

البعد الكسري للحظة المغناطيسية الزلزالية في تخصيص خزانات شجرا البيرو-كربوني، المملكة

العربية السعودية

خالد الياس محمد الامين الخضر

كلية الهندسة، قسم الهندسة - البترول والغاز الطبيعي - جامعة الملك سعود

(قدم للنشر في ٣/٣/٢٠٢٠م، وقبل للنشر في ٣٠/٤/٢٠٢٠م)

كلمات المفتاحية: خزانات الشجرا، تشكيل الشجرا، البعد الكسري للحظة المغناطيسية الزلزالية، البعد الكسري للضغط الشعري.
ملخص: يمكن توثيق جودة وتقييم خزان شجرا من خلال تطبيق اللحظة المغناطيسية الزلزالية. يهدف هذا البحث إلى حساب البعد الكسري من العلاقة بين اللحظة المغناطيسية الزلزالية، الحد الأقصى للعزم المغناطيسي الزلزالي والتشبع المائي والموافقة عليه من خلال البعد الكسري المستمد من العلاقة بين الضغط الشعري والتشبع المائي. تم استخدام معادلتين لحساب الأبعاد الكسرية. المعادلة الأولى توضح العلاقة الوظيفية بين اتشبع المائي، اللحظة المغناطيسية الزلزالية، الحد الأقصى للعزم المغناطيسي الزلزالي والبعد الكسري. المعادلة الثانية تنطوي على التشبع المائي كدالة للضغط الشعري والبعد الكسري. تم استخدام إجرائين للحصول على البعد الكسري. تم الإجراء الأول من خلال رسم لوغاريتم النسبة بين اللحظة المغناطيسية الزلزالية و الحد الأقصى للعزم المغناطيسي الزلزالي مقابل اللوغاريتم للتشبع المائي. ميل الإجراء الأول = ٣- البعد الكسري. تم تحديد الإجراء الثاني للحصول على البعد الكسري عن طريق التخطيط لوغاريتم الضغط الشعري مقابل لوغاريتم التشبع المائي. ميل الإجراء الثاني = البعد الكسري -٣. على أساس النتائج التي تم الحصول عليها من العمود الطبقي والقيم المحققة للبعد الكسري، تم تقسيم الأحجار الرملية في خزانات شجرا من تشكيل شجرا هنا إلى ثلاث وحدات.

المقدمة

تم دراسة التأثيرات الصوتية الكهربائية المتعلقة بالجهد الحركي الكهربائي، والساحية العازلة، وتدرج الضغط، ولزوجة الموائع، والتوصيل الكهربائي لأول مرة بواسطة [Frenkel 1944] كما تم دراسة الضغط الشعري والذي يتبع قانون المقاييس عند تشبع منخفض لمرحلة التبلل بواسطة [Li and Williams 2007]. بالإضافة الي ذلك درست الظاهرة الصوتية الكهربائية عن طريق النظر في معامل الاقتران الحركي الكهربائي كدالة لكثافة الشحنة الفعالة، النفاذية، لزوجة المائع والتوصيل الكهربائي بواسطة [Revil and Jardani 2010]. وجد ان مقدار التيار الصوتي الكهربائي يتوقف على عدة عوامل اهمها المسامية، وحجم وشكل المسام والخواص المرنة للمواد الصخرية اللاصقة كما اظهرت الدراسة التي اجراها [2010 Dukhin et al]. وجد ان مماس نسبة المجال الكهربائي المحوري لضغط تتناسب عكسيا تقريبا مع النفاذية [Guan et al 2012]. تمت دراسة انقلاب النفاذية من السجل الصوتي الكهربائي بتردد منخفض بواسطة Hu et al [2012]. لقد ذكروا أن المماس في النسبة بين شدة الإثارة الكهربائية و مجال الضغط هو دالة في المسامية، لزوجة السوائل، التردد، التعرج وكثافة السوائل ونفاذية دراسي. كما تم دراسة انخفاض الترددات الصوتية الكهربائية مع زيادة مع زيادة محتوى الماء بواسطة [Borde et al 2015]. كما تمت دراسة دالة الانتقال الصوتية الكهربائية مع زيادة تشبع الماء بواسطة [Jardani and Revil 2015]. قام Holzauer et al [2016] بدراسة زيادة دالة الانتقال الصوتية الكهربائية الديناميكية مع انخفاض توصلية السوائل. وجد ان سعة الموجة الصوتية الكهربائية تزداد مع زيادة النفاذية مما يعني أن التأثيرات الصوتية الكهربائية ترتبط مباشرة بالنفاذية ويمكن استخدامها لدراسة نفاذية الخزان كما اوضح [Ping et al 2016]. يعتمد اقتران الموجات الصوتية الكهربائية على التردد ويقل بشكل

اسي عند زيادة التردد [Djuraev et al 2017] كما تم دراسة زيادة النفاذية مع زيادة الضغط والبعد الكسري لضغط الفقاعة بواسطة [Al-khidir 2017]. كما تم رصد زيادة في وقت الاسترخاء الهندسي للبعد الكسري مع زيادة النفاذية وأحجام الحبيبات [Alkhidir 2018].

منهجية البحث

تم جمع عينات من الحجر الرملي من القطاعات السطحية المكشوفة لتكوين شجرا البيرومو-كربوني في المنطقة عند خط العرض "17.4° 52' 26"، خط الطول "18° 36' 43". شكل (١). تم قياس المسامية على العينات التي تم جمعها باستخدام جهاز تسرب الزئبق و تم اشتقاق النفاذية من بيانات الضغط الشعري. الغرض من هذه الورقة هو الحصول على البعد الكسري للحظة المغناطيسية الزلزالية وتأكيدا بواسطة البعد الكسري للضغط الشعري. يتم تحديد البعد الكسري للإجراء الأول من الميل الإيجابي لوغاريتم النسبة بين اللحظة المغناطيسية الزلزالية و الحد الأقصى للعزم المغناطيسي الزلزالي مقابل اللوغاريتم للتشبع المائي (logSw). بينما يتم تحديد البعد الكسري للإجراء الثاني من الميل السلبي لوغاريتم الضغط الشعري (log Pc) مقابل لوغاريتم التشبع المائي (log Sw).

يمكن تحجيم اللحظة المغناطيسية الزلزالية كالتالي

$$Sw = \left[\frac{SMM_{\frac{1}{4}}}{SMM_{\frac{1}{4}max}} \right]^{[3-Df]} \quad (1)$$

حيث Sw تشبع الماء، SMM اللحظة المغناطيسية الزلزالية بالأمتير * متر مربع، SMM_{max} الحد الأقصى للعزم المغناطيسي الزلزالي بالأمتير * متر مربع، و Df البعد الكسري. المعادلة ١ يمكن اثباتها من:

$$H = \left[\frac{\Phi * \epsilon * kf * \zeta * \rho f * SSWV * SRGV}{\alpha \text{on} * \eta} \right] \quad (2)$$

حيث H المجال المغناطيسي الزلزالي بالأمتير / المتر، Φ المسامية، ϵ ساحية السائل في فاراداي / متر، kf ثابت

$$A = \left[\frac{Q * \eta * L}{k * \Delta p} \right] \quad (7)$$

حيث A المساحة بالمتر المربع، Q معدل التدفق بالمتر المكعب / ثانية، η لزوجة المائع في pascal * ثانية، L الطول الشعري بالمتر، k النفاذية بالمتر المربع، Δp الضغط التفاضلي في pascal. أدخل المعادلة ٧ في المعادلة ٦، نحصل على:

$$\left[\frac{SMM * k * \Delta p}{d * Q * \eta * L} \right] = \left[\frac{\phi * \epsilon * kf * \zeta * \rho f * SSWV * SRGV}{\alpha \infty * \eta} \right] \quad (8)$$

بعد إعادة ترتيب تصبح المعادلة ٨ كالتالي:

$$\left[\frac{SMM * k * \Delta p}{\eta * L} \right] = \left[\frac{\phi * \epsilon * kf * \zeta * \rho f * SSWV * SRGV * d * Q}{\alpha \infty * \eta} \right] \quad (9)$$

معدل التدفق يمكن التعبير عنه:

$$Q = \left[\frac{3.14 * r^4 * \Delta p}{8 * \eta * L} \right] \quad (10)$$

حيث Q معدل التدفق بالمتر المكعب / ثانية، r نصف قطر المسام بالمتر، Δp الضغط التفاضلي في pascal، η لزوجة المائع في pascal * second، و L طول الشعيرات بالمتر. تضاف المعادلة ١٠ في المعادلة ٩

$$\left[\frac{SMM * k * \Delta p}{\eta * L} \right] = \left[\frac{\phi * \epsilon * kf * \zeta * \rho f * SSWV * SRGV * d * 3.14 * r^4 * \Delta p}{\alpha \infty * \eta * 8 * \eta * L} \right] \quad (11)$$

الحد الأقصى لمسام نصف قطرها يمكن حسابه:

$$\left[\frac{SMM_{max} * k * \Delta p}{\eta * L} \right] = \left[\frac{\phi * \epsilon * kf * \zeta * \rho f * SSWV * SRGV * d * 3.14 * r_{max}^4 * \Delta p}{\alpha \infty * \eta * 8 * \eta * L} \right] \quad (12)$$

عند قسمة المعادلة ١١ على المعادلة ١٢ ينتج:

$$\left[\frac{\left[\frac{SMM * k * \Delta p}{\eta * L} \right]}{\left[\frac{SMM_{max} * k * \Delta p}{\eta * L} \right]} \right] = \left[\frac{\left[\frac{\phi * \epsilon * kf * \zeta * \rho f * SSWV * SRGV * d * 3.14 * r^4 * \Delta p}{\alpha \infty * \eta * 8 * \eta * L} \right]}{\left[\frac{\phi * \epsilon * kf * \zeta * \rho f * SSWV * SRGV * d * 3.14 * r_{max}^4 * \Delta p}{\alpha \infty * \eta * 8 * \eta * L} \right]} \right] \quad (13)$$

عازل السائل، كثافة السائل Pf بالكيلوغرام / متر مكعب، SSWV سرعة موجة الزلازل بالمتر / ثانية، SRGV سرعة الحبوب الشعاعية الزلزالية بالمتر / ثانية، $\alpha \infty$ التورتو، η لزوجة الموائع في pascal * second

$$H = \left[\frac{i}{d} \right] \quad (3)$$

حيث H المجال المغناطيسي الزاوي (أمبير / متر)، i التيار الكهربائي (أمبير)، d المسافة (متر). تضاف المعادلة ٣ في المعادلة ٢:

$$\left[\frac{i}{d} \right] = \left[\frac{\phi * \epsilon * kf * \zeta * \rho f * SSWV * SRGV}{\alpha \infty * \eta} \right] \quad (4)$$

يمكن قياس التيار الكهربائي كالتالي:

$$i = \left[\frac{SMM}{A} \right] \quad (5)$$

حيث i التيار الكهربائي (أمبير)، SSM اللحظة المغناطيسية الزلزالية (أمبير * متر مربع)، A المساحة (متر مربع) تضاف المعادلة ٥ في المعادلة ٤

$$\left[\frac{SMM}{A * d} \right] = \left[\frac{\phi * \epsilon * kf * \zeta * \rho f * SSWV * SRGV}{\alpha \infty * \eta} \right] \quad (6)$$

المساحة يمكن التعبير عنها كالتالي:

$$\text{LogSw} = [\text{Df} - 3] * \text{logpc} + \text{constant} \quad (21)$$

حيث SW تشبع الماء، Pc الضغط الشعري و Df البعد الكسري.

النتائج والمناقشة

بناءً على الملاحظة الميدانية، تم تقسيم مكامن شجرا من تكوين شجرا البيرومو-كربوني هنا إلى ثلاث وحدات كما هو موضح في الشكل ١. وهذه الوحدات من الأسفل إلى الأعلى هي: خزان شجرا السفلي، وخزان شجرا الأوسط، وخزان شجرا العلوي. يوضح الجدول ١ البعد الكسري للحظة المغناطيسية الزلزالية والبعد الكسري للضغط الشعري. استناداً إلى النتائج المحققة، وجد أن البعد الكسري للحظة المغناطيسية الزلزالية يساوي البعد الكسري للضغط الشعري. تم العثور على الحد الأقصى لقيمة البعد الكسري وهو ٢,٧٨٧٢، تم تخصيصها لعينة SJ13 من خزان شجرا العلوي كما تم التحقق من ذلك في الجدول ١. كما تم تعيين الحد الأدنى لقيمة البعد الكسري ٢,٤٣٧٩ من العينة SJ3 من خزان شجرا السفلي كما هو موضح في الجدول ١. تم اكتشاف البعد الكسري للحظة المغناطيسية الزلزالية والبعد الكسري للضغط الشعري مع زيادة النفاذية كما هو موضح في الجدول ١ بسبب إمكانية وجود قنوات مترابطة. تم ترميز خزان شجرا السفلي بواسطة ستة عينات من الحجر الرملي الشكل (١)، تم اختيار أربعة منها باسم SJ1 و SJ2 و SJ3 و SJ4 بعناية لقياس الضغط الشعري كما هو موضح في الجدول ١. تم تحديد منحدراتها الإيجابية في سجل الإجراء الأول لوغاريتم النسبة بين اللحظة المغناطيسية الزلزالية و الحد الأقصى للعزم المغناطيسي الزلزالي مقابل.

المعادلة ١٣ بعد التبسيط سوف تصبح:

$$\left[\frac{\text{SSM}}{\text{SMM}_{\max}} \right] = \left[\frac{r^4}{r_{\max}^4} \right] \quad (14)$$

بأخذ الجذر الرابع للمعادلة ١٤:

$$\sqrt[4]{\left[\frac{r^4}{r_{\max}^4} \right]} = \sqrt[4]{\left[\frac{\text{SSM}}{\text{SMM}_{\max}} \right]} \quad (15)$$

المعادلة ١٥ بعد التبسيط ستصبح

$$\left[\frac{r}{r_{\max}} \right] = \left[\frac{\text{SSM}^{\frac{1}{4}}}{\text{SMM}_{\max}^{\frac{1}{4}}} \right] \quad (16)$$

باخذ لوغاريتم المعادلة ١٦:

$$\log \left[\frac{r}{r_{\max}} \right] = \log \left[\frac{\text{SSM}^{\frac{1}{4}}}{\text{SMM}_{\max}^{\frac{1}{4}}} \right] \quad (17)$$

$$\text{But; } \log \left[\frac{r}{r_{\max}} \right] = \left[\frac{\log \text{Sw}}{3 - \text{Df}} \right] \quad (18)$$

تضاف المعادلة ١٨ في المعادلة ١٧:

$$\left[\frac{\log \text{Sw}}{3 - \text{Df}} \right] = \log \left[\frac{\text{SSM}^{\frac{1}{4}}}{\text{SMM}_{\max}^{\frac{1}{4}}} \right] \quad (19)$$

المعادلة ١٩ بعد إزالة السجل سوف تصبح:

$$\text{Sw} = \left[\frac{\text{SSM}^{\frac{1}{4}}}{\text{SMM}_{\max}^{\frac{1}{4}}} \right]^{[3 - \text{Df}]} \quad (20)$$

المعادلة ٢٠ هي إثبات المعادلة ١ التي تتعلق بتشبع الماء، اللحظة المغناطيسية الزلزالية، الحد الأقصى للعزم المغناطيسي الزلزالي، والبعد الكسري.

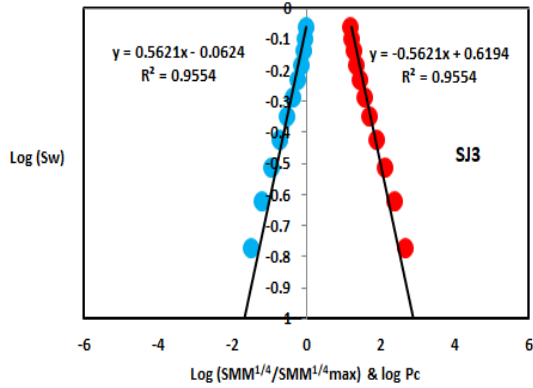
يمكن قياس الضغط الشعري باستخدام العلاقة التالية:

AGE	Fm.	Mbr.	unit	LITHO-LOGY	DESCRIPTION	
Late Permian	Khuff Formation	Huqayl Member			Limestone : Cream, dense, burrowed, thickness 6.56'	
					Sub-Khuff unconformity.	
Late Carboniferous - Permian	Shajara Formation	Upper Shajara Member	Upper Shajara mudstone		Mudstone : Yellow, thickness 17.7'	
				Upper Shajar Reservoir	SJ13▲	Sandstone : Light brown, cross-bedded, coarse-grained, poorly sorted, porous, friable, thickness 6.5'
					SJ12▲	Sandstone : Yellow, medium-grained, very coarse-grained, poorly, moderately sorted, porous, friable, thickness 13.1'
					SJ11▲	
				Middle Shajara Member	Middle-Shajara mudstone	
			Mudstone : Yellow, thickness 1.3'			
			Mudstone : Brown, thickness 4.5'			
		Middle-Shajara Reservoir	SJ10▲			Sandstone : Light brown, medium-grained, moderately sorted, porous, friable, thickness 3.6'
			SJ9▲			Sandstone : Yellow, medium-grained, moderately well sorted, porous, friable, thickness 0.9'
			SJ8▲			
		Lower Shajara Member	Lower Shajara Reservoir	SJ7▲	Sandstone : Red, coarse-grained, medium-grained, moderately well sorted, porous, friable, thickness 13.4'	
				SJ6▲	Sandstone : White with yellow spots, fine-grained, hard, thickness 2.6'	
				SJ5▲	Sandstone : Limonite, thickness 1.3'	
				SJ4▲	Sandstone : White, coarse-grained, very poorly sorted, thickness 4.5'	
				SJ3▲	Sandstone : White-pink, poorly sorted, thickness 1.6'	
SJ2▲	Sandstone : Yellow, medium-grained, well sorted, porous, friable, thickness 3.9'					
SJ1▲	Sandstone : Red, medium-grained, moderately well sorted, porous, friable, thickness 11.8'					
Early Devonian	Tawil Formation				Sub-Unayzah unconformity. Sandstone : White, fine-grained.	

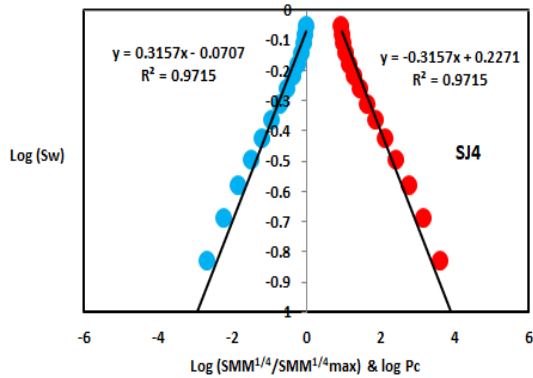
SJ1 ▲ Samples Collection

(١) Surface type section of the Shajara Reservoirs of the Permo-Carboniferous Shajara Formation at latitude 26° 52' 17.4" longitude 43° 36' 18"

(٣) الشكل رقم (٣): $\text{Log} (SMM^{1/4}/SMM^{1/4}_{\max})$ & log pc versus log Sw for sample SJ2



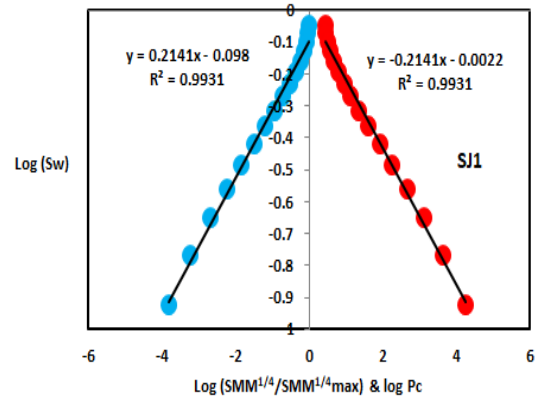
(٤) الشكل رقم (٤): $\text{Log} (SMM^{1/4}/SMM^{1/4}_{\max})$ & log pc versus log Sw for sample SJ3



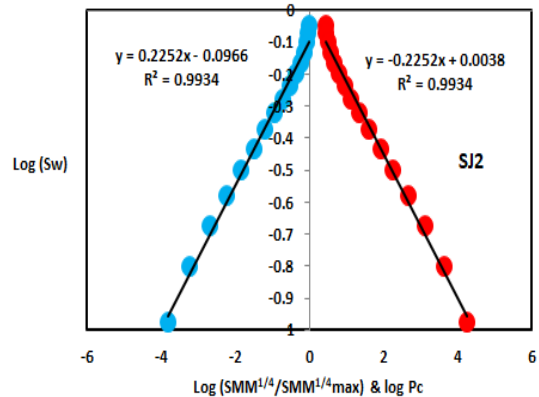
(٥) الشكل رقم (٥): $\text{Log} (SMM^{1/4}/SMM^{1/4}_{\max})$ & log pc versus log Sw for sample SJ4

وعلى النقيض من ذلك ، فإن خزان شجرا الأوسط المنفصل عن خزان شجرا السفلي بواسطة سطح غير توافق كما هو موضح في الشكل ١. تم ترميزه بأربعة عينات الشكل (١)، تم اختيار ثلاث منها باسم SJ7 و SJ8 و SJ9 لقياسات الضغط الشعري كما هو موضح في الجدول ١. تم اختيار منحدراتها الإيجابية والسالبة في الشكل ٦ والشكل ٧ والشكل ٨ والجدول ١.

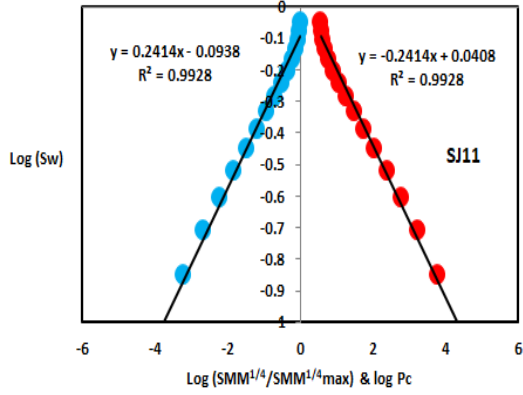
لوغاريتم للتشبع المائي (Sw) والمنحدرات السالبة من الإجراء الثاني لوغاريتم الضغط الشعري (log Pc) مقابل لوغاريتم التشبع المائي (log Sw). في الشكل ٢، الشكل ٣، الشكل ٤، الشكل ٥ والجدول ١. أثناء تقدمنا من العينة SJ2 إلى SJ3، تم رصد انخفاض واضح في النفاذية بسبب الضغط من ١٩٥٥ إلى ٥٦ md وهو ما يعكس انخفاضاً في البعد الكسري للحظة المغناطيسية الزلزالية من ٢,٧٧٤٨ إلى ٢,٤٣٧٩ كما هو محدد في الجدول ١. مرة أخرى، زيادة في حجم الحبيبات والنفاذية من عينة SJ4 التي تم العثور على بعدها الكسري للحظة المغناطيسية الزلزالية و للضغط الشعري على أنها ٢,٦٨٤٣ كما هو موضح في الجدول ١.



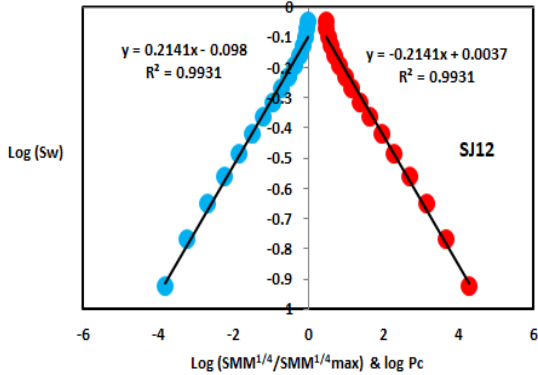
(٢) الشكل رقم (٢): $\text{Log} (SMM^{1/4}/SMM^{1/4}_{\max})$ & log pc versus log Sw for sample SJ1



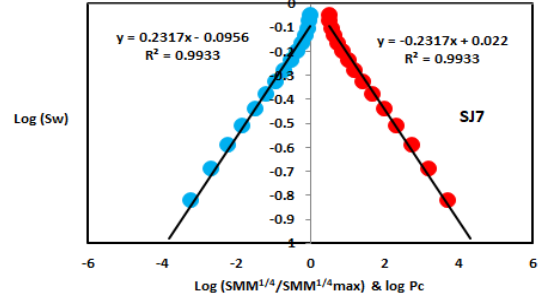
الجدول ١. وجد ان أبعادها الكسرية أعلى من SJ3 و SJ4 بسبب زيادة في نفاذيتها كما هو موضح في الجدول ١. من ناحية أخرى، تم فصل خزان شجرا العلوي عن خزان شجرا الأوسط بواسطة الطين الأصفر كما هو موضح في الشكل ١. تم تعريفه بثلاثة عينات تسمى SJ11 و SJ12 و SJ13 كما هو موضح في الجدول ١. يتم عرض منحدراتها الإيجابية والسلبية في الشكل ٩ والشكل ١٠ والشكل ١١ والجدول ١. بشكل عام، يكشف التوقيع البياني للانحدار الإيجابي للإجراء الأول مقابل الميل السلبي للإجراء الثاني كما هو موضح في الشكل ١٢، ثلاث مناطق قابلة للاختزان



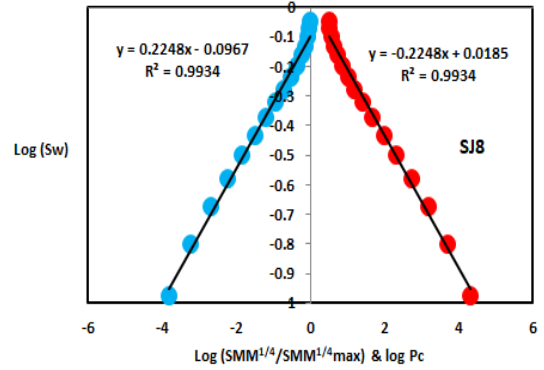
الشكل رقم (٩): $\text{Log}(SMM^{1/4}/SMM^{1/4}_{\max})$ & log pc versus log Sw for sample SJ11



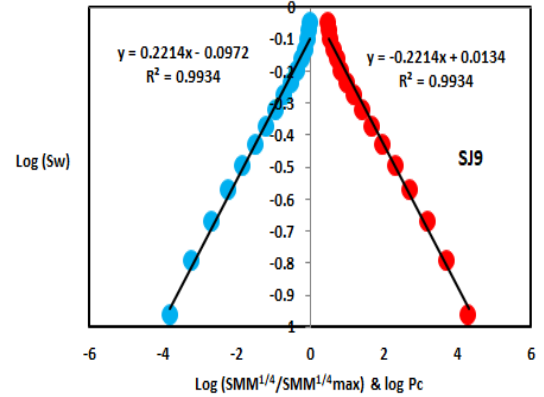
الشكل رقم (١٠): $\text{Log}(SMM^{1/4}/SMM^{1/4}_{\max})$ & log pc versus log Sw for sample SJ12



الشكل رقم (٦): $\text{Log}(SMM^{1/4}/SMM^{1/4}_{\max})$ & log pc versus log Sw for sample SJ7



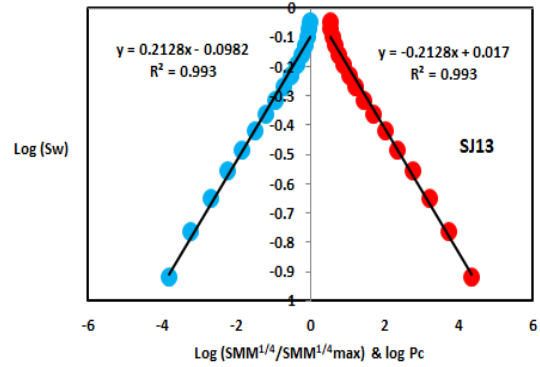
الشكل رقم (٧): $\text{Log}(SMM^{1/4}/SMM^{1/4}_{\max})$ & log pc versus log Sw for sample SJ8



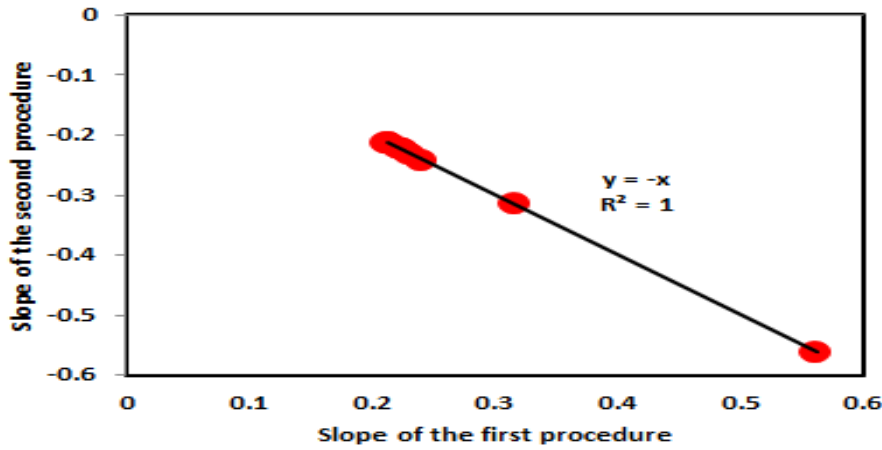
الشكل رقم (٨): $\text{Log}(SMM^{1/4}/SMM^{1/4}_{\max})$ & log pc versus log Sw for sample SJ9

علاوة على ذلك، فإن أبعادها الكسرية للحظة المغناطيسية الزلزالية والضغط الشعري تظهر المساواة كما هو محدد في

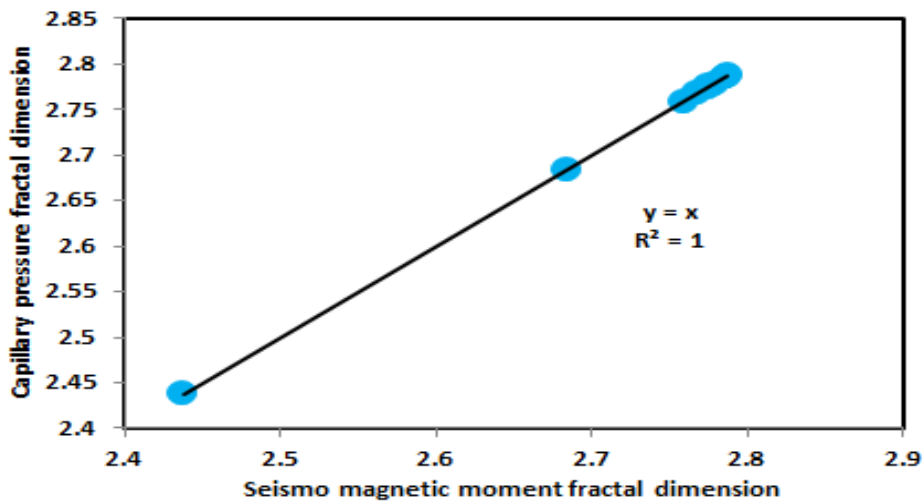
ذات خصائص بتروفيزيائية متباينة. هذه النطق تم التعرف عليها أيضاً عن طريق التخطيط للبعد الكسري للحظة المغناطيسية الزلزالية والضغط الشعري كما هو موضح في الشكل ١٣. مثل هذا التباين في البعد الكسري يمكن أن يفسر عدم التجانس الذي يعد عامل أساسي في تقييم جودة المكامن.



(١١) الشكل رقم: $\text{Log (SMM}^{1/4}/\text{SMM}^{1/4}_{\text{max}} \text{) \& log pc}$ versus logSw for sample SJ13



(١٢) الشكل رقم: Slope of the first procedure versus slope of the second procedure



(١٣) الشكل رقم: Seismo magnetic moment fractal dimension versus capillary pressure fractal dimension

الجدول رقم (١): نموذج بتروفيزيائي يوضح وحدات خزانات شجرا الثلاث مع قيمها للبعد الكسري للحظة المغناطيسية الزلزالية والبعد الكسري للضغط

الشعري

التشكيل	الخزان	العينة	المسامي %	النفاذية (md)	ميل الانحدار الإيجابي	ميل الانحدار السلبي	البعد الكسري للحظة المغناطيسية الزلزالية	البعد الكسري للضغط الشعري
تشكيل البيرمو - كربوني	خزان شجرا العلوي	SJ13	25	973	0.2128	-0.2128	2.7872	2.7872
		SJ12	28	1440	0.2141	-0.2141	2.7859	2.7859
		SJ11	36	1197	0.2414	-0.2414	2.7586	2.7586
	خزان شجرا الأوسط	SJ9	31	1394	0.2214	-0.2214	2.7786	2.7786
		SJ8	32	1344	0.2248	-0.2248	2.7752	2.7752
		SJ7	35	1472	0.2317	-0.2317	2.7683	2.7683
	خزان شجرا الأسفل	SJ4	30	176	0.3157	-0.3157	2.6843	2.6843
		SJ3	34	56	0.5621	-0.5621	2.4379	2.4379
		SJ2	35	1955	0.2252	-0.2252	2.7748	2.7748
		SJ1	29	1680	0.2141	-0.2141	2.7859	2.7859

مركز البحوث في كلية الهندسة، كلية العلوم، قسم الجيولوجيا والجيوفيزياء، ومعهد الملك عبد الله للبحوث والدراسات الاستشارية لدعمهم.

استنتاج

- تم تقسيم الأحجار الرملية لخزانات جراتشكيل شجرا البيرومو - كربوني هنا إلى ثلاث وحدات بناءً على البعد الكسري للحظة المغناطيسية الزلزالية.
- الوحدات الثلاث من الأعلى إلى الأسفل هي: وحدة البعد الكسري للحظة المغناطيسية الزلزالية لخزان شجرا الأسفل، وحدة البعد الكسري للحظة المغناطيسية الزلزالية لخزان شجرا الأوسط، وحدة البعد الكسري للحظة المغناطيسية الزلزالية لخزان شجرا العلوي.
- وقد ثبت أيضاً هذه الوحدات عن طريق البعد الكسري للضغط الشعري.
- تم العثور على زيادة الأبعاد الكسرية مع زيادة حجم الحبيبات والنفاذية بسبب احتمال وجود قنوات مترابطة.

شكر

يشكر المؤلف جامعة الملك سعود، كلية الهندسة، قسم هندسة البترول والغاز الطبيعي، قسم الهندسة الكيميائية،

- ### References
- 1- Alkhdid. KEME (2017) Pressure head fractal dimension for characterizing Shajara Reservoirs of the Shajara Formation of the Permo-Carboniferous Unayzah Group, Saudi Arabia. Arch Pet Environ Biotechnol 2, 1-7.
 - 2- Al-Khidir, K.E. (2018) On Similarity of Pressure Head and Bubble Pressure Fractal Dimensions for Characterizing Permo-Carboniferous Shajara Formation, Saudi Arabia. Journal of Industrial Pollution and Toxicity 1(1), 1-10.
 - 3- Alkhdid, KEME (2018) Geometric relaxation time of induced polarization fractal dimension for characterizing Shajara Reservoirs of the Shajara formation of the PermoCarboniferous Unayzah Group-Permo. Int J Pet Res 2, 105-108.
 - 4- Djuraev, U. Jufar, SR. and Vasant. P. (2017) Numerical Study of frequency-dependent seismo electric coupling in partially-saturated porous media. MATEC Web of Conferences 87, 02001.
 - 5- Bordes, C. Sénéchal, P. Barrière, J. Brito, D. Normandin, E. Jougnot, D. (2015) Impact of water saturation on seismolectric transfer functions: a laboratory study of co-seismic phenomenon. Geophysical Journal International 200(3), 1317-1335.
 - 6- Dukhin, P. Goetz, and M.Thommes. (2010) Seismolectric effect: a non-isochoric streaming

- current. 1 Experiment. J Colloid Interface Sci 345(2), 547-553.
- 7- Frenkel, J. (1944) On the theory of seismic and seismoelectric phenomena in a moist soil. J Phys 3 230-241.
 - 8- Guan W, Hu H and Wang Z. (2012) Permeability inversion from low-frequency seismoelectric logs in fluid- saturated porous formations. Geophys Prospect 61, 120-133.
 - 9- Holzhauer J, Brito D, Bordes C, and et al. (2016) Experimental quantification of the seismoelectric transfer function and its dependence on conductivity and saturation in loose sand. Geophys Prospect 65, 1097-1120.
 - 10- Hu, H. Guan, W. and Zhao, W. (2012) Theoretical studies of permeability inversion from seismoelectric logs (2012) Geophysical Research Abstract 14: EGU2012-6725-1 2012 EGU General Assembly 2012.
 - 11- Jardani, A. and Revil. A. (2015) Seismoelectric couplings in a poroelastic material containing two immiscible fluid phases. Geophys J Int 202 850-870.
 - 12- Li, K. and Williams. W. (2007) Determination of capillary pressure function from resistivity data. Transp Porous Media 67, 1-15.
 - 13- Ping, R. Wei, J-X., Di, B-R and et al. (2016) Experimental research on seismoelectric effects in sandstone. Appl Geophys 13, 425-436.
 - 14- Revil, A. and Jardani, A. (2010) Seismoelectric response of heavy oil reservoirs: theory and numerical modelling. Geophys J Int 180, 781-797.

Seismo Magnetic Moment Fractal Dimension for Characterizing Shajara Reservoirs of the Permo-Carboniferous Shajara Formation, Saudi Arabia

Khalid Elyas Mohamed Elameen Alkhidir
Department of Electrical Engineering

King Saud University – College of Engineering

(Received 3/3/2020G, Accepted for Publication 30/4/2020G)

Keywords: Shajara Reservoirs, Shajara Formation, Seismo magnetic moment fractal dimension, Capillary pressure fractal dimension

ABSTRACT: The quality and assessment of a reservoir can be documented in details by the application of seismo magnetic moment. This research aims to calculate fractal dimension from the relationship among seismo magnetic moment, maximum seismo magnetic moment and wetting phase saturation and to approve it by the fractal dimension derived from the relationship among capillary pressure and wetting phase saturation. Two equations for calculating the fractal dimensions have been employed. The first one describes the functional relationship between wetting phase saturation, seismo magnetic moment, maximum seismo magnetic moment and fractal dimension. The second equation implies to the wetting phase saturation as a function of capillary pressure and the fractal dimension. Two procedures for obtaining the fractal dimension have been utilized. The first procedure was done by plotting the logarithm of the ratio between seismo magnetic moment and maximum seismo magnetic moment versus logarithm wetting phase saturation. The slope of the first procedure = $3 - D_f$ (fractal dimension). The second procedure for obtaining the fractal dimension was determined by plotting the logarithm of capillary pressure versus the logarithm of wetting phase saturation. The slope of the second procedure = $D_f - 3$. On the basis of the obtained results of the fabricated stratigraphic column and the attained values of the fractal dimension, the sandstones of the Shajara reservoirs of the Shajara Formation were divided here into three units.

