الفصل الثالث

التفسيرات الكمية

٥-٣ تعيين نسبة التشبع للطبقات النظيفة Determination of Saturation :

التشبع بالماء هو الجزء أو النسبة المئوية من الحجم المسامي لصخر خازن مليء بالماء. وعموماً، فإن الحجم المسامي غير المليء بالماء يكون مليء بالهيدروكربونات ، ما لم يكن معروفاً وجود مادة أخرى . وتعيين التشبع بالماء وبالهيدروكربونات هو أحد الأهداف الأساسية للقياسات الجيوفيزيائية البئرية .

٥-٣-١ تعيين نسبة التشبع وفق علاقة أرشي :

يعتمد حساب التشبع بالماء المعين من قياسات المقاومية في حالة الطبقات الصخرية النظيفة (التي لا تحوي على غضاريات) ذات المسامية بين الحبيبية المتجانسة ، على علاقة أرشي للتشبع بالماء ، أو متغيراتها الخاصة :

$$S_w^n = F.R_w / R_t \qquad ٥-٩$$

يتم الحصول على قيمة F عادة من قياسات المسامية للطبقات وذلك بالعلاقة :

$$F = a / \phi^m \qquad ٥-١٠$$

وبالنسبة لحساب التشبع للمنطقة المغسولة S_{xo} فيعبر عنها بالمعادلة :

$$S_{xo}^n = F R_{mf} / R_{xo} \qquad ٥-١١$$

ويؤخذ أس التشبع (n) في هذه المعادلات عادة مساوياً لـ 2 . وقد بينت التجارب المخبرية بأن هذه القيمة جيدة بالنسبة للحالات الوسطية . أما قيم a ، m في المعادلة (٥-١٠) فتتغير بصورة أكبر .في حالة الصخور الكربوناتية تستخدم عادة العلاقة : $F = 1/\phi^2$

وتستخدم في حالة الرمال علاقة هامبل $F = 0{,}62/\phi^{2{,}15}$ أو $F = 0{,}81/\phi^2$ (علاقة عملية بسطية مشابهة لعلاقة هامبل) .

أ- تعيين عامل التشكيلة F :

يتم في التطبيقات العملية حساب عامل التشكيلة إما بالاستناد إلى أحد قياسات

المسامية أو لقيم المساميةالمصححة بالنسبة للتأثير الليثولوجي والعوامل الأخرى المؤثرة (الفقرة ٥-٢-١) أو اعتماداً على معطيات قياس المقاومات(R_o ، R_w ، R_{xo} ، R_{mf} ، R_z ، R_i) التي تربط فيما بينها العلاقات :

$$F = R_i / R_z \quad ; \quad F = R_{xo} / R_{mf} \quad ; \quad F = R_o / R_w$$

والرموز المذكورة معروفة سابقاً . R_z تمثل مقاومية مزيج راشح الحفر والمياه الطبقية .

تتوفر في التطبيقات العملية لوحات بيانية (Charts) من أجل الحصول على قيم F بمعرفة قيم المسامية أو معطيات المقاومية المذكورة أعلاه (راجع القسم العملي) . وكذلك يمكن أن نحصل على قيم التشبع بالماء وفق العلاقة (٥-٩) والعلاقة (٥-١١) باستخدام لوحات بيانية (القسم العملي) .

تعتمد دقة تعيين التشبع بالماء للمنطقة غير المتأثرة على دقة المعايير الأساسية الداخلة في علاقة أرشي : R_t ، F ، R_w .

ب – تعيين مقاومية المياه الطبقية (R_w) :

ويجب أن تدقق بالنسبة لحالات عديدة بقدر الإمكان والطرق المستخدمة هي :

- تعيين R_w من دليل المياه .
- تعيين R_w من التحاليل الكيميائية لعينة من المياه الطبقية المحصول عليها عن طريق الاختبارات للطبقات .
- تعيين R_w بطريقة التفسير الكمي لمنحنيات الكمون الذاتي المسجلة مقابل الطبقات المدروسة .
- تعيين R_w مقاومية المياه الطبقية الظاهرية (R_{wa}) ، والتي تحدد بالعلاقة $R_{wa} = R_t / F$. وتكون قيمة $R_w = R_{wa}$ في حالة طبقة نظيفة مشبعة 100% بالماء .
- مخطط (R_{wa} – sp) وتستخدم هذه الطريقة عندما تتغير مقاومية المياه الطبقية بصورة سريعة عند أعماق ضحلة أو متوسطة، حيث يصبح تعيين R_w من الـ sp صعباً وغير أكيد . يتم توقيع R_{wa} على مقياس لوغاريتمي مقابل تغيرات الـ sp على مقياس خطي (القسم العملي) .

Pickett Crossplot بيكت 1

1 – مخططات المقاومية –المسامية : وستوصف لاحقاً عندما تستخدم هذه اللوحات من اجل تعيين التشبع بالماء .

1 – تعيين R_w في حالة وجود النطاقات المائية النظيفة المغزوة براشح سائل الحفر وفق العلاقة :

$R_w = R_{mf} . R_t / R_{xo}$ وذلك في حالة أن $S_w = S_{xo} = 1$.

جـ – تعيين المقاومية للطبقة الحقيقية وللمنطقة المغسولة R_t ، R_{xo} :

تزودنا قياسات المقاومية بمجموعة من قيم المقاومية المتعلقة بعمق سبر الأجهزة والشروط المحيطة بها ، وإن معايير المقاومية المهمة هي :

R_t – وتمثل مقاومية الطبقة للمنطقة البعيدة عن حفرة البئر حيث تكون غير متأثرة بالغزو.

R_{xo} – مقاومية المنطقة المغسولة قرب حفرة البئر . وتستخدم للحصول على S_{xo}، وللإشارة إلى التشبع بالمواد الهيدروكربونية المتبقية أو حركية الهيدروكربونات وللحصول على قيم F .

R_{xo} / R_t – تستخدم في حل العلاقة النسبية للحصول على S_w / S_{xo} (موشر حركية الهيدروكربونات) .

يمكن أن يتم تعيين R_t بالاستناد إلى القياسات التقليدية (ES) وذلك في حالة طبقات متجانسة وتتصف بمسامية أكبر من حوالي 15% . يتم تعيين R_t في حالة طبقات سميكة وفي حالة الغزو الضحل وعندما تكون مقاومية الطبقات قليلة إلى متوسطة ويفضل أن يكون $R_{xo} \leq R_t$.

وكذلك يتم تعيين R_t من القياسات التحريضية واللاترولوغ ، حيث تتوفر أجهزة ذات أعماق سبر مناسبة يمكن الاعتماد عليها من أجل قيمة جيدة لـ R_t (راجع جيوفيزياء الآبار –1) .

أما تعيين R_{xo} فيمكن أن يتم بصورة مفضلة من الميكرولاترولوغ أو الميكروسيفل. أو يمكن أن تعين في بعض الأحيان من الميكرولوغ أو البروكسي ميتي لوغ وذلك حسب شروط حفرة البئر ومقاومية سائل الحفر وتأثير الغزو وكعكة الحفر (راجع جيوفيزياء الآبار–1) وعند الضرورة ، يمكن تعيين R_{xo} من العلاقة :

$$R_{xo} = 0{,}62 R_{mf} / \phi^{2{,}15}(1-S_{or})^2 \qquad ١٢-٥$$

حيث يستخدم قياس المسامية وتفرض قيمة معينة لـ S_{or} ، ويمكن أن يتم ذلك بيانياً (القسم العملي) . ومن الطبيعي أن تكون دقة تعيين R_{xo} وفق المعادلة (٥-١٢) مقبولة لحد ما نظراً لعدم دقة ϕ و S_{or} .

٥-٣-٢ تعيين التشبع بطريقة المخطط التقاطعي بين المسامية - المقاومية

: Resistivity - VS- Porosity Cross Plots

بدمج العلاقة (٥-٩) والعلاقة (٥-١٠) تصبح علاقة التشبع لأرشي على النحو التالي :

$$S_w^n = \frac{a R_w}{\phi^m R_t} \qquad ١٣-٥$$

فإذا كان a ، m مساوية لـ 2 و a=1 فتصبح العلاقة (٥-١٣) على الشكل التالي :

$$\phi S_w = \sqrt{\frac{R_w}{R_t}} \qquad ١٤-٥$$

توضح هذه العلاقة أنه بالنسبة لـ R_w ثابتة فإن ϕS_w تتناسب مع $1/\sqrt{R_t}$. أما (ϕS_w) فتمثل كمية المياه الموجودة في واحدة الحجم من الطبقة . ولتأكيد التناسب بين ϕ و $1/\sqrt{R_t}$ ، يمكن كتابة العلاقة (٥-١٤) على النحو التالي :

$$\phi = \frac{\sqrt{R_w}}{S_w} \cdot \frac{1}{\sqrt{R_t}} \qquad ١٥-٥$$

وفي حالة طبقة مشبعة بالماء 100% فإن $S_w = 1$ و $R_t = R_o$. فإذا تم رسم R_o لطبقات مشبعة بالماء بمقياس مقلوب الجذر التربيعي مقابل المسامية ، فإن جميع النقاط يجب أن تقع على خط مستقيم يعطى بالعلاقة :

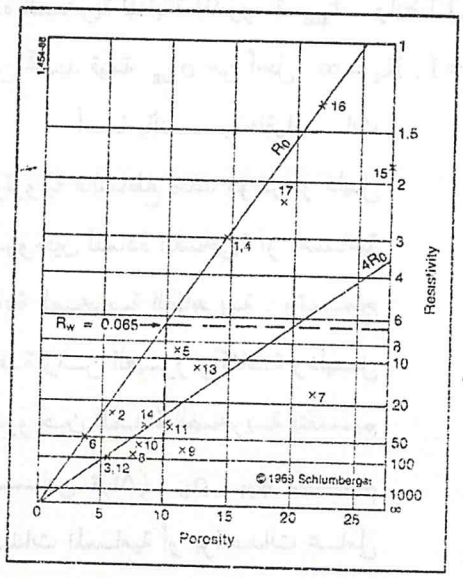
$$\phi = \sqrt{R_w} / \sqrt{R_o} \qquad ١٦-٥$$

وأكثر من ذلك ، سوف تكون النقاط الممثلة لأي قيمة ثابتة لـ S_w واقعة أيضاً على خط مستقيم ، ذلك لأنه في المعادلة (٥-١٦) يكون المعامل $\sqrt{R_w}/S_w$ ثابتاً بالنسبة لقيم ثابتة لـ R_w و S_w ويمثل ميل المستقيم .

وعوضاً عن قيمة R_t الفعلية ، يكفي عادة استخدام قراءات التسجيل لجهاز

مقاومية عميق غير متأثر بدرجة كبيرة بالغزو أو بالعوامل المحيطة الأخرى (مثال من التحريضي العميق ، أو اللاترولوغ العميق) .

يبين الشكل (٥-١٤) عدة نقاط موقعة على اللوحة ، تمثل مجالات مدروسة حيث مقاومية المياه الطبقية ثابتة . وباعتبار أن بعض النقاط تمثل مجالات طبقية مشبعة 100% بالماء ، فإن خط $S_w = 1$ يرسم من نقطة المفصل ($R_t = \infty$, $\phi = 0$) ، ماراً خلال معظم النقاط المرسومة أعلى ويساراً.



شكل ٥-١٤ : المخطط التقاطعي للمقاومية - المسامية من أجل S_w و R_w .

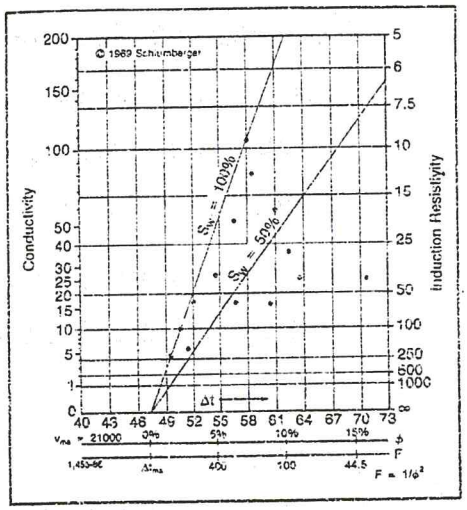
يحدد ميل الخط قيمة R_w . يمكن تعيين R_w كما هو موضح في الشكل (٥-١٤) . إذا اعتبرنا طبقة مسامية ϕ=10% ، يكون $R_o = 6{,}5$ وحيث إن $R_w = R_o / F$ و $F = \phi^{-2}$ نحصل على $R_w = 0{,}065$ أوم متر.

وبالنسبة لتحديد خطوط التشبع الأخرى مثلاً خط تشبع 50% ، نحسب قيمة R_t وفق العلاقة $R_t = R_o / S_w^2$ وحيث أن $1/S_w^2 = 4$ فإن $R_t = 4R_o$ وبالنسبة لمسامية ϕ=10% تكون $R_t = 26\,\Omega m$ حيث تحدد النقطة التي يمر منها خط تشبع 50% (ϕ=10% , $R_t = 26$) الذي يمر بدوره من نقطة المفصل حيث يتم رسمه .

وإذا بقي تركيب المادة الصخرية ثابتاً بالنسبة لكل الطبقات المسبورة ، فإن القياسات أو القيم المقروءة من القياسات الصوتية ، الكثافة ، أو النيوترونية يمكن توقيعها مباشرة مقابل R_t ونحصل على نتائج مشابهة ، ذلك لأن العلاقة بين المسامية والكثافة الكلية وزمن العبور الصوتي أو استجابة مؤشر الهيدروجين النيوتروني هي خطية . وكمثال للتقاطع

البياني بين الصوتي والتحريضي موضح في الشكل (٥-١٥) . إن نقطة المفصل التي تمر منها خطوط التشبع في هذه الحالة تحدد قيمة ($t_{ma} = 47,5 , R_t = \infty$) زمن العبور للأمواج في المادة الصخرية للطبقة المدروسة t_{ma} . وأيضاً في حالة التقاطع البياني بين الكثافة - المقاومية يمكن تحديد قيمة ρ_{ma} من أجل $S_w = 1 , R_t = \infty$.

أما بالنسبة للقياسات النيوترونية فالتقاطع يحدد مؤشر أو دليل الهيدروجين للمادة الصخرية أو مسامية المادة الصخرية الظاهرية . وتسمح معرفة زمن العبور وكثافة ودليل الهيدروجين للمادة الصخرية بتقسيم مقياس $(\Delta t)t$ ، ρ_b ، ϕ_N بقيم واحدات المسامية أو بواحدات عامل التشكيلة .



الشكل ٥-١٥ : المخطط التقاطعي بين قيم القياس الصوتي وقياس المقاومية التحريضي .

والمخطط التقاطعي للنيوترون - المقاومية لا يكون دقيقاً في حالة الطبقات الغازية كما هو بالنسبة للصوتي والكثافة ، ذلك لأن المسامية الظاهرية المقاسة بالقياس النيوتروني في النطاقات الغازية تكون على الأغلب منخفضة جداً . وهذا يؤدي إلى خطأ في قيم S_w في النطاقات الغازية .

وفي الحقيقة يمكن أن يشير المخطط التقاطعي نيوترون- مقاومية إلى النطاق المسامي الغازي ذو مسامية صفر وتشبع 100% بالماء . وبالمقابل فإن الصوتي أو الكثافة يكون واقعياً نوعاً ما في النطاقات الغازية ، حيث يمكن أن تكون المسامية مرتفعة قليلاً والتشبع منخفض قليلاً .

٥-٣-٣ تعيين التشبع بطريقة المخطط التقاطعي للمقاومية الدقيقة مقابل المسامية

: Microresistivity VS Porosity Cross Plots

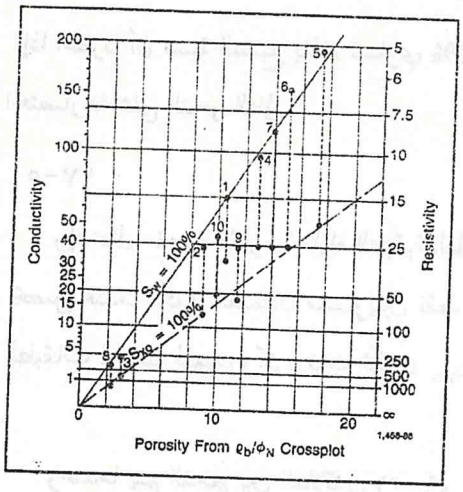
ويتم توقيع قيم المسامية مقابل قيم المقاومية المقروءة من أحد قياسات المقاومية الدقيقة (MLL ، MSFL) . إذا تم قراءة R_{xo} من قياسات المقاومية الدقيقة ، بعدها ، يمكن رسم خط يمر من النقاط التي تمثل الطبقات المشبعة براشح سائل الحفر ($S_{xo}=1$) والذي له ميل مرتبط بـ R_{mf} .

يعتبر R_{mf} معياراً مهماً، يتم تدقيق قيمته بتقاطع قيم المقاومية الدقيقة مقابل قيم قياس صوتي أو قياس كثافة .

واستخدام مخططات التقاطع بين المقاومة وقياسات المسامية (الصوتي، الكثافة) ذات أهمية في تعيين معايير المادة الصخرية (ρ_{ma} , t_{ma}) وخصوصاً في حالات الطبقات المشبعة بالمواد الهيدروكربونية . كذلك فإن تعيين خط تشبع المنطقة المغسولة($S_{xo}=1$) أسهل عادة حتى في حالة وجود الطبقات الهيدروكربونية .

يوضح الشكل (٥-١٦) المخطط التقاطعي لقيم المسامية - المقاومية في حالتين :

قراءة المقاومية من التحريضي العميق وقراءة المقاومية من الميكرولاتروغ ، وذلك لنفس المجالات من الطبقات الحاملة للمياه . وقد تم استخدام قيم المسامية في هذه الحالة من التقاطع البياني بين النيوتروني - كثافة . تحدد النقاط اتجاهين يتوافقان مع $S_w=1$ (عند استخدام التحريضي العميق) و $S_{xo}=1$ (عند استخدام الميكرولاتروغ) . أما النقاط التي ليست



الشكل ٥-١٦ : مخطط التقاطع بين قيم المقاومية المقروءة من التحريضي العميق والميكرولاتروغ . يبين خطوط $S_w=1$ و S_{xo} .

في هذه الاتجاهات فيمكن تقسيمها إلى مجموعتين :

١-النقاط التي قراءاتها مأخوذة من الميكرولاترولوغ تقع على خط $S_{xo}=1$ ونفس النقاط التي قراءاتها مأخوذة من التحريضي العميق تقع أسفل الخط $S_w=1$(النقاط 2 , 10 , 9) . من المحتمل أن تكون نتيجة غزو عميق أو تأثير طبقة مجاورة ذلك لأن $R_{ID}>R_t$.

٢-النقاط التي قراءاتها مأخوذة من القياس التحريضي تقع على خط $S_w=1$ ونفس النقاط التي قراءاتها تقع فوق الخط $S_{xo}=1$ ، من الممكن سببها غزو ضحل حيث يكون $R_{MLL}<R_{xo}$ (النقاط (7,4) .

وهكذا نجد أن مخططات المقاومية - المسامية ، تقدم معلومات أكثر إذا تم توقيع قيم المقاومية الدقيقة مع العميقة ، حيث تسمح بتدقيق الغزو وأيضاً تشير إلى النفط المتحرك .

٥-٣-٤ طريقة تعيين التشبع بمقارنة مقاومية المياه الطبقية الحقيقية مع الظاهرية : Raw Comparision Method (R_{wa})

إذا اعتبرنا أن نسبة التشبع بالماء تساوي 100% لطبقة ما ، فإن علاقة أرشي (٥-٩) يمكن اختصارها على النحو التالي :

$$R_{wa}=\frac{R_t}{F}\approx\frac{R_{ID}}{F} \qquad ١٧-٥$$

وإدخال مفهوم مقاومية المياه الطبقية الظاهرية (R_{wa}) في العلاقة السابقة بدلاً عن R_w ، يحصل عندما تكون القيمتان متساويتين فقط في حالة طبقة حاملة للمياه ومشبعة 100% . وفي الطبقات الحاملة للهيدروكربونات تكون R_{wa} المحسوبة من العلاقة (٥-١٧) أكبر من R_w .

وعندما يتم الدمج بين العلاقتين (٥-٩و ٥-١٧) ، نجد أن المعايير S_w ، R_{wa} ، R_w ترتبط فيما بينها على النحو التالي :

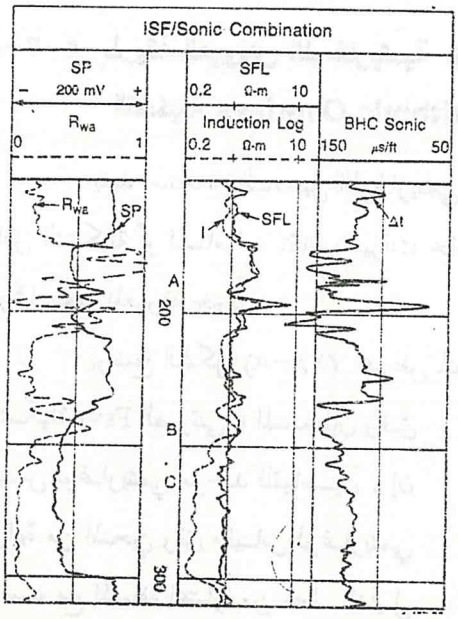
$$S_w=\sqrt{R_w/R_{wa}} \qquad ١٨-٥$$

ويمكن لطريقة R_{wa} أن تكون مفيدة لتمييز النطاقات الحاملة للهيدروكربونات وكذلك الحصول على R_w .

ونحصل ببساطة على R_{wa} بقسمة المقاومية التحريضية العميقة (مقاومة اللاترولوغ

العميق) على قيمة عامل التشكيلة الذي يعين بالاستناد إلى أحد قياسات المسامية ، أو إلى أحد مخططات تقاطع قيم قياسين للمسامية (الفقرة ٥-٢-١) .

ومن أجل إيضاح أفضل ، تحسب قيم R_{wa} على طول مقطع حفرة البئر أو بالنسبة لحالات معينة وذلك إذا تم الحساب يدوياً . يوضح الشكل (٥-١٧) تسجيل مستمر لـ R_{wa} مع مجموعة تسجيلات بئرية . يدل منحني الـ R_{wa} على أن الرمال السفلى تكون على الأغلب حاملة للمياه ، بينما الرمال العلوية حاملة للهيدروكربونات . نقرأ أمام المجال C قيمة $R_{wa}=0{,}08$ أوم متر وتكافيء قيمة R_w . أما أمام المجال B فنقرأ قيمة $R_{wa}=0{,}6$ أوم.متر . وهذا يوافق تشبع بالماء يعادل 37% . المجال العلوي A يشير إلى وجود هيدروكربونات وفق قيم متزايدة لـ R_{wa} . يوضح منحني الـ sp تغيرات واضحة أمام المجالات المذكورة حيث يشير ذلك إلى تشابه في التفسيرات النوعية .



شكل ٥-١٧ : منحني R_{wa} المحسوب والمسجل مع قياسات صوتية ، كهربائية تحريضية وكمون ذاتي أمام مجال نفطي ومائي .

تتطلب طريقة R_{wa} ، عادة ، أن تكون قيم المقاومية المقروءة من تسجيل عميق $R_t \cong (R_{deep})$ غير متأثرة لدرجة كبيرة بالغزو (الغزو محدود للغاية) ، أي أن القراءات للمقاومية تكون جوهرياً نفسها المقاومية الحقيقية . إضافة لذلك ، يجب أن تكون R_w ثابتة أو متغيرة بشكل جوهري بحيث يمكن تمييز هذا التغير مقابل المجالات المدروسة . كذلك فإن التركيب الليثولوجي يجب أن يكون ثابتاً ومعروفاً (حساب قيم F) وأن النطاقات النفوذة نظيفة (عدم وجود غضاريات حرة) . فإذا توفرت مثل هذه الشروط فإن قيم R_{wa}

المحسوبة سوف تكون قريبة من قيم R_w في حال الرمال النظيفة والمشبعة بالمياه .

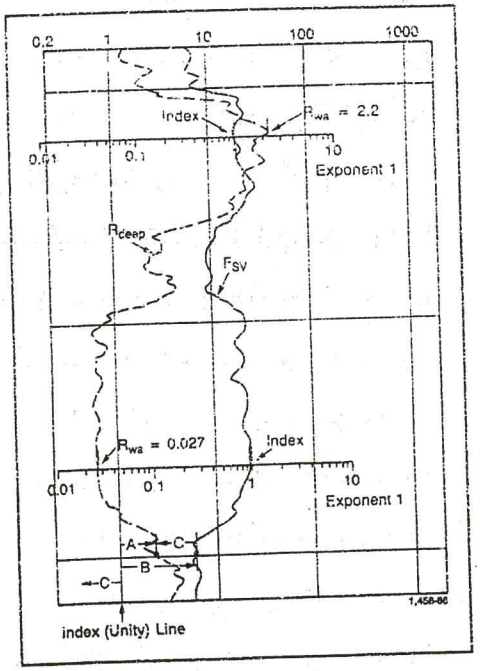
إذا كانت قيمة R_{wa} تعادل ثلاث مرات من قيمة R_w ، فإن ذلك يشير بالحقيقة لإمكانية وجود هيدروكربونات وهذا يتوافق مع نسبة تشبع أقل من 66% .

٥-٣-٥ طريقة العروض اللوغاريتمية لتسجيلات المقاومية مع المسامية أو عامل التشكيلة Logarithmic Overlays :

يفيد استخدام التسجيل اللوغاريتمي لقياسات المقاومية والتدريج اللوغاريتمي لقيم عامل التشكيلة أو المسامية ، بتقديم مميزات خاصة لتفسير القياسات البئرية بسبب الخصائص اللوغاريتمية المعروفة جيداً .

يوضح الشكل (٥-١٨) عرض لمنحني المقاومية العميق (R_{deep}) مقابل منحني التشكيلة (Fsv الصوتي) المسجلين وفق مقياس لوغاريتمي موحد للقياسين . إن القراءة من المنحني وفق مقياس لوغاريتمي تتناسب مع المسافة اعتباراً من خط الدليل (القيمة 1) حتى المنحني ، وهكذا قرب أسفل الشكل (٥-١٨) يتناسب طول الخط A مع لوغاريتم قياس مقاومية عميق. وبصورة مشابهة ، يتناسب طول الخط B مع لوغاريتم F لنفس المجال . والفرق الجبري بين المنحنيين (طول A - طول B= طول C) يتناسب مع ناتج النسبة R_{deep} / F .

وبما أن طول A أقل من طول B ، فإن لوغاريتم النسبة - في هذه الحالة - يكون سالباً . وهذا يعني أن قيمة النسبة أقل من الواحد .وبقياس طول C إلى



شكل ٥-١٨ : عرض لوغاريتم قيم عامل التشكيلة مقابل لوغاريتم المقاومية العميقة من أجل تعيين مقاومية المياه الطبقية الظاهرية .

اليسار اعتباراً من خط الدليل وقراءة ذلك من المقياس اللوغاريتمي، تكون قيمة النسبة حوالي0,4 .

ومن المناسب عند الاستخدامات الحقلية ، تقويم حاصل القسمة باستخدام شريط بلاستيكي شفاف مدرج بمقياس لوغاريتمي ذي أربعة عقود (0,01-10) يطبق مباشرة لقياس الفصل (الفرق) بين المنحنيات .

أ – عرض منحني لوغاريتم F مع منحني لوغاريتم R_{deep}

Overlog : Log F -Log R_{deep}

عوضاً عن طريقة الحساب المستمر لقيمة R_{wa} على طول مقطع حفرة البئر أو حساب قيم R_{wa} بالنسبة لحالات معينة ، كما تم شرحه سابقاً ، يمكن تسجيل قيم عامل التشكيلة F أو حسابه ورسمه بمقياس لوغاريتمي مع تسجيل منحني المقاومية بنفس المقياس اللوغاريتمي .

وبكتابة العلاقة (٥-١٧) بشكل لوغاريتمي :

$$\text{Log}\,R_{wa} = \text{Log}\,R_{deep} - \text{Log}\,F \qquad ٥-١٩$$

وهكذا فإن لوغاريتم R_{wa} على المقياس اللوغاريتمي ، هو ببساطة الفرق الجبري بين المنحنيين F و R_{deep} . ولقراءة قيمة لوغاريتم R_{wa} نستخدم الشريط اللوغاريتمي الشفاف ذو الأس 1 (الأس 1 يعني أن المقياس اللوغاريتمي للشريط الشفاف يتطابق مع المقياس الحقلي(التسجيل) . وعند أي مستوى على القياس ، يوضع أو يطبق الشريط اللوغاريتمي بحيث ينطبق خط الدليل 1 على منحني F الشكل (٥-١٨) وبعدها تقرأ قيمة R_{wa} مباشرة عند موقع تقاطع منحني المقاومية العميق مع المقياس اللوغاريتمي للشريط الشفاف (Transparent Overlay Scale) . وكما هو مبين بالشكل (٥-١٨) فإن R_{wa} تساوي 2,2 أوم.متر بالنسبة للمستوى العلوي وحوالي 0,027 أوم.متر للمستوي السفلي .

إن قيمة F نحصل عليها استناداً إلى أحد قياسات المسامية . ويعتبر القياس الصوتي أكثرها استخداماً بسبب أنه أكثر انسجاماً مع قياس المقاومية في الرمال الغضارية ويميز بسهولة النطاقات الحاملة للغاز .

ب- عرض منحني R_o مع منحني F (R_o Overlay and F Overlay):

يفضل تماماً وللسهولة عمل أو انشاء منحني R_o للمقارنة مع منحني R العميق، وذلك بإضافة لوغاريتم R_w إلى لوغاريتم F . ويتم ذلك بإزاحة منحني F مسافة تساوي إلى لوغاريتم R_w بالعلاقة مع تدريج المقاومية . تعطى قيمة $R_o = FR_w$. وبأخذ لوغاريتم هذه العلاقة نحصل على :

$$\text{Log}R_o = \text{Log}F + \text{Log}R_w \qquad ٢٠-٥$$

وفي حالة أن R_w غير معروفة ، فيتم تحقيق ذلك بإزاحة منحني F حتى يتطابق أو يتماشى مع منحني R العميق في النطاقات المائية المتوقعة . أما تعيين نسبة التشبع الظاهرية (S_{wa}) فيتم بالفصل بين قياس R_o وقياس المقاومية العميق . ويستند ذلك على العلاقة :

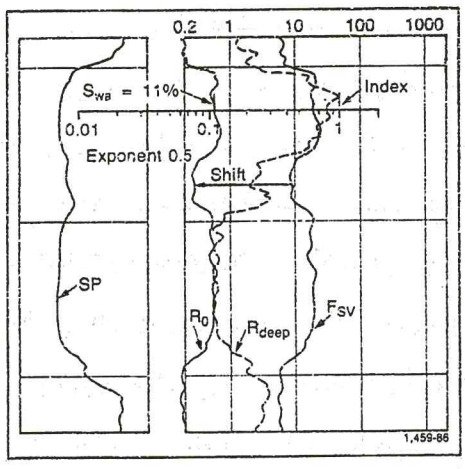
$$S_w^2 = R_o / R_t \approx R_o / R_{deep} \qquad ٢١-٥$$

وبأخذ لوغاريتم العلاقة الأخيرة نحصل على :

$$2\text{Log}S_w \approx \text{Log}R_o - \text{Log}R_{deep} \qquad ٢١-٥$$

وهكذا فالفصل بين منحنيات R_o و R_{deep} على المقياس اللوغاريتمي سوف يساوي ضعف لوغاريتم S_w . ويمكن الحصول على قيمة S_w باستخدام وتطبيق الشريط اللوغاريتمي الشفاف ذو الأس 0,5 (يكون مقياس الشريط ضعف مقياس المنحني R العميق أوF).

يبين الشكل (٥-١٩) منحني المقاومية العميق ومنحني R_o مع منحني F (الصوتي) . من أجل معرفة S_{wa}، يطبق الشريط اللوغاريتمي الشفاف بحيث يتقاطع خط الدليل 1 مع منحني المقاومية العميق ، ثم نقرأ قيمة S_{wa} عند الموقع



شكل ٥-١٩ : عرض منحني R_o مع منحني R_{deep} من أجل تعيين S_{wa}.

أو النقطة الناتجة عن تقاطع R_o مع مقياس الشريط الشفاف . وكما في المثال الموضح في الشكل (٥-١٩) نجد أن قيمة S_w عند القسم العلوي تساوي إلى 11% .

جـ – طريقة عرض منحني التشكيلة المحسوب وفق المسامية مع منحني عامل التشكيلة المحسوب وفق المقاومية The F Overlay :

يمكن تعيين S_w بالفصل بين العرض اللوغاريتمي لقيمة F_R (عامل التشكيلة المحصول عليه من قياس المقاومية العميق) والعرض اللوغاريتمي لقيمة F_{SV} (المحصول عليه من قياس المسامية مثلاً الصوتي) . يحدد F_R حسب ما يلي :

$$F_R = R_{deep} / R_w \approx R_t / R_w \qquad ٢٢-٥$$

ولربط F_R بالمعيار S_w ، نرى استبدال R_t / R_w بـ F_R في علاقة أرشي للتشبع التي تعطى بـ:

$$F_R = F / S_w^{\,2} \qquad ٢٣-٥$$

وبأخذ لوغاريتم العلاقة (٥-٢٣) نحصل على :

$$\text{Log}\, F_R = \text{Log}\, F - 2\text{Log}\, S_w \qquad ٢٤-٥$$

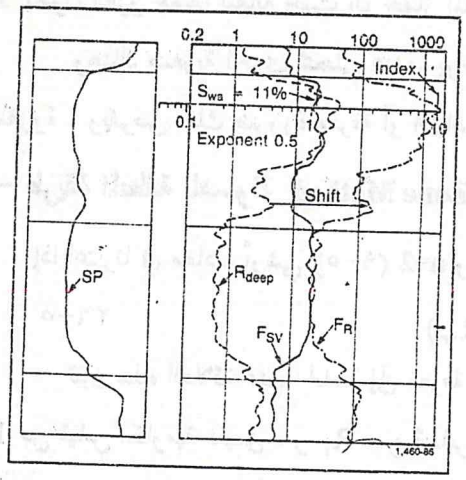
وتصبح العلاقة (٥-٢٤) على النحو التالي :

$$2\text{Log}\, S_w = \text{Log}\, F - \text{Log}\, F_R \qquad ٢٥-٥$$

وهكذا فإن منحني F_R يمكن ايجاده بإزاحة منحني R_{deep} المسجل على مقياس لوغاريتمي بمسافة مساوية إلى لوغاريتم R_w الشكل (٥-٢٠) .

إذا لم يتم معرفة R_w فيمكن عمل إزاحة بحيث يتقاطع أو ينطبق منحني F_R على منحني F أمام نطاقات مائية نظيفة متوقعة .

يستخدم من أجل تعيين S_w المقياس اللوغاريتمي ذو الأس



شكل ٥-٢٠ : عرض منحني F_ϕ مقابل منحني F_R من أجل تعيين S_{wa}

0,5 والمرسوم على شريط شفاف . نجد كما هو موضح في الشكل (٥-٢٠) عند المستوى العلوي ، أن قيمة S_w تساوي أيضاً إلى 11% .

٥-٣-٦ تعيين التشبع بطرائق نسب المقاومية Resistivity Ratio Methods :

نعتبر في طرائق نسب المقاومية ، أن الطبقة مقسمة إلى منطقتين أو نطاقين مميزين : المنطقة المغسولة أو المغزوة والمنطقة غير المغزوة براشح سائل الحفر . ويكون للمنطقتين نفس قيمة F ولكن كل منها تحوي مياه مميزة بمقاومية معينة (R_{mf} و R_z في المنطقة المغزوة و R_w في المنطقة غير المغزوة) . ويجب أن تكون المقاومية لكلا المنطقتين مقاسة أو يمكن الحصول عليها من القياسات ، ويجب أيضاً أن تتوفر إمكانية لتعيين مقاومية المياه الطبقية (السائل) في كل منطقة .

ونظراً لهذه الافتراضات الضرورية فإن طرائق نسب المقاومية محدودة الاستخدام، ولكن عندما لا يوجد أو تتوفر قياسات للمسامية أو عامل التشكيلة ، فهذا يعني أنه ليس هناك إلا خيار واحد . والاعتبار الرئيسي في مجال الاستخدام ، هو عدم إمكانية أي جهاز للمقاومية أن يقيس قيم R_{xo} أو R_t بشكل مستقل واحدة عن الأخرى . ويفرض هذا ببساطة أن يكون عمق الغزو كافياً من أجل السماح لجهاز سبر ضحل أن يقيس R_{xo} ، وكذلك يجب أن لا يكون الغزو عميقاً للغاية بحيث أن جهاز المقاومية العميق لا يستطيع قياس R_t .

وهناك صعوبة أخرى تتجلى عندما يوجد هيدروكربونات متبقية في المنطقة المغسولة أو المغزوة ، ويفرض ذلك ضرورة معرفة أو افتراض قيمة للتشبع في المنطقة المغزوة أو المغسولة

أ – طريقة المنطقة المغسولة Flushed Zone Method :

إذا اعتبرنا في معادلة أرشي (٥-٩) n=2 وقسمت على المعادلة (٥-١١)نحصل على :

$$(S_w / S_{xo})^2 = (R_{xo} / R_t) / (R_{mf} / R_w) \qquad ٢٦-٥$$

تبين هذه العلاقة عدم الحاجة إلى معرفة عامل التشكيلة أو المسامية . يتم إيجاد قيمة R_{xo} من قياس مقاومية دقيق ، و R_t من قياس مقاومية عميق (تحريضي أو لاترولوغ) و (R_{mf} / R_w) من القيم المقاسة أو من منحني الـ sp .

تعتبر النسبة S_w / S_{xo} كمؤشر للنفط المتحرك . فإذا كان $S_w / S_{xo} = 1$ فهذا