بسبب استخدامها للاقط إشعاعي وحيد يتحسس لكلٍ من أشعة غاما ذات الطاقة العالية والتي يمكن أن ترد إلى اللاقط من مصدر ما ، وأيضاً للنيترونات الحرارية . ومن خصائص هذه السلسلة أنها قابلة للإستخدام في الآبار المغلفة وغير المغلفة .

نظراً لكون أجهزة GNT تستجيب في الدرجة الأولى للمسامية ، فإن تسجيلاتها تتأثر بشكل كبير بكل من :

أ- ملوحة السوائل .
ب- درجة الحرارة .
ج- الضغط .
د- حجم حفرة البئر .
هـ- التمركزية Standoff .
و- سماكة كعكة الحفر .
ز- وزن سائل الحفر .

وفي الآبار المغلفة يضاف إلى ذلك تأثير كلٍ من مواسير التغليف والاسمنت خلف المواسير .

ب- أجهزة قياس المسامية النيترونية SNP :

تتصف أجهزة SNP بأن المنبع النيتروني واللاقط مركبين على مزلاجة ، يتم ضغط هذه المزلاجة بشكل قوي على جدار البئر . أما اللاقط النيتروني فهو عبارة عن عداد تناسبي محاط بطبقة عازلة تسمح فقط بالتقاط النيترونات ذات الطاقة الأكبر من 0,4 إلكترون فولط (النيترونات الفوق حرارية Epithermal N) .

تتميز سابرة القياس SNP عن سلسلة سوابر GNT بالخصائص التالية :

أ- تحذف تأثيرات حفرة البئر بسبب توضعها الجانبي على جدار البئر .

ب- تحذف التأثيرات التشويشية التي تحدث بسبب امتصاص النيترونات الحرارية ضمن مياه التشكيلة وضمن الجزء الصلب منها وذلك بسبب تواجد الكلور والبورون ، حيث نحصل عن طريق هذه السابرة على تسجيل النيترونات الفوق حرارية .

ج- إن جميع التصحيحات الواجب إجراؤها على القيم المسجلة ، تتم بشكل أوتوماتيكي بواسطة التجهيزات السطحية .

د- تنفيذ قياسات أو سبور حيدة في الآبار الفارغة والغازية .

أخيراً لابد من الإشارة إلى أنه تم تصميم أجهزة SNP بحيث تعمل فقط في الآبار المفتوحة والتي تكون مملوءة بالسائل أو الغاز . وإن القطر الأصغري للبئر الذي يمكن إجراء السبر فيه بواسطة أجهزة SNP هو 5 بوصة . من الجدير ذكره أنه يتم تسجيل منحني قطر البئر Caliper بشكل متزامن مع قياس SNP .

جـ- سلسلة سوابر القياس CNL :

لقد صممت هذه السوابر بحيث يتم ربطها مع أي من السوابر الأخرى من أجل تحسين أداء قياس النيترون الآني. يطلق على هذه السوابر بالأجهزة الثنائية وذلك لاحتوائها على لاقطين للنيترونات الحرارية واللذين يتواجدان على مسافات مختلفة كما هو الحال في السوابر المعوضة. يتم الحصول على معامل المسامية النيترونية الخطي (Neutron Porosity Index) . بعد معرفة نسبة معدل النبضات لكلا اللاقطين من خلال معالجة القيم المسجلة بالأجهزة السطحية .

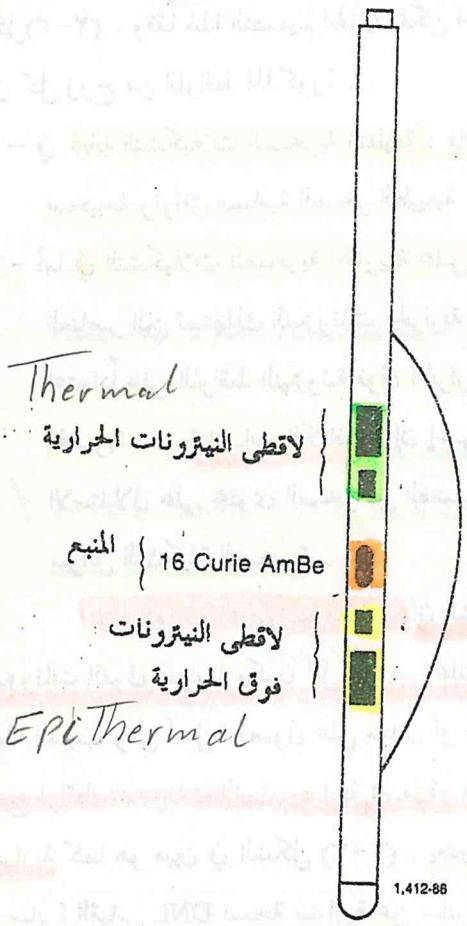
إن المسافة الكبيرة ما بين المنبع النيتروني (فعاليته 16 كوري) وبين اللاقط النيتروني

البعيد تفيد في إعطاء هذا الجهاز استجابة قطرية أكبر مما هي عليه في جهاز SNP يضاف إلى ذلك ان التأثيرات الناجمة عن مواصفات البئر سوف تقل إلى أكبر قدر ممكن وذلك بسبب الاعتماد على معدلات النبضات النسبية لكلا اللاقطين .

يتم تنفيذ السبر بهذه الأجهزة في الآبار المملوءة بالسائل ، سواء أكانت مغلفة أو غير مغلفة ، أما في الآبار الفارغة والغازية فلا يمكن إجراء السبر بواسطة هذه الأجهزة .

تستجيب سوابر القياس CNL بشكل كبير جداً للعناصر التي تمتلك مقطع احتواء كبير للنيترونات الحرارية ولهذا السبب فهي تعمل وبشكل جيد على تسجيل شدة هذه النيترونات .

وتفيد في الكشف وبشكل دقيق عن الفضاريات المتواجدة في التشكيلة الصخرية وذلك بسبب احتواء الفضار على كمية قليلة من البور وبعض العناصر الأرضية النادرة والتي لها مقطع احتواء للنيترونات الحرارية عالٍ جداً. وفي المقابل فإن إحدى سلبيات هذه الاستجابة الكبيرة للفضاريات (تواجد العناصر النادرة) يمكن أن يؤدي إلى حذف استجابة السابرة أو



شكل ٣-٢ : المخطط الهيكلي لسابرة القياس DNL والمعروفة بالاسم CNT-G .

الأجهزة للغاز الذي يمكن أن يتواجد في التشكيلات الغضارية .

من أجل تعزيز وتدعيم عملية التفسير في حال وجود عناصر شرهة للنيترونات الحرارية ، فقد تم تطوير جهاز جديد أطلق عليه DNL (Dual Neutron Log) والذي يتألف إضافة إلى زوج اللواقط النيترونية الحرارية ، من زوج آخر للواقط النيترونية الفوق حرارية شكل(٣-٢) . وفقاً لهذا التصميم الجديد يمكن الحصول على قياسين منفصلين للمسامية وذلك وفق كل زوج من اللواقط المذكورة .

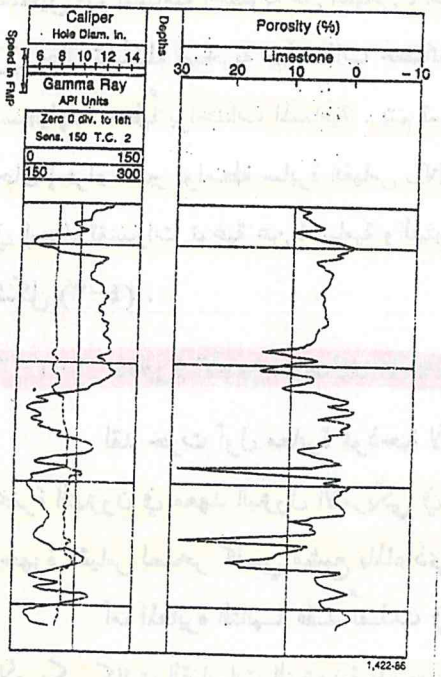
١- في حالة التشكيلات الصخرية النظيفة ، فإن المسامية المحسوبة وفق الجهاز السابق تكون صحيحة وتوافق مسامية الصخر الطبيعية .

٢- أما في التشكيلات الصخرية الحاوية على الغضار والذي يحوي على عدد كبير من العناصر التي تستهلك النيترونات الحرارية ، فإن المسامية المحسوبة بهذا الجهاز DNL - اعتماداً على اللواقط النيترونية فوق الحرارية - هي أقل وتتوافق بشكل كبير مع المسامية المحسوبة من قياسات الكثافة . إن إجراء مقارنة ما بين قياسين للمسامية يفيد في الاستدلال على محتوى الصخر من الغضار أو السجيل ويفيد أيضاً في تحديد ملوحة سوائل التشكيلة الصخرية .

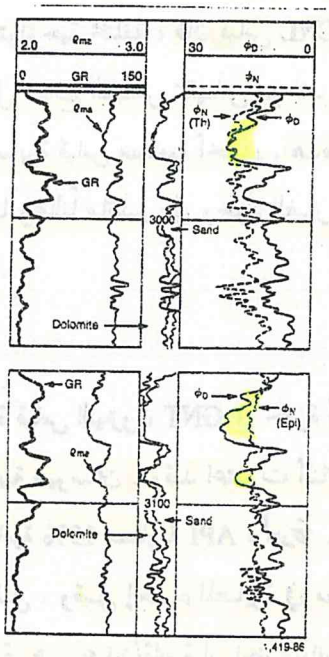
لقد أظهرت التجارب العملية أن الشدة النيترونية المسجلة من قبل زوج لواقط النيترونات الفوق حرارية يكون أقل مما هي عليه بالنسبة لزوج لواقط النيترونات الحرارية. ولهذا السبب ومن أجل الحصول على معدل أو شدة معقولة للنيترونات الفوق حرارية ، فقد تم وضع لواقط النيترونات الفوق حرارية في موقع قريب من المنبع وأقل بعداً من لواقط النيترونات الحرارية كما هو مبين في الشكل (٣-٢) . يعتبر زوج اللواقط للنيترونات الحرارية والمتواجد في سابرة القياس DNL نسخة مشابهة عن سابرة القياس النموذجية CNL . الجدير بالذكر أنه تم مؤخراً تطوير تقنية جديدة لمعالجة النيترونات الفوق حرارية ، وقد اعتمد في ذلك على الدراسة التفصيلية لإستجابة اللاقط النيتروني لمتغيرات عديدة للمنطقة المحيطة بالسابرة . هذه التقنية تعتمد على لاقط نيتروني وحيد .

يشكل اتحاد قياسي كلٍ من مسامية النيترونات فوق الحرارية وقياس المسامية الثنائي للنيترونات الحرارية طريقة مثلى لتحديد المسامية بشكل دقيق . حيث إن قياس النيترونات

الفوق حرارية هي نسبياً خالية من تأثير استهلاك النيترونات من قبل العناصر ذات المقطع الكبير للإحتواء وبالتالي فهي طريقة جيدة من أجل كشف الغاز في الصخور الخازنة الحاوية على الفضاريات شكل (٣-٣) . يضاف إلى ذلك أن عملية مقارنة الاستجابتين يمكن أن تعطي معلومات أفضل عن وجود بعض المواد والتي لها مقطع احتواء مميز للنيترونات الحرارية .



شكل ٣-٤ : مخطط قياس SNP (تمثيل القياس الناتج عن جهاز SNP) .



شكل ٣-٣ : مقارنة بين قياسات النيترونات الحرارية والفوق حرارية في منطقة تحوي على غاز.

٣-٣-١ تمثيل القياس Log Presentation :

إن قراءات المسامية وفق الجهاز SNP يتم معالجتها وتسجيلها بشكل مباشر وذلك وفقاً لما هو موضح في الشكل (٣-٤) . يستخدم من أجل ذلك برنامج حسابي يطلق عليه CSU والذي بواسطته يتم إجراء التصحيحات الضرورية للقيم المسجلة في الآبار المملوءة بسائل الحفر وبشكل أوتوماتيكي . أهم هذه التصحيحات : الوزن النوعي للطفلة ، الملوحة ،

درجة الحرارة ، حجم حفرة البئر . أما في الآبار المملوءة بالغاز فيلزم فقط إجراء تصحيحة تغير حجم حفرة البئر فقط .

ويتم ذلك يدوياً باستخدام لوحة المنحنيات الخاصة بذلك (Nomogram) . يتم تسجيل قيم المسامية المحسوبة من القياس ، بمقياس خطي ويخصص لها الحقلين الثاني والثالث . وفي حال تشكيلة صخرية صلبة ذات خصائص ليتولوجية مختلفة ، فإن قياس CNL , DNL يتم تسجيلهما خطياً بواحدات المسامية . يتم تسجيل نتائج القياس بمقياس موحد للمسامية في حال إجراء السبر بواسطة سابرة القياس CNL وسابرة قياس مسامية أخرى . هذه العملية تفيد في إجراء تفسيرات نوعية عن المسامية والليتولوجيا وغالباً ماتشير إلى وجود الغاز في التشكيلة شكل (٣-٤) .

٣-٣-٢ معايرة الأجهزة Calibration :

لقد جرت أول معايرة نموذجية لأجهزة قياس النيترون GNT في حفرة أطلق عليها بحفرة النيترون في معهد البترول الأمريكي في ولاية هيوستن . وقد اعتبرت أنها استجابة أجهزة القياس لصخر كلسي مشبع بالماء ذي مسامية 19% مساوية API وأعطيت .

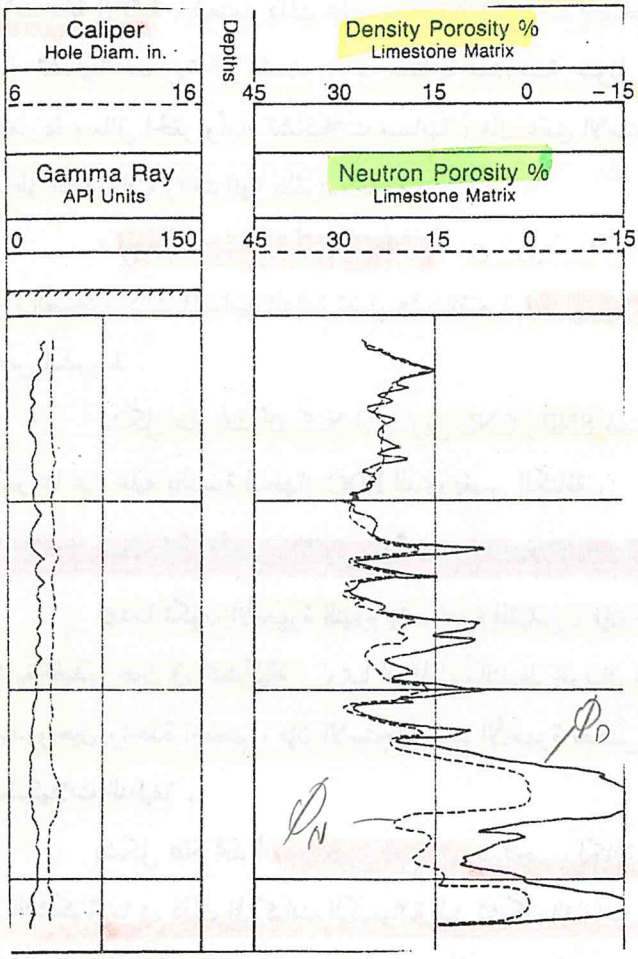
أما المعايرة الثانية فقد نفذت في الحقل . وقبل إجراء المعايرة في معهد البترول الأمريكي كانت القياسات النيترونية تدرج بواحدة هي عدد/ثانية أو نبضة/ثانية . الجدول (٣-٦) يعرض لنا معامل التحويل مابين القياسات القديمة (CPS) والقياسات الجديدة (API).

هذه العملية تخدم في إجراء المقارنة ما بين القياسات القديمة والقياسات الجديدة ، وبالتالي تخدم عملية التفسير .

جدول ٣-٦

نوع الجهاز المنبع : Am Be أو Pu Be	تباعد السابرة بالأنش	وحدة API لكل CPS
GNT-F,G,H	15,5	1,55
GNT-F,H	19,5	5,50
GNT-G	19,5	5,70
GNT-J,K	16	2,70

أما جهاز SNP فيعتمد في معايرته على قراءات عديدة ودقيقة لنتائج السبر في تشكيلة صخرية نظيفة جداً وذات مسامية معروفة بدقة . لأجل هذا الغرض يتم استخدام نموذج معاير آخر يوضع جانب البئر. إن الطريقة المذكورة تقدم نتائج موافقة لمسامية 11% و22% في الصخر الكلسي .



شكل ٣-٤ : مثال لقياس مشترك ما بين FDC,CNL .

أما جهاز CNL فقد جرت أول معايرة نموذجية له باستخدام سلسلة من التشكيلات المخبرية المشبعة بالماء ، مسامية هذه التشكيلات تتراوح ضمن المجال 45 وحدة مسامية . أما المعايرة الثانية (تجارياً) فقد نفذت في خزان مُلِئ بالماء . يتم ضبط المعايرة بعد كل عملية قياس باستخدام معدلة تقوم بإعادة المؤشر إلى معدل النبضات التي تم الحصول عليها في خزان المعايرة .

٣-٣-٣ عمق استجابة القياسات النيترونية

: Investigation Characteristics

يبلغ عمق الاستجابة العمودية النوعية لأجهزة SNP وCNL حوالي 2 قدم . وقد أصبح هذا المجال 1 قدم بعد أن تم تطوير طريقة جديدة لمعالجة نتائج القياس المسجلة بالجهاز

CNL وبشكل أدق الاعتماد على نتائج تسجيلات اللاقط القريب من المنبع . أما بالنسبة لعمق الاستجابة الأفقية ، فيعتمد ذلك على مسامية التشكيلات الصخرية . حيث يبلغ هذا العمق أمام تشكيلة صخرية غير ملساء وذات مسامية معدومة حوالي 1 قدم واحد . أما في الآبار المملوءة بسائل الحفر وأمام تشكيلات مسامية ، فإن عمق الاستجابة الأفقية يكون أقل بسبب تباطؤ النيترونات واحتوائها بالقرب من البئر.

يبلغ عمق استجابة أجهزة SNP ضمن شروط معتدلة لحفرة البئر حوالي 8 بوصة وفي الصخور ذات المسامية العالية تصل هذه القيمة حوالي 10 بوصة لأجهزة CNL وضمن نفس الشروط .

بشكل عام نجد أن كلا الجهازين CNL و SNP لهما استجابة شاقولية وعامودية أكبر مما هي عليه بالنسبة للجهاز FDC الذي يقيس الكثافة .

٣-٣-٤ استجابة الأجهزة النيترونية Tool Response :

عندما تكون الأجهزة النيترونية جاهزة للقياس ، فإن استجابتها الأساسية تعكس لنا كمية الهيدروجين في التشكيلة . وبما أن الماء والنفط يحويان عملياً على نفس الكمية من الهيدروجين/واحدة الحجم ، فإن الاستجابة لهذه الأجهزة تعكس لنا المسامية المملوءة بالسائل في التشكيلات النظيفة .

بشكل عام نجد أن الأجهزة النيترونية تستجيب لكافة ذرات الهيدروجين المتواجدة في التشكيلة بما في ذلك المركبات الكيميائية التي تشكل الفلزات الصلبة للتشكيلة . لهذا السبب نجد أن قراءات القياسات النيترونية تعتمد بالدرجة الأولى على معامل يطلق عليه بمعامل الهيدروجين للتشكيلة ، هذا المعامل يتناسب طرداً مع كمية الهيدروجين في واحدة الحجم،ويعطى القيمة واحداً بالنسبة للماء العذب في الشروط السطحية من ضغط وحرارة .

٣-٣-٥ معامل الهيدروجين للمياه المالحة Hydrogen Index Of Salt Water :

إن انحلال ملح كلور الصوديوم NaCℓ في الماء أو السائل يؤدي إلى احتلال حيز منه ، وهذا بدوره يخفف من كثافة الهيدروجين. المعادلة التالية (٣-٤) تستخدم من أجل حساب معامل الهيدروجين لمحلول ملحي في الدرجة 75 فهرنهايت .

$$H_w = 1 - 0{,}4C \qquad ٣-٤$$

حيث : C تركيز NaCℓ في المحلول مقدراً بالواحدة ppm (جزء بالمليون) .

أما المعادلة الأكثر شمولية والتي لاترتبط بدرجات الحرارة هي :

$$H_w = \rho_w(1-C) \qquad ٥-٣$$

حيث : ρ_w كثافة المحلول .

في الآبار المفتوحة والتي تحدث فيها منطقة احتياح بسائل الحفر ، فإن الماء المتواجد ضمن مجال قياس النيترون يمكن اعتبار ملوحته مساوية لملوحة سائل الحفر . يتم إجراء تصحيح الملوحة بشكل أوتوماتيكي في أثناء إجراء السبر بواسطة جهاز SNP أما في حالة إجراء السبر بجهاز CNL فإن هذا التصحيح يتم باستخدام لوحات التصحيح المناسبة . في الآبار المغلفة فإن منطقة الغزو عادة ما تختفي مع الزمن وبالتالي فإن ملوحة السائل هي نفسها ملوحة مياه التشكيل .

٣-٣-٢ استجابة الأجهزة للمواد الهيدروكربونية

: Response to Hydrocarbons

إن الهيدروكربونات السائلة (نفط) لها معاملات هيدروجينية قريبة جداً من معامل الهيدروجين للماء . أما بالنسبة للمواد الهيدروكربونية الغازية فالأمر يختلف ، حيث أن الغاز يحتوي نسبياً على قيمة منخفضة لتركيز الهيدروجين . لهذا السبب نجد أنه في حال وجود الغاز بالقرب من حفرة البئر وضمن مجال قياس السابرة ، فإن قياسات النيترون تعطي مسامية أقل من المسامية الحقيقية .

هذه الميزة أو الخاصية لقياسات النيترون في المجالات الحاملة للغاز ، تستلزم إجراء القياس بمرافقة قياس مسامي آخر وذلك للحصول على تحديد دقيق لسطح تماس السائل بالغاز. وقد وجد بالتجربة أن من أفضل الطرق المتبعة من أجل ذلك إتحاد كلٍ من قياس النيترون وقياس الكثافة ، حيث أن هذا الاتحاد يقدم لنا قيماً دقيقة للمسامية ويستجيب مع قيمة صغيرة جداً للتشبع الغازي .

تعتمد الاستجابة الكمية للأجهزة النيترونية للغاز والمواد الهيدروكربونية الخفيفة على معامل الهيدروجين ومعامل آخر يطلق عليه معامل التجويف (excavation effect) .

يمكن حساب معامل الهيدروجين بعد معرفة تركيب وكثافة المادة الهيدركربونية السائلة .

للنفط

معامل الهيدروجين للنفط

$$H_o = 1{,}28\rho_o \qquad ٦-٣$$

أما بالنسبة للمواد الهيدروكربونية الغازية يتم الاعتماد على الشكل (٢-٩) في الحصول على هذا المعامل .

صفحة 61

في المعادلة (٣-٦) تم افتراض الصيغة الكيميائية التالية للنفط nCH_2 . القيمة H_o يمكن اشتقاقها من خلال المقارنة بين كثافة الهيدروجين والوزن الجزيئي للماء مع تلك العائدة للنفط .

هناك أيضاً مجموعة من المعادلات والتي يمكن بواسطتها تحديد معامل الهيدروجين للسوائل الهيدروكربونية وهي :

١- من أجل السوائل الهيدركربونية الخفيفة $\rho_h < 0{,}25$:

معامل الهيدروجين للسوائل الهيدركربونية Condensat

$$H_h \approx 2.2\rho_h \qquad ٧-٣$$

٢- من أجل الهيدركربونات الثقيلة $\rho_h > 0{,}25$:

معامل الهيدروجين للسوائل الهيدروكربونية الثقيلة

$$H_h \approx \rho_h + 0{,}3 \qquad ٨-٣$$

أو المعادلة :

$$H_h = 9\left(\frac{4 - 2.5\rho_h}{16 - 2{,}5\rho_h}\right) \qquad ٩-٣$$

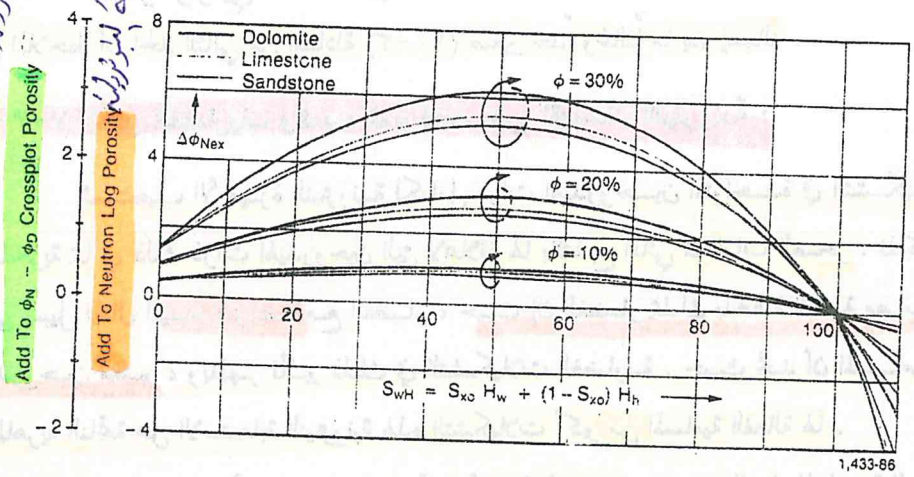
إن البحث والاستقصاء الرياضي يشير إلى أن تأثير الغاز في التشكيلة بالقرب من حفرة البئر ، أكبر مما هو عليه في حال كثافة هيدروجينية منخفضة لها .

وهناك حسابات معروفة أجريت بعد أن تم استبدال جزء من المسامات الحاوية على الغاز بصخر صلب، حيث أظهرت هذه الحسابات الجديدة أنه عندما يكون الصخر الصلب المضاف أجوف أو متكهف وحل مكانه الغاز فإن التشكيلة سوف تتميز بانخفاض قليل بالشدة النيترونية .

إن معرفة الفرق في قراءات قياس النيترون للحالة المشروحة أعلاه يمكن أن يعبر عن المعامل الجديد الذي أطلقنا عليه معامل التجويف . وفي حال تجاهل هذا المعامل سوف ينجم عنه قيماً عالية جداً لتشبع الغاز في المنطقة المغسولة وقيماً منخفضة جداً للمسامية .

الشكل (٣-٥) يرينا لوحة التصحيحات الواجب إجراؤها من أجل حذف تأثير التجويف .

بملاحظة الشكل (٣-٥) نجد أن مسامية الصخور الرملية والكلسية والدولوميتية موقعة على المنحنيات . في حال وجود مسامية وسطية غير تلك الموقعة على المنحنيات ، فإننا نلجأ إلى عملية الاستمداد الداخلي .



شكل ٣-٥ : لوحة تصحيح من تأثير التجويف أو التكهف كتابع لِ S_{xo} من أجل ثلاث قيم للمسامية هي , 10% , 20% , 30% ومعامل هيدروجين للغاز مساوي الصفر $Hg = 0$. كل مجموعة من المنحنيات حاوية على تأثير الصخور الكلسية والرملية والدولوميتية .

يلاحظ على الشكل تدرجين شاقوليين ، إحداهما وهو الأول يستخدم من أجل معرفة تصحيحات المسامية المشتقة من القياسات النيترونية والآخر على اليسار يقدم تصحيحات المسامية المشتقة من طريقة العرض البياني التصالبي لكلٍ من قياسي الكثافة والنيترون ، وهذا المحور لايستخدم من أجل إجراء تصحيح التجويف .

إن التصحيحات الواجب إجراؤها من أجل حذف تأثير التجويف وذلك وفقاً للشكل (٣-٥) يمكن أن تحسب بشكل تقريبي وفق المعادلة التالية :

$$\Delta\phi_{NEX} = K\left[2\phi^2 S_{WH} + 0{,}04\phi\right](1 - S_{WH}) \qquad ٣-١٠$$

حيث : $S_{WH}, \phi, \Delta\phi_{NEX}$ تعطى بواحدة كسرية .

أما الثابت K فيأخذ القيم التالية :

صخر رملي	1
صخر كلسي	1,046
صخر دولوميتي	1,173

من الملاحظ أن الحد الثاني من المعادلة (٣-١٠) صغير جداً وغالباً ما يتم إهماله .

٣-٣-٧ تأثير الغضاريات والمياه المترابطة على القياسات النيترونية :

تستجيب الأجهزة النيترونية لكامل ذرات الهيدروجين المتواجدة في التشكيلة الصخرية بما في ذلك ذرات الهيدروجين التي لاعلاقة لها بالتشبع المائي لمسامات الصخر . نذكر على سبيل المثال المياه المترابطة مع الغضار ، حيث إن الغضار يملك بالحالة العامة معامل هيدروجين معتبر ، ويظهر تأثير ذلك في التشكيلات الغضارية . حيث نجد أن المسامية الظاهرية الناتجة عن الاستجابة النيترونية لهذه التشكيلات أكبر من المسامية الفعالة لها .

لقد كشفت الأبحاث والتجارب أن الأجهزة النيترونية تتحسس للمياه المتبلورة التي تتواجد ضمن الصخور ، على سبيل المثال الجبس غير المسامي ($CaSO_4 + 2H_2O$) يملك مسامية ظاهرية عالية بسبب محتواه المميز من الهيدروجين .

٣-٣-٨ التأثير الليتولوجي Effect of Lithology :

إن قراءات جميع القياسات النيترونية تتأثر إلى حدٍ ما بليتولوجية الصخر الصلب . وعادةً ما يتم تدريج كل من قياس SNP , CNL وفقاً للصخر الكلسي الصلب . أما مساميات الصخور الأخرى الحقيقية فيتم الحصول عليها من الشكل (٣-٦) أو من خلال التدريجات التي تعرض في رأس القياس .

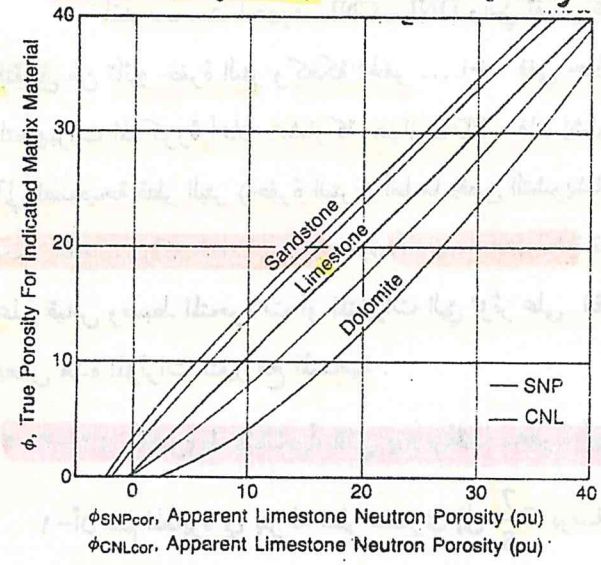
يتم تطبيق التصحيحات بالنسبة لقراءات ال SNP فقط في حال إجراء المسح في الآبار المملوءة بسائل الحفر . أما في الآبار المملوءة بالغاز فإن التأثير الليتولوجي ينخفض إلى قيمة صغيرة جداً بحيث يمكن إهماله . في هذه الحالة فإن المسامية تقرأ مباشرة كتابع للصخر الكلسي .

من أجل قراءات قياس DNL يتم التصحيح وفقاً للوحة(13 - Por) ـ لاحظ القسم العملي ـ تستخدم استجابة ال SNP من أجل قياس شدة النيترونات فوق الحرارية ، أما قياس CNL فيستخدم من أجل قياس شدة النيترونات الحرارية .

٣-٣-٩ تحديد المسامية من القياسات النيترونية

: Determining Porosity From N-Log

استناداً إلى الافتراضات المختلفة والتصحيحات ، نجد أنه بإمكان أي طريقة نيترونية استنتاج قيم المسامية الظاهرية . في جميع الأحوال ، فإن تأثيرات محددة مثل الليثولوجيا ، محتوى الغضار ، كمية ونوع المادة الهيدروكربونية ، يمكن أن تظهر وتصحح فقط باستخدام معلومات إضافية عن المسامية على سبيل المثال استخدام القياس الصوتي (المسامية الصوتية) أو قياس الكثافة (المسامية الكثافية) .



شكل ٣-٦: المسامية النيترونية والمنحنيات المكافئة .

أخيراً لابد من القول من أن أي تفسير يعتمد على قياس نيتروني واحد سوف يتضمن معلومات غير أكيدة عن المسامية .

٣-٣-١٠ تصحيحات أجهزة الـ SNP (SNP Corrections) :

إن معظم التصحيحات الواجب إجراؤها على قراءات ال SNP (تأثير وزن الطفلة، الملوحة ، قطر البئر ، درجة الحرارة) يضاف إلى ذلك حساب المسامية ، تنفذ بشكل آلي في التجهيزات السطحية . على الرغم من التوضع الملامس لسابرة القياس لجدار البئر ، فإنه يبقى هناك ضمن السطح الفاصل بينهما تركيز معين من الهيدروجين والذي يمكن أن تبقى بسبب

كعكة الحفر . هذه الكمية من الهيدروجين تؤثر على نتائج القياس . ولذا يجب حذفها . لهذا الغرض وجدت اللوحة (Por - 15 a) لاحظ القسم العملي .

من أجل معرفة سماكة كعكة الحفر المتبقية ما بين جدار البئر والسابرة ، يتم حساب الفرق بين قراءات الكاليبر وقطر دقاق الحفر .

٣-٣-١١ قياس النيترون الحراري Thermal Neutron Measurement :

لقد صممت أجهزة CNL , DNL والتي تقيس شدة النيترونات الحرارية ، بهدف التقليل من تأثير حفرة البئر وكعكة الحفر ....الخ . ففي حال إجراء السبر باستخدام إحدى التجهيزات المذكورة أعلاه بمشاركة جهاز FDC ، فإن إشارة الكاليبر سوف تقدم لنا بشكل آلي تصحيحة قطر البئر (حفرة البئر) أما ما يخص التشويشات الأخرى بما فيهم قطر البئر في حال عدم مشاركة قياس FDC ، فإن التصحيحات الآلية تصبح غير ممكنة بسبب عدم القدرة على قياس وضبط المتحولات أو المتغيرات التي تؤثر على القراءات .وأكثر من ذلك نجد أن بعض هذه المؤثرات تتغير مع المسامية .

٣-٣-١٢ الشروط النظامية التي يتم وفقها معايرة أجهزة DNL , CNL :

١-أن تتم المعايرة في بئر له قطر مساوي إلى $7\frac{7}{8}$ بوصة .

٢-تواجد ماء عذب داخل البئر وضمن التشكيلة .

٣-عدم تشكل كعكة حفر أو مباعد تمركز Stand off .

٤-درجة حرارة 75 فهرنهايت .

٥-ضغط جوي Atmospheric Pressure .

٦-وضع الجهاز في البئر بشكل لامركزي .

في حال الانحراف عن هذه الشروط ، يصبح من الضروري إجراء التصحيحات على القياسات . ويتم إجراء التصحيحات، باستخدام لوحات التصحيح المناسبة (لاحظ الجزء العملي) .

٣-٣-١٣ مجال تطبيق القياسات النيترونية :

١-تحديد المسامية للتشكيلات الصخرية .

٢-الكشف عن المناطق الحاملة للغاز وتحديد سطح التقاء الغاز بالسائل .

٣-تحديد درجة التشبع بالغاز في الصخور الحاوية عليه .

٤-تحديد العمود الليتولوجي للآبار المسبورة .

٥-الكشف عن الغضاريات والسجيل وبعض الصخور الأخرى الحاوية على عناصر تستهلك النيترونات الحرارية بسبب مقطع الاحتواء الكبير .

٦-تحديد المسامية في الآبار الفارغة اعتماداً على قياس جهاز DNL .

MWD

Log While Drilling

٣-٣-١٤ القياسات المنفذة أثناء حفر الآبار :

لقد طور مؤخراً تقنية جديدة من أجل تنفيذ القياسات في أثناء حفر البئر .هذه التقنية تعرض لنا قياسات للكثافة والمسامية مماثلة لتلك التي نحصل عليها باستخدام القياسات التقليدية التي تستخدم الكابل الناقل Current Wireline Techniqus .

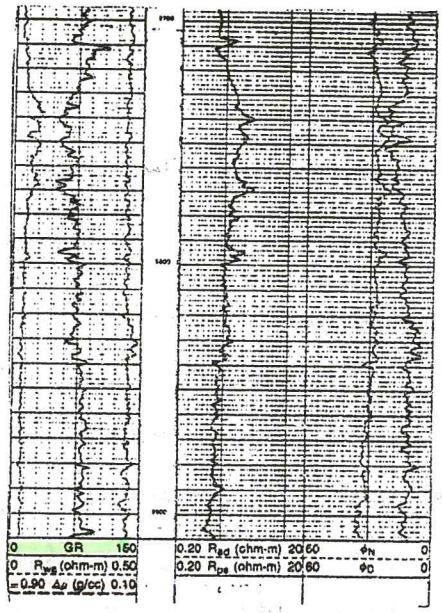
وقد أطلق على التصميم الجديد بـ نيترون ـ كثافة المعوض CDN . تتألف من اشراك أهم قياسين نوعين حيث يتم وضع الجهازين في إحدى وصلات مواسير الحفر .

لقياس الكثافة يستخدم منظمين ومضخمين للإشارة مع لاقطين من النوع الكريستالي الوماض + مضخم كهروضوئي . اعتماداً على الجهاز السابق (جهاز الكثافة) يتم قياس معامل الامتصاص الكهروضوئي للتشكيلة والذي تم شرحه سابقاً (P_e) هذا المعامل يفيد في تحديد ليتولوجية الصخر . تبلغ دقة القياس بهذا الجهاز $0{,}01g/cm^3$ عندما ينفذ الحفر بمعدل 50 قدم /ساعة . تتميز التقنية الجديدة بأنها تخفض تأثير المباعد المركزي Stand off إلى أصغر قدر ممكن . أما الأخطاء المتبقية والتي تنتج عن هذه القياسات فهي ناتجة عن استخدام طريقة Spine & ribs التقليدية .

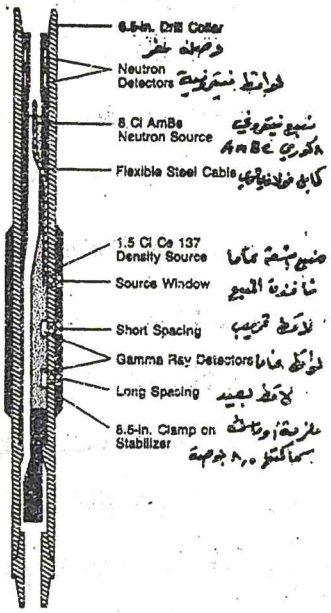
هناك قياسات أخرى يتم تنفيذها بواسطة التقنية الجديدة مثل قياس كثافة سائل الحفر أو الطفلة بشكل مستمر . هذا القياس يقدم معلومات إضافية من أجل تصحيح تأثير مباعد التمركز للبئر borehole stand off effect .

لقد أجريت قياسات مخبرية مكثفة على موديلات رياضية من أجل تحديد مقدار

تأثير شروط حفرة البئر على كل من قياسات الكثافة والمسامية ، وتبين نتيجة هذه القياسات أن استجابة التقنية الجديدة لكل من الكثافة والتأثير الكهروضوئي P_e والمسامية النيترونية مشابهة تماماً لتلك الناجمة عن قياسات CNL وقياس الليتولوجيا التقليديين . انظر الشكل (٣-٧) والشكل (٣-٨) .



شكل ٣-٧ : عرض مشترك لكل من نتائج قياس جهاز CND في الحقل الثالث وقياسات المقاومية الثنائي المعوض CDR* .



شكل ٣-٨ : رسم تخطيطي لجهاز CDN وفق شلومبرجير 1989.

****

* يشير إلى معدل العينات لكل قياس وهي تميز شركة شلمبرجير .