

تحديد محتوى Sr و Ba و Ca و Fe و SO_4^{-2} في المياه المرافقة للنفط الخام السوري

الدكتور محمد معروف*

الدكتور سعد الدين خرفان**

محمد حسين أسعد***

(تاريخ الإيداع 4 / 10 / 2006. قُبل للنشر في 2007/2/11)

□ الملخص □

قمنا بتحديد محتوى بعض العناصر الكيميائية (Fe, Ca, Ba, Sr) وكذلك محتوى SO_4^{-2} داخل مياه البئر المرافقة للنفط الخام السوري وذلك في حقول شركة الفرات للنفط كما قمنا بدراسة ترسب هذه العناصر على هيئة كبريتاتها.

أعطت نتائج تحديد العناصر المذكورة أعلاه، باستخدام تقانة الامتصاص الذري محتويات كمية تفوق المستوى المسموح به وهذا ما أدى إلى سقوطها على هيئة رواسب الكبريتات: $CaSO_4$ - $FeSO_4$ - $BaSO_4$ - $SrSO_4$. وكان الخطأ المعياري النسبي المرتكب في تحديد تراكيز العناصر المذكورة أعلاه ضمن مجال خطأ التقانة المستخدمة.

الكلمات المفتاحية: امتصاص ذري، الرواسب الحرشفية، المياه المرافقة للنفط الخام، المطيافية الضوئية.

*أستاذ في قسم الكيمياء- كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية- سورية .

** أستاذ في كلية الهندسة البتروكيميائية - جامعة البعث - حمص - سورية .

*** طالب دراسات في قسم الكيمياء- كلية العلوم - جامعة تشرين- اللاذقية -سورية.

Determining the Content of Fe, Ba, Ca, Fe, and SO_4^{-2} in the Waters Associated with Syrian Crude Oil

Dr. Mohammad Maarouf*
Dr. Sad AL Den Krfan**
Mohammad Asad***

(Received 4 / 10 / 2006. Accepted 11/2/2007)

□ ABSTRACT □

We have determined the content of certain chemical elements (Sr, Ba, Ca, and Fe) and SO_4^{-2} content within well water accompanying the Syrian crude oil in the fields of Al-Furat Petroleum Company.

We have also studied the precipitation of these elements in the form of their sulfates. The results of determining the above mentioned elements using the atomic absorption technology gave quantitative contents which exceed the permitted level, leading to their falling as sulfate precipitates: CaSO_4 , FeSO_4 , BaSO_4 , SrSO_4 .

Relative standard deviation committed in determining the concentrations of the above mentioned elements was within the error range of the technology used.

Key Words: Atomic Absorption, Water associated crude oil, Spectrophotometry.

* Professor, Department of Chemistry, Faculty of Sciences, Tishreen University, Lattakia, Syria.

**Professor, Faculty of Petrochemistr, Baas University, Homs, Syria.

***Postgraduate Student, Department of Chemistry, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

تعاني صناعة النفط والغاز في سورية من مشكلة تشكل الرواسب التي تتوضع على الجدران الداخلية للأبواب والجدران الداخلية لمستودعات فصل النفط أو تخزينه. إذ يتعلق تشكل الرواسب بعوامل عدة ترتبط بتغيرات ضغط الوسط، ودرجة الحرارة، والتوازن الشاردي، وكذلك امتزاج المياه غير المتماثلة [3]، و PH الوسط، ويعود تشكل هذه التوضعات إلى عوامل فيزيائية، وأخرى كيميائية تظهر خلال مراحل فصل السوائل (النفط والماء المرافق)، التي تؤدي إلى خفض انحلالية الشوارد لدى وصولها إلى سطح الأرض، فتتبلور بذلك أملاح عديدة، مثل كبريتات الباريوم، وكبريتات السترونسيوم [5,4]، ونظراً لتشابه الخواص الكيميائية للكالسيوم والباريوم، والسترونسيوم، فإنها تترسب لتشكّل أملاح الكبريتات الصلبة [6]. تتراكم الكبريتات المتشكلة على هيئة رواسب داخل الأنابيب، والمعدات الموجودة فوق سطح الأرض. وتتعلق كمية الرواسب المتراكمة بمعدل الضخ، وزمن وصول الماء المرافق أو المنتج من الحوض إلى السطح، وكذلك بالبنية الجيولوجية للحوض، وطبيعة مياه الحقل.

درست ظاهرة تشكل الرواسب من قبل العديد من الباحثين، وذلك لما تسببه من خفض في فعالية عمل المعدات، نتيجة تراكم والتصاق الرواسب فيها. يؤدي توضع هذه الرواسب إلى تخفيض مسامية المنطقة الصخرية المحيطة بتقريب البئر [7]، وهذا ما يستدعي العمل على تنظيفها بين الفينة والأخرى، وهو عمل صعب، ويتطلب استخدام تقانات متطورة ومكلفة. وكذلك استخدمت طرائق كيميائية وفيزيائية عديدة للحيلولة دون تشكل هذه الرواسب، وبالتالي التقليل من الكلفة المادية المطلوبة.

تم اختيار مجموعة من الآبار المنتشرة في حقول الشركة السورية، وقمنا بفصل الماء المرافق للنفط الموجود داخل هذه الآبار، من أجل إجراء التحاليل الكمية اللازمة للعديد من العناصر المسببة لهذه الترسبات. استخدمنا جهاز الامتصاص الذري [8,2] من نوع (Spectra AA.220) لتحديد كل من Fe، Ca، و Ba، و Sr. كما استخدمنا جهاز التحليل الطيفي الضوئي [9] (DR/2000.Spectrophotometer) لتحديد محتوى شوارد الكبريتات، وهي الشاردة المرسبة لهذه العناصر.

هدف البحث:

يهدف هذا البحث إلى تحديد محتوى بعض العناصر، الموجودة في المياه المرافقة للنفط الخام داخل البئر، التي تشكل رواسب حرشفية داخل أنابيب الضخ، وذلك باستخدام تقانة الامتصاص الذري، وتقانة الطيف الضوئي الخاصة بتحديد محتوى شوارد الكبريتات داخل المياه المذكورة. وبناء على النتائج يمكننا التعرف على مدى إسهام هذه المياه في ظهور مثل هذه الترسبات، والاستفادة منها للتعرف على طبيعة المياه المضافة للضخ ودرجة خلوها من الشوارد المرسبة المذكورة أعلاه.

مواد وطرائق البحث:

استخدمنا طريقة المنحني القياسي لتحديد كل من العناصر المعدنية (Fe, Ca, Sr, Ba)، وذلك باستخدام سلسلة محاليل قياسية وأملاح عالية النقاوة، خاصة بجهاز الامتصاص الذري AAS، وباستخدام ماء ثنائي التقطر، قمنا

بتحديد شروط القياس باستخدام تقانة التذرية باللهب AAS لكل عنصر على حدة. ويوضح الجدول (1) شروط القياس المستخدمة لتحديد بعض العناصر المعدنية بالتقانة المذكورة.

الجدول (1): شروط القياس المستخدمة من أجل تحديد بعض العناصر المعدنية بتقانة التذرية باللهب.

العنصر المدروس	نوع المصباح	طول الموجة n.m	فتحة الشق n.m	شدة تيار المصباح m.A	الزمن التكاملي للإشارة sec	نوع اللهب	مقدار التدفق L/sec
Sr	HCL	460.7	0.7	10	0.5	أستلين-نيتروز	11/6.35
Ba	HCL	553.6	0.7	20	0.5	أستلين-نيتروز	11/6.35
Ca	HCL	422.7	0.7	10	0.5	أستلين-نيتروز	3.5/4.5
Fe	HCL	248.3	0.7	5	0.5	أستلين-هواء	10/2

Hollow Cathode Lamp = HCL

الأجهزة و الأدوات المستخدمة:

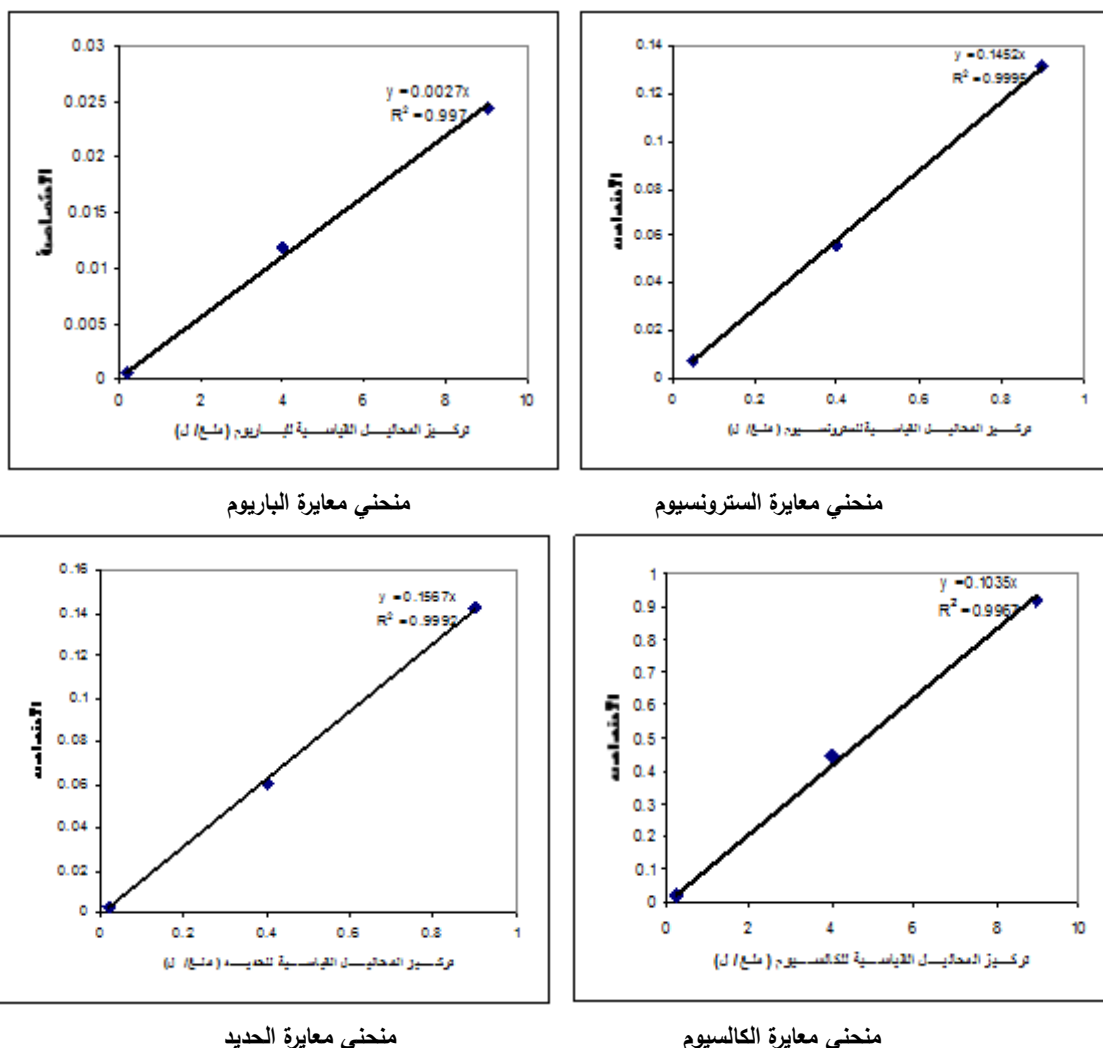
- 1- غاز الأستلين وغاز النتروز.
- 2- جهاز الامتصاص الذري Spectra AA.220
- 3- جهاز DR/2000.Spectrophotometer.
- 4- عبوات من بولي إيثيلين.

اختيار العينة المجهولة:

أخذت العينات المجهولة من مجموعة آبار نفطية منتشرة في حقول العمر، والمناطق الحقلية القريبة منه، ووضعت العينات داخل أوعية زجاجية، ومن ثم قمنا بترقيدها. فصل الطور الصافي منها، دون إضافة أية مادة مساعدة إليها، تحاشياً للتداخلات الكيميائية، التي قد تحصل عنها. وضعت الخلاصات الصافية لهذه العينات، في أوعية من البولي إيثيلين، معقمة ومحكمة الإغلاق، وتم حفظها في درجة حرارة حوالي (5) درجة مئوية.

النتائج والمناقشة:

تم إنشاء المنحنيات القياسية لكل من Ba، و Sr و Ca، ومن ثم Fe [الشكل (1)]، وذلك باستخدام طريقة أصغر المربعات للحصول على أفضل خط مستقيم، استطعنا من خلاله تقدير محتوى العنصر في العينة المجهولة ضمن حدود خطأ تتوافق وطريقة التحليل المستخدمة. كما تم عرض تركيز كل من العناصر المدروسة في المياه المرافقة لجميع الآبار التي خصتها دراستنا (الأشكال - 2، 3، 4، 5، 7).



الشكل (1): المنحنيات القياسية لنتائج تحديد العناصر المعدنية (Fe, Ca, Sr, Ba) بطريقة الامتصاص الذري.

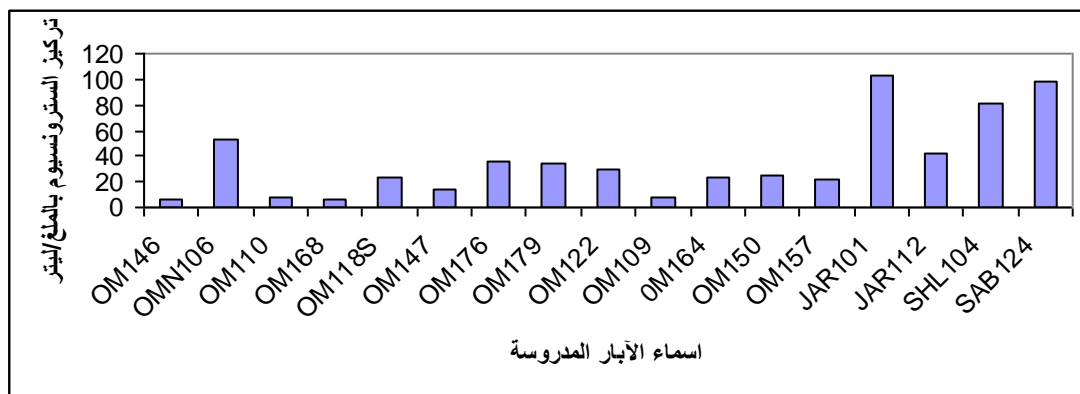
قمنا بعد ذلك بتحديد محتوى هذه العناصر في مجموعة من العينات، التي أخذت من آبار مختلفة، باستخدام تقانة التذرية بالهيب AAS، وتحت شروط مماثلة للشروط التي حدد بها محتوى هذه العناصر في العينات القياسية. يعرض [الجدول (2)] و [الشكل (2)] نتائج تحديد محتوى Sr في مجموعة من الآبار النفطية؛ فكان المحتوى متفاوتا من بئر إلى آخر بين 5.9 mg / l في بئر OM168، و 102.51 mg / l في بئر JAR101. كما أظهرت نتائج التحليل لعنصر السترونسيوم دقة عالية وصحة نتائج تتوافق مع تقانة الامتصاص الذري، حيث لم يتجاوز الخطأ المعياري النسبي في بئر OM109 2.30 % وهو في باقي العينات أقل من 1 % في باقي العينات [1].

الجدول(2): نتائج تحديد عنصر السترونسيوم في مجموعة من آبار النفط الخام السوري بطريق الامتصاص الذري، عند مستوى ثقة p

$$t_{p,f} = 4.303 \quad \text{و} \quad n = 3 \quad \text{و} \quad \alpha = 0.95$$

حد الثقة = $\bar{x} \pm (t_{p,f} \cdot s / \sqrt{n})$	الانحراف المعياري النسبي $(s' \times 100) / \bar{x}$	الانحراف المعياري الوسيط $s' = (s / \sqrt{n})$	الانحراف المعياري (s)	التركيز الوسطي لـ Sr (mg/l) \bar{x}	SAMPLE
6.13±0.27	1.04	0.06	0.11	6.13	OM146
52.9±0.65	0.28	0.15	0.26	52.9	OMN106
7.53±0.12	0.38	0.03	0.05	7.53	OM110
5.9±0.15	0.59	0.03	0.06	5.9	OM168
23.11±0.42	0.42	0.10	0.17	23.11	OM118S
14.48±0.60	0.96	0.14	0.24	14.48	OM147
36.36±0.92	0.59	0.21	0.37	36.36	OM176
33.83±0.62	0.43	0.14	0.25	33.83	OM179
30.32±0.25	0.19	0.06	0.10	30.32	OM122
7.75±0.77	2.30	0.18	0.31	7.75	OM109
23.69±0.30	0.30	0.07	0.12	23.69	OM164
25.63±1.07	0.97	0.25	0.43	25.63	OM150
22.41±0.12	0.13	0.03	0.05	22.41	OM157
102.51±2.00	0.45	0.46	0.80	102.51	JAR101
42.73±0.35	0.19	0.08	0.14	42.73	JAR112
80.78±0.87	0.25	0.20	0.35	80.78	SHL104
98.42±0.67	0.16	0.16	0.27	98.42	SAB124

يعود سبب التفاوت الكبير بين قيم التركيز للسترونسيوم وكذلك لكل العناصر المدروسة في مجموعة الآبار، إلى اختلاف الطبيعة الجيولوجية والبنوية للخران النفطي.



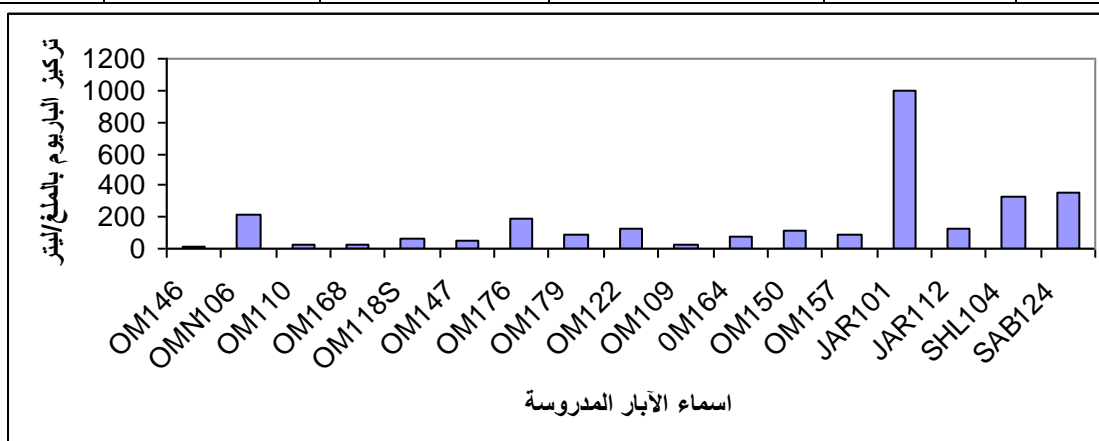
الشكل(2): مخطط محتوى السترونسيوم في مختلف الآبار المدروسة.

قمنا أيضا بتحديد محتوى الباريوم في العينات المدروسة - نفسها - وباستخدام تقانة التذرية باللهب - أيضا - وذلك وفق الشروط المدرجة في [الجدول (1)]. أظهرت نتائج تحديد الباريوم ارتفاعا في محتوى هذا العنصر داخل المياه المرافقة للبئر JAR101 [الشكل (3)]، وأن محتوى الباريوم هو الأكبر في جميع الآبار بالمقارنة مع عنصر السترونسيوم. لكن لم يتجاوز الخطأ المعياري النسبي المرتكب في تحديد عنصر الباريوم القيمة % 0.83 [الجدول (3)]

الجدول (3): نتائج تحديد محتوى الباريوم في مجموعة من آبار النفط السوري، بطريقة الامتصاص الذري

عند مستوى ثقة $p = 0.95$ و $n = 3$ و $t_{p,f} = 4.303$

حد الثقة = $\bar{x} \pm (t_{p,f} \cdot s / \sqrt{n})$	الانحراف المعياري النسبي $(s' \times 100) / \bar{x}$	الانحراف المعياري الواسطي $s' = (s / \sqrt{n})$	الانحراف المعياري (s)	التركيز الواسطي Ba ↓ (mg/l) \bar{x}	SAMPLE
14.1±0.27	0.45	0.06	0.11	14.1	OM146
211.28±0.62	0.07	0.14	0.25	211.28	OMN106
20.18±0.72	0.83	0.17	0.29	20.18	OM110
26.19±0.50	0.44	0.11	0.20	26.19	OM168
69.3±0.42	0.14	0.1	0.17	69.3	OM118S
52.86±0.47	0.21	0.11	0.19	52.86	OM147
188.38±0.72	0.09	0.17	0.29	188.38	OM176
86.26±0.57	0.15	0.13	0.23	86.26	OM179
123.33±0.89	0.17	0.21	0.36	123.33	OM122
25.99±0.32	0.29	0.07	0.13	25.99	OM109
74.7±1.17	0.36	0.27	0.47	74.7	OM164
108.17±0.65	0.14	0.15	0.26	108.17	OM150
94.41±0.84	0.21	0.20	0.34	94.41	OM157
995.6±0.84	0.02	0.20	0.34	995.6	JAR101
1201±0.67	0.13	0.16	0.27	120.1	JAR112
326.46±0.77	0.05	0.18	0.31	326.46	SHL104
351.73±1.02	0.07	0.24	0.41	351.73	SAB124



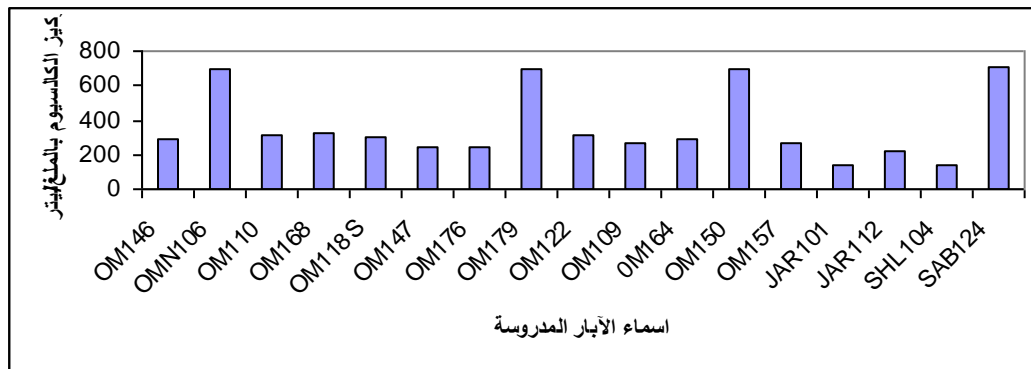
الشكل (3): مخطط محتوى الباريوم في مختلف الآبار المدروسة.

بينما انحصر محتوى الكالسيوم في المياه المرافقة للآبار نفسها بين 142.11 mg / l في المياه المرافقة للبئر JAR101 و 706.27 mg / l في المياه المرافقة للبئر SAB124 [الجدول (4)]، وهو المحتوى الأكبر من محتوى Ba و Sr. لم يتجاوز الخطأ المعياري النسبي لتحديد محتوى Ca القيمة . 015 % تبعا [للجدول(4)] في أغلب العينات.

الجدول (4): نتائج تحديد محتوى الكالسيوم في المياه المرافقة لمجموعة من الآبار النفطية السورية عند مستوى ثقة

$$t_{p,f} = 4.303 \quad \text{و} \quad n = 3 \quad \text{و} \quad p = 0.95$$

حد الثقة = $\bar{x} \pm (t_{p,f} \cdot s / \sqrt{n})$	الانحراف المعياري النسبي $(s' \times 100) / \bar{x}$	الانحراف المعياري الواسطي $s' = (s / \sqrt{n})$	الانحراف المعياري (s)	التركيز الواسطي لـ Ca (mg/l) \bar{x}	SAMPLE
286.51±1.09	0.09	0.25	0.44	286.51	OM146
700.18±0.55	0.02	0.13	0.22	700.18	OMN106
314.65±0.72	0.05	0.17	0.29	314.65	OM110
320.74±0.72	0.05	0.17	0.29	320.74	OM168
305.47±0.74	0.06	0.17	0.30	305.47	OM118S
246.11±0.47	0.04	0.11	0.19	246.11	OM147
245.93±0.65	0.06	0.15	0.26	245.93	OM176
699.97±0.45	0.01	0.10	0.18	699.97	OM179
308.48±0.77	0.06	0.18	0.31	308.48	OM122
263.21±0.62	0.05	0.14	0.25	263.21	OM109
291.76±1.89	0.15	0.44	0.76	291.76	OM164
695.16±1.02	0.03	0.24	0.41	695.16	OM150
270.62±1.12	0.1	0.26	0.45	270.62	OM157
142.11±0.92	0.15	0.21	0.37	142.11	JAR101
215.59±0.94	0.1	0.22	0.38	215.59	JAR112
144.5±0.72	0.12	0.17	0.29	144.5	SHL104
706.27±0.50	0.02	0.11	0.20	706.27	SAB124



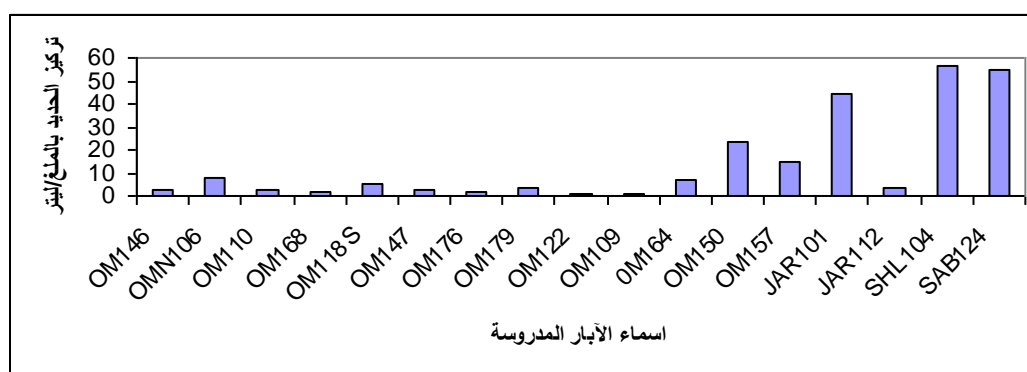
الشكل (4): مخطط محتوى الكالسيوم في مختلف الآبار المدروسة.

لم يبلغ محتوى الحديد في معظم المياه المرافقة للآبار ذاتها قيماً مرتفعة، إلا إذا ما قورنت نتائجه مع نتائج تحديد العناصر الثلاثة السابقة، وهو لم يتجاوز القيمة 56.41 mg / l في المياه المرافقة للبئر SHL104، [الجدول (5)] و [الشكل (5)] وكان الخطأ المعياري النسبي المرتكب في تحديده أصغر من 0.15 %، بالنسبة لجميع العينات ذات المنشأ المختلف.

الجدول (5): نتائج تحديد محتوى عنصر الحديد في المياه المرافقة لمجموعة من الآبار النفطية السورية عند

$$t_{p,f} = 4.303 \quad \text{و} \quad n = 3 \quad \text{و} \quad p = 0.95 \quad \text{مستوى ثقة}$$

حد الثقة = $\bar{x} \pm (t_{p,f} \cdot s / \sqrt{n})$	الانحراف المعياري النسبي $(s' \times 100) / \bar{x}$	الانحراف المعياري الوسطي $s' = (s / \sqrt{n})$	الانحراف المعياري (s)	التركيز الوسطي لـ Fe (mg/l) \bar{x}	SAMPLE
2.74±0.1	0.80	0.02	0.04	2.74	OM146
7.91±0.07	0.22	0.02	0.03	7.91	OMN106
2.23±0.02	0.26	0.005	0.01	2.23	OM110
1.86±0.07	0.93	0.02	0.03	1.86	OM168
5.24±0.10	0.44	0.02	0.04	5.24	OM118S
2.44±0.10	0.94	0.02	0.04	2.44	OM147
1.51±0.05	0.76	0.01	0.02	1.51	OM176
3.64±0.10	0.63	0.02	0.04	3.64	OM179
1.24±0.05	0.93	0.01	0.02	1.24	OM122
0.78±0.01	0.74	0.005	0.01	0.78	OM109
6.73±0.02	0.08	0.005	0.01	6.73	OM164
23.28±0.12	0.12	0.03	0.05	23.28	OM150
14.42±0.05	0.08	0.01	0.02	14.42	OM157
44.52±0.10	0.05	0.02	0.04	44.52	JAR101
3.54±0.05	0.33	0.01	0.02	3.54	JAR112
56.41±0.05	0.02	0.01	0.02	56.41	SHL104
54.43±0.22	0.10	0.05	0.09	54.43	SAB124

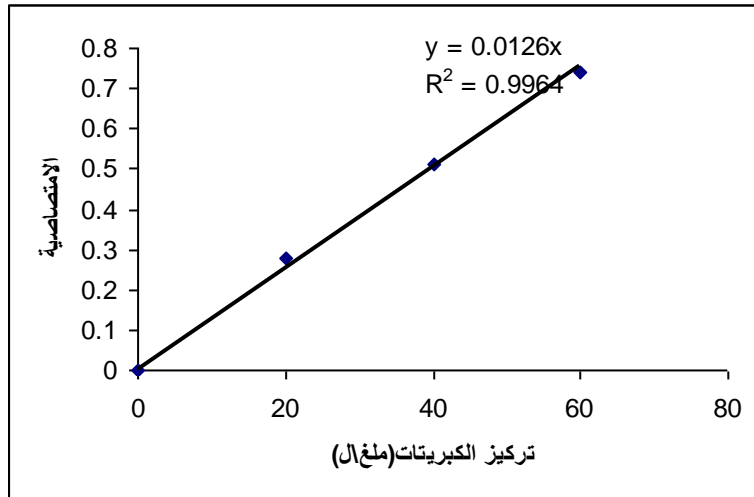


الشكل (5): مخطط محتوى الحديد في مختلف الآبار المدروسة.

تحديد محتوى SO_4^{-2} في المياه المرافقة للآبار النفطية السورية: تم تحديد محتوى شوارد الكبريتات SO_4^{-2} في المياه المرافقة للآبار النفطية السورية بالطريقة الضوئية، وباستخدام جهاز من النوع DR/2000

SPECTROPHOTOMETER، عند طول موجة 685 nm، حيث يكون الامتصاص أعظما، وفق الطريقة التالية:

تم تحضير ثلاثة محاليل قياسية لشاردة الكبريتات من مركب كبريتات النحاس، من أجل إنشاء المنحني القياسي، الذي نستطيع من خلاله تحديد محتوى شاردة الكبريتات داخل المياه المرافقة للنفط الخام السوري [الشكل (6)]. تم تحديد محتوى الكبريتات في مختلف الآبار النفطية السابقة [الجدول (6)] و [الشكل (7)]، بلغ محتوى الكبريتات قيمة دنيا 220.62 mg / l في مياه البئر OM157، وكانت أعلى قيمة لهذا المحتوى هي 475.88mg / l داخل البئر OM164.



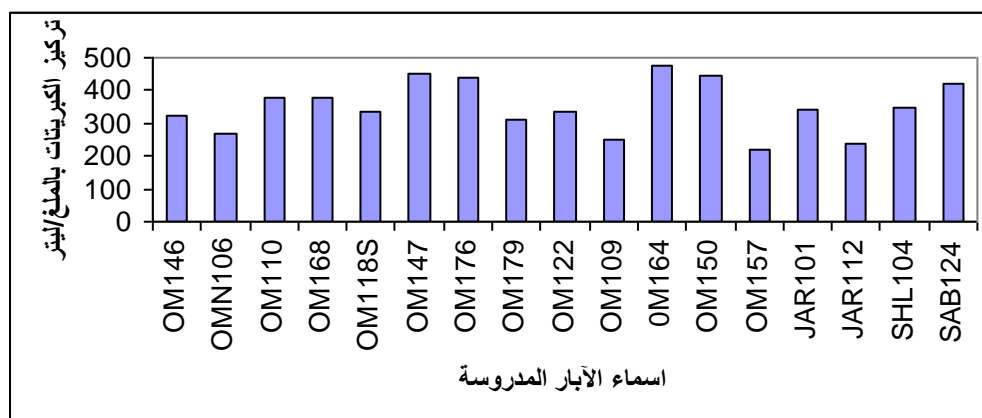
الشكل (6): منحني معايرة شوارد الكبريتات.

الجدول (7): نتائج تحديد شاردة الكبريتات في المياه المرافقة لآبار النفط الخام السوري عند

مستوى ثقة $p = 0.95$ و $n = 3$ و $t_{p,f} = 4.303$

حد الثقة = $\bar{x} \pm (t_{p,f} \cdot s / \sqrt{n})$	الانحراف المعياري النسبي $(s' \times 100) / \bar{x}$	الانحراف المعياري الوسيطي $s' = (s / \sqrt{n})$	الانحراف المعياري (s)	التركيز الوسيط للكبريتات (mg/l) \bar{x}	SAMPLE
324.4±1.89	0.13	0.44	0.76	324.4	OM146
266.96±3.58	0.31	0.83	1.44	266.96	OMN106
375.54±1.14	0.07	0.27	0.46	375.54	OM110
376.09±2.66	0.16	0.62	1.07	376.09	OM168
337.1±4.05	0.28	0.94	1.63	337.1	OM118S
450.74±1.60	0.08	0.37	0.64	450.74	OM147
437.82±1.74	0.09	0.4	0.7	437.82	OM176
311.09±2.66	0.2	0.62	1.07	311.09	OM179
335.07±1.74	0.12	0.4	0.7	335.07	OM122
252.36±3.43	0.32	0.8	1.38	252.36	OM109
475.88±3.28	0.16	0.76	1.32	475.88	OM164
443.79±3.15	0.16	0.73	1.27	443.79	OM150
220.62±3.40	0.36	0.79	1.37	220.62	OM157

340.56±1.19	0.08	0.28	0.48	340.56	JAR101
235.09±2.53	0.25	0.59	1.02	235.09	JAR112
345.45±2.73	0.17	0.63	1.1	345.45	SHL104
422.73±1.37	0.07	0.32	0.55	422.73	SAB124



الشكل (7): مخطط محتوى شوارد الكبريتات في مختلف الآبار المدروسة.

الاستنتاجات:

1. يلاحظ أن محتوى الكالسيوم في معظم الآبار، هو المحتوى الأعلى من محتوى بقية العناصر التي هي مجال اهتمامنا. إذ يكون جداء انحلالية كبريتات الكالسيوم قيمة أكبر من جداء انحلال كبريتات كل من الباريوم، والسترونسيوم، والحديد [10].
 2. يدل محتوى الحديد المنخفض في أغلب الآبار على ترسب الحديد جزئياً في هيئة هيدروكسيد الحديد، أو فوسفات الحديد، وهي رواسب ذات انحلالية منخفضة جداً.
 3. تدل نتائج التحليل على محتويات مرتفعة نسبياً، وهي كافية لتشكيل رواسب تراكمية داخل أنابيب نقل النفط.
 4. لم يتجاوز الخطأ المعياري النسبي في تحديد أي من العناصر المدروسة المقدار % 2.29، مما يدل على وثوقية جيدة لنتائج التحليل.
- ينصح بإضافة مواد تمنع تشكل مثل هذه الرواسب داخل خطوط الإنتاج المتصلة بآبار النفط السورية المدروسة إذ إن أهم هذه المواد هي:

ومن هذه المركبات: الفوسفانات ومتعدد كربواكرالات واستر الفوسفات (Phosphate Ester) المدروسة، وأن تخضع هذه الآبار لمراقبة تحليلية دورية.

المراجع:

1. الخيمي، انصلاح؛ شيخ حسين، عبد المجيد- *الكيمياء التحليلية الكتاب الأول*، المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر، دمشق، 1996، 13-53.
2. الخيمي، انصلاح؛ شيخ حسين، عبد المجيد- *الكيمياء التحليلية الكتاب الثالث*، المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر، دمشق، 1996، 686-288.
3. DARIO, M. F- *Inhibition of Oilfield Scale*. Shell International Exploration and Production, Holland,, 1999,P. 5-40.
4. TODD, A.C; YUAN, M.D; HERIOT-WATT, U, -*Barium and Strontium Sulfate Solid-Solution Scale Formation at Elevated Temperatures*, SPE Production Engineering, February, USA, 1992, p. 85 – 92.
5. VETTER,O,J-*Oilfield---Can We Handle It?*, Journal of Petroleum Technology USA, December, 1976, p.1402-1408.
6. BOAK, L, S; Al-MAHROUQI, H; MACKAY, E,J ; INCHES,C,E ; SORBIE,K,S; HERIOT-WATT,U; BEZERRA,M,C,M; MOTA, R, O- *What Level of Sulphate Reduction is Required to Eliminate the Need for Scale Inhibitor Squeezing?*. SPE International Symposium on Oilfield Scale, UK, 2005.
7. ALIAGA, D,A; WU, GANG, SHARMA; MUKUL, M; Lake; LARRY, W- *Barium and Strontium Sulfate Precipitation and Migration Inside Sandpacks*, SPE Formation Evaluation,, 1992, p. 79-86.
8. MARY ANN, H-*Standard Methods*, American Public Health Association, USA.
9. ISHIKAWA,CHO,1987 -*DR2000 Spectrophotometer Handbook*, Japan Spectroscopic, Japan,1992.
10. DANIEL, C; HARRIS - *Quantitative Chemical Analysis*, USA, 2000, P. AP13.