حساب معامل الانكسار للنفوط المكمنية للتنبؤ بالضغوط المكمنية التي يحدث عندها ترسب الاسفلتينات

علياء كامل الهيد، سلمى محمد رضا

مركز البحث والتطوير النفطي

Corresponding Author E-mail: a_k_alhead@yahoo.com

Abstract:

The aim of this study is to determine the deposition of the asphalt that occurs during the oil production process at reservoir pressures. Finding the two refractive index one for crude oil (STO) and the second for live oil using models and mathematical equations and using the results of physical tests of reservoir oil (PVT).

Asphalt is a part of heavy sections in crude oil and can be polarized during production process. Asphalt is defined based on its solubility in solvents or can be defined at which dissolve in aromatic solvents and do not dissolve in paraffin solvents or is a function of the solubility of asphalt in crude oil.

Most of the world's oil fields suffer from the problem of deposition of asphalt that accompanies the process of production of crude oil in all stage from the area near the opening of the well, tubing pipe, surface equipment, transport pipes, and even reservoirs, causing many problems such as damage to the oil reservoir .In addition it case blockages in production pipes, conveyor lines and equipment. Many companies in the world have studied this problem through many methods and models to understand the conditions of deposition of asphalt and its causes to find appropriate solutions. The most important reasons for the deposition of asphalt are the changes in the pressure and temperature and components of crude oil during the production process and electrostatic shear stresses.

The northern region (Kirkuk, Khabaz, Jambur) suffers from the problem of asphalt deposition, which causes, blockage in the pipes and production equipment where they are treated by cleaning the clogged parts with solvents and mechanical processes, and this requires efforts, time and cases losses in production. The aim of this paper is to identify the problem, and find solutions for it, and appropriate treatment methods, methods of predicting the problem, and avoiding or hindering it.

In determining the reservoir pressures at which the deposition of the asphalt in the oil production process occurs with the refractive index of the crude oil, the problem can be

solved and the optimal solution of the deposition can be achieved by using several solvents to dissolve the asphalt deposits of the wells. Toluene is a substance that can be used with its own safety measures (toluene is a volatile light substance).

It is also preferred to use the technique of coiled tube, in the absence of toluene it is possible to use kerosene reformate white elite.

الخـــلاصـــة:

الهدف من هذه الدراسة هو تحديد مديات الضغوط المكمنية التي يحدث فيها ترسب للاسفلتينات ومكان حدوثها وذلك من خلال ايجاد معامل الانكسار للنفط الخام والنفط الحي باستخدام نتائج الفحوصات الفيزياوية للنفط المكمني PVT و موديلات ومعادلات رياضية خاصة وايجاد الحلول المناسبة لمشكلة الترسب.

تعاني ابارحقول المنطقة الشمالية (كركوك, خباز , جمبور) من مشكلة ترسب الاسفلتينات مما يسبب مشاكل عديدة منها انسدادات في انابيب و معدات الانتاج حيث تعالج الانسدادات بالتنظيف باستخدام والوسائل الميكانيكية وما يتطلب ذلك من جهد و وقت و خسارة في الانتاج.

تم اخذ نماذج من النفط الخام من رأس البئر ونماذج من الترسبات و اجريت الفحوصات و التجارب عليها و استخدم احد الموديلات الرياضية الخاص بقياسات معامل الانكسار، وكذلك معادلات خاصة للوصول الى ظروف ترسب الاسفلتينات، كما تم اجراء تجارب عديدة على ترسبات الاسفلتينات الصلبة و معالجتها بمذيبات عضوية كثيرة و الوصول الى افضل مذيب.

تم تحديد مديات الضغوط المكمنية لانتاج النفط الخام التي عندها يحدث ترسب الاسفلتينات ومكان حدوثها حيث ان احتمالات حدوثها عديدة, فقد تحدث في الطبقة المكمنية او انبوب الانتاج او معدات رأس البئر او المعدات السطحية بل حتى الخزانات وحسب ظروف النفط الخام المنتج وذلك من خلال ايجاد معامل الانكسار للنفط الخام والنفط الحي باستخدام موديلات ومعادلات رياضية وبالاعتماد على تسحيح النفط الخام الميت مع مذيبات كالبنتان او النورمال هبتان في الظروف الاعتيادية ومراقبة تجمع الاسفلتينات تحت المجهروتحديد قابلية الاذابة و بدأ الترسب في النفط الخام حيث يمكن تحديدها من خلال قياس معامل الانكسارعند درجة حرارة 20C° للنفط الخام ولنماذج من خليط من النفط الخام وأحد المذيبات بنسب مختلفة وعندها يمكن قياس معامل الانكسار الذي يحدث فيه ترسب للاسفلتينات ويسمى (FRI) وهو دالة معامل الأذابة (δ)، و من خلال علاقات تجريبية تم ايجاد مديات الضغط التي يحدث فيها الترسب وايجاد افضل مذيب وهو التولوين شرط أتخاذ أجراءات السلامة الخاصة به (يعتبر التولوين من المواد الخفيفة المتطايرة). كما يفضل استخدام تقنية الانابيب الملفوفة وفي حالة عدم توفر مادة التولوين فمن الممكن استخدام مادة الكيروسين او الريفورميت أو الصفوة البيضاء.

1- المقدمـــــــة

تعتبر الاسفلتينات من المقاطع الثقيلة في النفط الخام و القابلة للاستقطاب ويتم تعريفها بالاعتماد على قابلية الذوبان في المذيبات، لذلك من الممكن تعريفها بانها تلك المواد التي تذوب في المذيبات الاروماتية (الحلقية) و لاتذوب في المذيبات البرافينية [1].

تعاني أغلب حقول العالم من مشكلة ترسب الاسفلتينات التي تصاحب عملية انتاج النفط الخام بجميع مفاصلها بدءاً من المنطقة القريبة من فتحة البئر, انبوب الانتاج، المعدات السطحية، انابيب النقل، و حتى الخزانات مما يسبب مشاكل عديدة فيها كأضرار المنطقة المكمنية الحاوية للنفط الخام و انسدادات في انابيب الانتاج و الخطوط الناقلة و المعدات. وقد قامت شركات عديدة في العالم بدراسة المشكلة من جميع جوانبها من خلال استخدام طرق و موديلات عديدة لفهم ظروف ترسيب الاسفلتينات و اسبابها و ايجاد الحلول المناسبة لها.

ان من اهم اسباب ترسب الاسفلتينات هو التغيرات التي تطرأ على الضغط و الحرارة ومكونات النفط الخام خلال عملية الانتاج واجهادات القص، الكهربائية الاستاتيكية.

تعاني ابارحقول المنطقة الشمالية (كركوك، خباز، جمبور) من مشكلة ترسب الاسفلتينات مما يسبب مشاكل عديدة منها انسدادات في انابيب و معدات الانتاج حيث تعالج بتنظيف الاجزاء المسدودة بأستخدام المذيبات و الوسائل الميكانيكية وما يتطلب ذلك من جهد و وقت و خسارة في الانتاج نتيجة لغلق الابار. في هذه الدراسة تم تحديد المشكلة و اسبابها و طرق المعالجة المناسبة و طرق التنبؤ بالمشكلة و تفادي حدوثها أو تثبيطها. وقد تم اخذ نماذج من النفط الخام من رأس البئر ونماذج من الترسبات و اجراء الفحوصات و التجارب عليها و أستخدم احد الموديلات الرياضية الخاصة بقياسات معامل الانكسار. وكذلك معادلات خاصة للوصول الى ظروف ترسب الاسفلتينات. كما تم اجراء تجارب عديدة على ترسبات الاسفلتينات الصلبة و معالجتها بمذيبات عضوية كثيرة و الوصول الى افضل مذيب.

2 - المســـــح العلمـــــي

من المعروف ان النفط الخام يحتوي على مركبات هيدروكاربونية، وغير هيدروكاربونية عديدة تبدأ من اصغر وزن جزيئي هو (الميثان) وصولاً الى اوزان جزيئية عالية جداً، بصورة عامة يمكن تصنيف مكونات النفط الخام الرئيسية الى:

المركبات المشبعة والمركبات الاروماتية (الحلقية) والراتنجات والاسفلتينات [1] التي هي عبارة عن مركبات عضوية متعددة الحلقات وعالية الوزن الجزيئي والقطبية مع احتوائها على النتروجين والاوكسجين والكبريت ضمن تركيبها. ويعتبر الاسفلتين المحتوى الثقيل للنفط الخام وله دور كبير في تحديد مواصفاته كاللون الغامق واللزوجة والكثافة وغيرها .ويمكن تعريف الاسفلتينات بصورة عامة على انها مقطع النفط الخام (او المصادر الكاربونية الاخرى كالفحم) التي لاتذوب في مذيبات الالكانات المستقيمة (nC_5- nC_8) ولكنها تذوب في البنزين او التلوين.

الراتنجات ودورها في استقرارية النفط الخام:

ان الاوزان الجزيئية للراتنجات هي اقل بكثير من الاسفلتينات وتوجد علاقة مابين التراكيب الجزيئية للاسفلتينات والراتنجات. وتوجد نظرية مفادها ان تأكسد الراتنجات هو باذرة لتكون الاسفلتين في الطبقة، ان تراكيب الراتنجات والاسفلتينات تختلف باختلاف نوعية النفط الخام، وإن الخواص الفيزياوية والفزيوكيميائية للراتنجات تختلف عن الاسفلتينات، والراتنجات النفطية هي العامل الاساس قي بقاء الاسفلتينات متشتتة في النفط، وعند تواجد الراتنجات بتركيز كافٍ فأنه يمنع من تفكك الاسفلتينات الذاتي ويؤخر ترسبها. تذوب الراتنجات كلياً في المقاطع الخفيفة للنفط مع وجود الاسفلتينات التي لاتذوب في تلك المقاطع وبالنتيجة ستؤدي الى ترسب الاسفلتينات في النفط الخام، اي ان للراتنجات دور مهم في استقرارية النفط الخام حيث انه في ظروف المكمن الاعتيادية يكون توازن ثرموديناميكي بين الاسفلتين والراتنجات ولكن هذا التوازن يتأثر بتغير الضغط و الحرارة والدالة الحامضية (PH) وتركيز الراتنجات في النفط الخام.

إن نسبة الراتنجات الى الاسفلتين تعتبر مقياس مهم لاستقرارية النفط الخام [2]، وقد تم وضع علاقة تجريبية تحدد استقراية النفط الخام لترسب الاسفلتين عن طريق معامل الاستقرارية Colloidal Instability Index (CII) اي ان:

$$CII = \frac{\text{Saturates \%} + \text{Asphaltenes \%}}{\text{Resins \%} + \text{Aromatics \%}}$$

فإذا كان المعامل اقل من 0.7 فأن النفط مستقر و إذا كان المعامل اكثرمن 0.9 فأن النفط غير مستقر، يُعزى ترسب الاسفلتينات الى عوامل عديدة وهي:

نوعية النفط الخام - تأثير الضغط - تأثير الحرارة - اجهادات القص - تأثيرات الكهربائية الاستاتيكي - المستحلبات - تأثير قاطع الماء.

مشاكل ترسب الاسفلتينات: انسداد في مسامات صخور الطبقة المنتجة، انسدادات في المضخات الغاطسة، حدوث استحلابات من نوع ماء داخل النفط مؤدياً الى ارتفاع لزوجة النفط الخام وهي غير مرغوبة، انسدادات في صمامات الامان واعاقة عملها و قد تتلف معدات الـ wire – line، مشاكل في وحدات تصفية النفط الخام و منظومات خلط النفوط الخام بالاضافة الى خسائر اقتصادية بسبب الكلف العالية في عمليات ازالة و تنظيف الترسبات الحاصلة في المعدات الانتاجية المختلفة اضافة الى احتمال توقف الانتاج لفترة طويلة بسبب ذلك.[3]

يتم عادةً تمثيل ترسب الاسفلتينات بظروف المكمن مع اختيار حرارات وضغوط مختلفة لغرض فهم آلية ترسب الاسفلتينات وهنالك موديلات عديدة لتمثيل العملية اعتمادا على فرضيات مختلفة ومنها :

موديلات الاذابة - موديلات المواد الصلبة - موديلات المواد الرغوية - موديل الترسب من خلال قياس معامل الانكسار.[4]

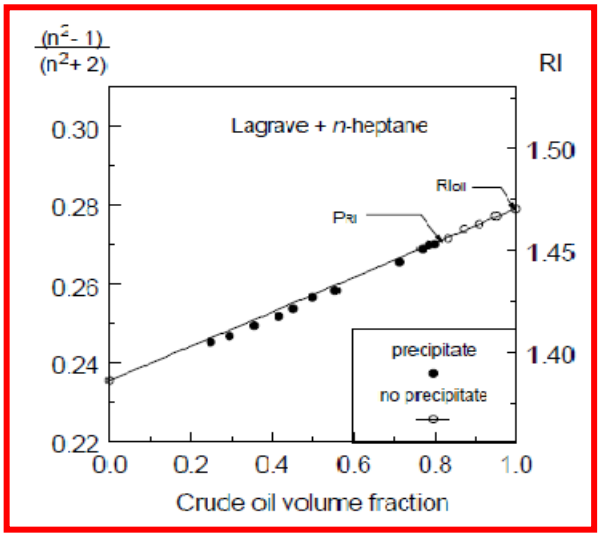
موديل الترسب من خلال قياس معامل الانكسار:

إن هذه الطريقة تعتمد على تسحيح النفط الخام الميت السطحي مع مذيبات كالبنتان او النورمال هبتان في الظروف الاعتيادية ومراقبة تجمع الاسفلتينات تحت المجهر. ان ظروف قابلية الاذابة و بدأ الترسب في النفط الخام يمكن تحديدها من خلال قياس معامل الانكسار عند درجة حرارة $20C^{\circ}$ للنفط الخام ولنماذج من خليط من النفط الخام واحد المذيبات بنسب مختلفة وعندها يمكن قياس معامل الانكسار الذي يحدث فيه ترسب للاسفلتينات ويسمى (F_{RI}) وهو دالة على معامل الأذابة (δ) من خلال علاقات تجريبية، وبالاستعانة بالاشكال (1، 2، 3) يمكن ايجاد مديات الضغط التي يحدث فيها الترسب.[5]

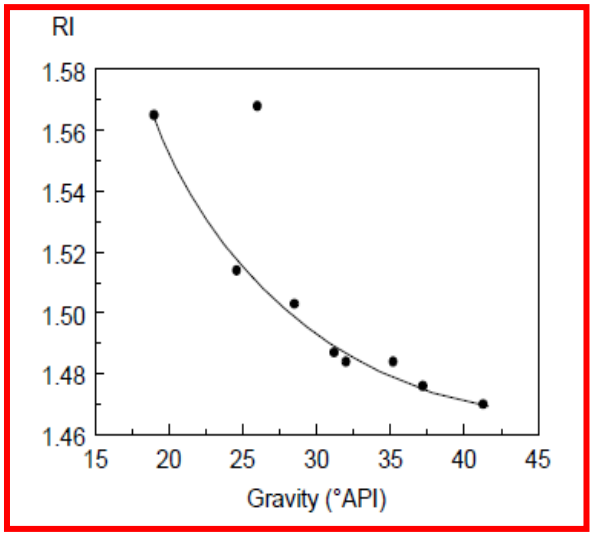
من خلال نظام المراقبة والتنبؤ ترسب الأسفلتين في أنبوب الانتاج عن طريق اانشاء أنظمة مراقبة وتنبؤ بمشكلة ترسب الأسفلت وأحد هذه الطرق نصب مقياس ضغط رقمي يعمل بالبطارية على رأس البئر قبل الخانق مع محولة حساسة تنقل الاشارة الى المسجل التي يتم من خلاله تسجيل الظروف والمعطيات المهمة كالحرارة والضغط والفولتية ....الخ.[6]

ويتم نقل المعلومات الى جهاز حاسوب لغرض تحليلها ببرامجيات خاصة بالمشكلة .كما يحتاج النظام الى اجراء عدة فحوصات منها فحص مسامية نماذج لباب الصخور للابار وفحوصات فيزياوية للنفوط المكمنية ومعدلات الانتاج ...الخ. [7].

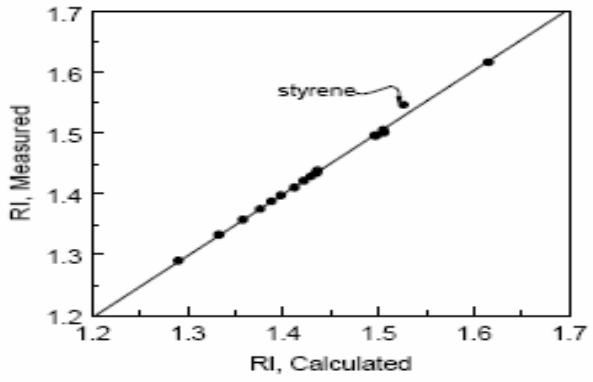
إن طرق معالجة ترسب الاسفلتين هي المعالجة الكيمياوية [7]، الطرق الميكانيكية [8] و المعالجة بالموائع المغناطيسية [9].



شكل (1) قياس معامل الانكسار في المذيبات



شكل (2) علاقة معامل انكسار النفط الخام مع (API)



شكل (3) معامل الانكسار المحسوب يساوي المقاس

2- العمـــل المختبـــري:

تم انجاز هذه الدراسة على نماذج نفوط خام سطحية لآبار الحقول الشمالية التالية:

- حقل جمبور/ بئر جمبور 54 تكوين الثلاثي.
- حقل خباز/ بئرخباز 20 تكوين الثلاثي، بئرخباز31 تكوين مودود قمجوقة العليا، وبئر خباز 14 تكوين قمجوقة السفلى.
- حقل كركوك / بئر كركوك 357 تكوين شرانش، بئر كركوك 252 تكوين كومتيان.

حيث تم استخدام نماذج نفط خام من:

- نموذج نفط خام من رأس البئر.
- نموذج المادة الصلبة المترسبة من النفط الخام من نفس البئر.

أعتمد موديل التنبؤ بترسب الاسفلتين من خلال قياس معامل الانكسار وبأستخدام نتائج تقاريرالصادرة من مختبرات شركات القطاع النفطي للفحوصات الفيزياوية للنفط المكمني والمبينة في الجدول (1) ادناه:

Table (1) PVT Data

Feild	Well No.	Formation	Bottom Hole Temp. °C	Bottom Hole Pressure (Psig)	Sampling Depth (mRTKB)	Saturation Pressure (Psig)
Jambur	Ja-54	Tertirary	154	2377	1972.5	2945
Khabaz	Kz-20	Tertirary	170	3023	2261	2860
	Kz-31	Maudud (U. Qamchuqa	170	3823	2967	3815
	Kz-14	QamchuqaShuaiba	100.55	3957	3079.9	3700
kirkuk	K-357	Shiranish	46	1318	1114	1120
	K-252	Kometan	49	1412	1166	1370

والجدول (2) يبين المعلومات الخاصة بالنفوط الخام التي قيست في مختبرات مركز البحث والتطوير النفطي ومن التقارير الصادرة من مختبرات شركات القطاع النفطي.

Table (2) Crude Oil Information

Field	Well No.	API	Sp. Gravity	Asphaltene Content (Wt%)	Water Content %	Salt Content %	Ash %	Pour Point ^{0}C	Viscosity @ 80 ^{o}F Cst
Jambur	Ja-54	35.62	0.8467	1.18897	Nil	Nil	Nil	-3	7.4017
Khabaz	Kz-20	36.18	0.8439	3.32	Nil	Nil	Nil	-	3.1345
	Kz-31	27.85	0.888	2.95	0.05	0.0082	0.0337	-18	17.9257
	Kz-14	35.23	0.8487	3	Nil	0.006	Nil	-11	9.1403
kiarkuk	K-357	29.02	0.8815	3.35	Nil	Nil	Nil	-27	16.5091
	K-252	29.92	0.8766	1.82	Nil	-	-	-	15.5322

- **استقرارية الاسفلتينات:**

إن استقرارية الاسفلتينات تعتمد على الضغط ومكونات النفط الخام، حيث تصنف مركبات النفط الخام الى:
المركبات المشبعة (Saturates)، المركبات الاروماتية (Aromatics)، الراتنجات (Resins)، الاسفلتينات (Asphaltenes).
ولتحديد استقرارية النفط اتجاه ترسب الاسفلتينات نحسب معامل اللااستقرارية الرغوية للنفط الخام من خلال فحص (SARA Saturates, Asphltenes, Resins, Aromatics) ومن نتائج جهاز (FTIR) التي اجريت مختبريا والمبينة في الجدول (3) وتطبيق المعادلة:

$$CII = \frac{Saturation\% + Asphltenes\%}{Reisisins + Aromatics}$$

وبما ان المعاملات (CII) أكبر من 0.9 لذا فأن النفوط تعتبر غير مستقرة.

Table (3) Test Stability of Crude Oil and SARA Test

Field	Well No.	API	Asphalten %	Saturation %	Resins %	Aromatics %	CII	Stability of Crude Oil
Jambur	Ja-54	35.62	1.97	72	24.03	3.97	0.9	(Unstable)
Khabaz	Kz-20	36.18	3.32	65.35	29.03	5.62	1.98	(Unstable)
	Kz-31	27.85	2.95	66.5	25.55	7.95	2.07	(Unstable)
	Kz-14	35.23	3	63.02	27.81	9.17	1.79	(Unstable)
kiarkuk	K-357	29.02	3.35	62.4	28.34	9.26	1.75	(Unstable)
	K-252	29.92	1.82	49.72	19.46	30.82	1.03	(Unstable)

- **قياس معامل الانكسار للنفط الخام المعامل بالمذيبات:**

تم أستخدام المذيب (n-heptane) لازالة نماذج النفوط الخام بنسب وزنية معينة لغرض مراقبة وقياس كل من: Specific Gravity - API و بداية ترسب الاسفلتين مع نسبة المزج مع المذيب التي يحدث فيها الترسب، ومن ثم وضع النفط الخام المعامل بمذيب ($n\text{-}C_7$) على الخلاط المغناطيسي (Magnetic stirrer) ولمدة (48) ساعة واجري له الفحص المجهري لمراقبة بداية ترسب الاسفلتين بأستخدام ميكرسكوب قوة تكبيره (X320) وقياس النسب الوزنية التي حدث فيها الترسب والمبينة في الجدول (4).

- **حساب معامل انكسار (RI) النفط المكمنى بألاعتماد على نتائج الفحوصات الفيزياوية للنفوط المكمنية:**

حسب الموديل المستخدم في هذه الدراسة للعالم J.S. Buckley نجد كل من:

* معامل الانكسار المحسوب يساوي المقاس وكما موضح في شكل (3).
* فحوصات النفط الخام (API).
* ايجاد قيم RI (**Refraction**) للنفط الخام بأستخدام شكل رقم (2) و قيم فحوصات النفط الخام (API).
* ومن شكل رقم (3) تحسب قيمة دالة معامل الانكسار (FRI – Function of Refraction Index) (F_{RI}) (RI) وكما مبينة في الجدول (4).

- **حساب معامل الانكسار للنفط المكمنى عند (P_{RI}) RI of Live Crude Oil Upon Pressure Depletion:**

ان معامل الانكسار (RI) هو دالة مكونات الغاز والكثافة, وتحسب من معادلتي Lorentz or Clausius – Lorenz Mossotti ويعامل النفط المكمني كخليط الى نفط وغاز العازلة (Gas Separator STO - Stock Tank Oil)

ويمكن حساب معامل انكسار النفط المكمني خلال (Pressure Depletion) ومن القيم التالية :-
معامل انكسار النفط الخام (الميت السطحي) والكسر المولي للغاز المتحرر (Mol %) ومعامل التكوين الحجمي للنفط (Bo) ونسب الغاز الذائب (Rs) وبالاعتماد على نتائج الفحوصات الفيزياوية للنفوط المكمنية (PVT Data) ومن التقارير الصادرة من مختبرات شركات القطاع النفطي:

ومن نتائج تجربة العزل التفاضلي (Differential Liberation) وبتطبيق المعادلة التالية [4]:-

$$\left[(RI)_{(p)} = \frac{1}{B_o}\left(\frac{n^2-1}{n^2+2}\right) + 7.52X10^{-6}\,\frac{R_s}{B_o}\,\frac{1}{C^o_{gas}}\left(\frac{n^{2-1}}{n^{2+2}}\right)^o_{gas}\right] \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 1$$

- 7.52×10^{-6} هو معامل تحويل وحدة نسبة الغاز الذائبة (Rs) من (Scf / bbl) الى $Moles / cm^3$.
- حساب الكسر المولي لمكونات الغاز Molar Refraction of Components of Gas من :

$$\frac{1}{C^o_{gas}}\left(\frac{n^{2-1}}{n^{2+2}}\right)^o_{gas} = R_{gas} = \sum xiRi \ldots\ldots\ldots 2$$

حيث :

Xi = Mole Fraction of Component i.... (From Differential Gas Liberation) الكسر المولي لمكونات الغاز
Ri = Molar Refraction of Component I

(المقاسة في تقارير الفحوصات الفيزياوية للنفوط المكمنية الصادرة من مختبرات شركات القطاع النفطي PVT)

$$Ri = \frac{n^2-1}{n^2-2}\left(\frac{m}{\rho}\right) \ldots\ldots\ldots\ldots 3$$

Where: m = molecular weight and ρ = density or specific mass

من خلال المعادلة (1) يتم حساب معامل الانكسار للنفط المكمني (RI_P) و بعد قياس قيم RI للنفط الخام (الميت السطحي) باستخدام المذيب (n-heptane) و بنسب وزنية مع النفط الخام و تحديد النسبة التي يحدث عندها الترسيب مختبريا، تُسقط هذه القيمة على الرسم البياني بين الضغط (Pressure Psia) وقيم RI (Live Oil) للنفط المكمني، حيث تبين الجداول (19- 8) والاشكال (4 - 20) نتائج منطقة الضغوط المكمنية التي يحدث فيها ترسب الاسفلتين خلال (Pressure Depletion)، ويبين الجدول (4) ملخص معاملات الانكسار للنفوط المستخدمة ويبين الجدول (5) ملخصاً لمنطقة الضغوط التي يحدث فيها ترسب الاسفلتين للنفوط المستخدمة.

Table (4) Refraction Index (RI) at Deposition and Values for Dead Crude Oil

Field / Well No.	Dead Crude Oil		n C7			At Deposition	
	RI	Function of Refraction Index (RI)	RI	Function of Refraction Index (RI)	Asphalt Deposition Rate by Dissolved n - C_7	RI	Function of Refraction Index (RI)
Jambur /Ja54	1.48232	0.24692	1.3878	0.2359	15%	1.4019	0.2434
Khabaz / Kz20	1.48	0.2841	1.3878	0.2359	25%	1.41	0.2478
Khabaz /Kz 31	1.5134	0.2459	1.3878	0.2359	15%	1.4066	0.2459
Khabaz /Kz 14	1.48388	0.28604	1.3878	0.2359	20%	1.4062	0.24572
Kirkuk /K 357	1.4975	0.29287	1.3878	0.2359	10%	1.39852	0.24163
Kirkuk / K 252	1.495	0.2916	1.3878	0.2359	8%	1.3936	0.2390

Table (5) Refraction Index (RI) for Live and Dead Oil

Extent of Deposition Pressure (Psia)	Reservoir Pressure (Psia)	Refractive Index for Live Oil	Refractive Index for Dead Oil	Stability of Crude Oil	Field / Well No.
2370-200	2377	0.9374	1.48323	2.64 (Unstable)	Jambur /Ja54
3180-75	3223	1.0423	1.4800	1.98(Unstable)	Khabaz / Kz20
3815-150	3823	0.7255	1.5134	1.79(Unstable)	Khabaz /Kz 14
4578-250	3957	0.699	1.4839	2.07(Unstable)	Khabaz /Kz 31
1220-55	1318	1.2789	1.4975	1.75(Unstable)	Kirkuk /K 357
1412-45		1.2430	1.4950	1.03(Unstable)	Kirkuk / K 252

المادة الصلبة (الترسبات الاسفلتينية):

مادة اسفلتينية مترسبة ومتصلبة مائلة للسواد وهي خفيفة قياساً الى حجمها وذات وزن نوعي اخف من الماء وتطفو على سطحه، وهي هشة في التعامل الميكانيكي. لم يظهر اي رمل في الملمس الخارجي او عند التهشيم وقد تم معالجة نماذج النفوط الخام المستخدمة في هذه الدراسة بأضافة وزن ثابت من مادة الاسفلتين مع المذيبات النفطية التالية وبنسب مختلفة و بدون رج او تحريك اي غمر فقط والمواد (الكيروسين، الصفوة البيضاء، التلوين، الريفورميت، الكحول الخاص (Special spirit)) وكانت افضل النتائج لصالح الكيروسين في عملية تفتيت النموذج (الاذابة ليست كاملة ونهائية) ولكن الاذابة النهائية والكاملة حصلت مع التلوين و مشكلة التلوين كونه مادة سريعة التطاير (ذات درجة وميض منخفضة وبحدود 26C°).

الاستنتاجات:

1- تم في هذه الدراسة تحديد مديات الضغط الذي يحدث فيه ترسب الاسفلتين وذلك من خلال:
   - حساب مدى معامل استقرارية النفوط الخام المستخدمة في الدراسة والتي تراوحت (20.64 -1.03)حيث إن النفوط المستخدمة من حقول (حقل جمبور بئر 54 وحقل خباز / الابار20-14-31 وحقل كركوك / الابار 357-252) كانت غير مستقرة وتميل الى ترسب الاسفلتيات.
   - حساب موديل الترسب من خلال قياس معامل الانكسار للنفط المكمني **Refractive Index** بعد ايجاد معامل انكسار النفط الخام [7] فأن حدود الضغط المكمني الذي يحدث فيه الترسب مبينة في الجدول رقم (1).
2- تم استخدام عدة مذيبات لاذابة المادة القابلة للترسب في النفط الخام حيث لوحظ ان افضل مذيب هو التولوين والذي يمكن أستخدامه بنجاح مع مراعاة أجراءات السلامة الخاصة به (يعتبر التولوين من المواد الخفيفة المتطايرة).[7]
ويفضل استخدام تقنية الانابيب الملفوفة (Coiled Tube)، وفي حالة عدم توفر مادة التولوين، فمن الممكن استخدام مادة الكيروسين، الريفورميت، الصفوة البيضاء.[8]

Table (8) Weight Fraction, API, Oil Sp. Gr. & Microscopic Test for Precipitating Asphaltene (Well No.: Jambur-45, Fm.: Jribe)

Sample No.	Weight Fraction	API	Sp. Gr.	Microscopic Test
1	1	36.18	0.8467	
2	0.04	39.67	0.8420	
3	0.08	41.01	0.8322	
4	0.1	41.69	0.8297	
5	0.12	42.76	0.8277	
6	0.15	43.18	0.8200	On set Precipitating
7	0.18	45.37	0.8146	
8	0.2	46.15	0.8137	
9	0.25	47.04	0.8030	
10	n-C_7			

Table (9) Weight Fraction, API, RI & P_{RI} of Asphaltene Precipitating for Jambur/45 crude oil by n-C_7

Sample No.	Weight Fraction	API	RI	F_{RI}
1	1	36.18	1.4823	0.2853
2	0.04	39.67	1.3916	0.2379
3	0.08	41.01	1.3953	0.2399
4	0.1	41.69	1.3972	0.2409
5	0.12	42.76	1.3991	0.2419
6	0.15	43.18	1.4019	0.2434
7	0.18	45.37	1.4047	0.2449
8	0.2	46.15	1.4066	0.2460
9	0.25	47.04	1.4113	0.2485
10	n-C_7		1.3878	0.2359

Table (10) Weight Fraction, API, Oil Sp. Gr. & Microscopic Test for Precipitating Asphaltene (Well No.: Khabaz/20)

Sample No.	Weight Fraction	API	Sp. Gr.	Microscopic Test
1	1	36.18	0.8439	
2	0.1	39.67	0.8267	
3	0.15	41.01	0.8202	
4	0.18	41.69	0.8170	
5	0.2	42.76	0.8120	
6	0.22	43.18	0.8101	
7	0.25	45.37	0.8000	On set Precipitating
8	0.28	46.15	0.7965	
9	0.3	47.04	0.7925	

Table (11) Weight Fraction, API, RI & P_{RI} of Asphaltene Precipitating for Khabaz/20 crude oil by n-C_7

Sample No.	Weight Fraction	API	RI	F_{RI}
1	1	36.18	1.4801	0.2841
2	0.1	39.67	1.3962	0.2404
3	0.15	41.01	1.4008	0.2429
4	0.18	41.69	1.4036	0.2443
5	0.2	42.76	1.4054	0.2453
6	0.22	43.18	1.4072	0.2463
7	0.25	45.37	1.4100	0.2478
8	0.28	46.15	1.4128	0.2492
9	0.3	47.04	1.4146	0.2502
C_7	0		1.3878	0.2359

Table (12) Weight Fraction, API, Oil Sp. Gr. & Microscopic Test for Precipitating Asphaltene (Well No.: Khabaz/31, Fm.: U. Qamchoqa)

Sample No.	Weight Fraction	API	Sp. Gr.	Microscopic Test
1	1	27.85	0.888	
2	0.1	31.55	0.8678	
3	0.12	32.92	0.8606	
4	0.15	34.74	0.8512	On set Precipitating
5	0.18	35.83	0.8456	
6	0.2	36.51	0.8422	
7	0.22	37.07	0.8394	
8	0.25	38.86	0.8306	

Table (13) Weight Fraction, API, RI & P_{RI} of Asphaltene Precipitating for Khabaz/31 crude oil by n-C_7

Sample No.	Weight Fraction	API	RI	F_{RI}
1	1	27.85	1.5134	0.30076
2	0.1	31.55	1.4003	0.24258
3	0.12	32.92	1.4028	0.24392
4	0.15	34.74	1.40655	0.24592
5	0.18	35.83	1.4103	0.24792
6	0.2	36.51	1.4128	0.24925
7	0.22	37.07	1.4153	0.25058
8	0.25	38.86	1.41905	0.25256
n-C_7	0		1.3878	0.23586

Table (14) Weight Fraction, API, RI & P_{RI} of Asphaltene Precipitating for Khabaz/14 crude oil by n-C_7

Sample No.	Weight Fraction	API	RI	F_{RI}
1	1	35.23	1.48388	0.286037
2	0.05	36.36	1.3918	0.238019
3	0.08	38.1	1.39468	0.239569
4	0.1	38.83	1.3966	0.240601
5	0.12	39.44	1.39852	0.241631
6	0.15	40.7	1.4014	0.243174
7	0.2	42.16	1.4062	0.245738
8	0.22	43.02	1.40812	0.246761
9	0.25	45.2	1.411	0.248294
10	0		1.3878	0.236

Table (15) Weight Fraction, API, Oil Sp. Gr. & Microscopic Test for Precipitating Asphaltene (Well No.: Khabaz/14, Fm.: L. Qamchoqa)

Sample No.	Weight Fraction	API	Sp. Gr.	Microscopic Test
1	1	35.23	0.8487	
2	0.05	36.36	0.843	
3	0.08	38.1	0.8343	
4	0.1	38.83	0.8307	
5	0.12	39.44	0.8278	
6	0.15	40.7	0.8217	
7	0.2	42.16	0.8148	On set Precipitating
8	0.22	43.02	0.8108	
9	0.25	45.2	0.7323	
11	n-C_7		1.3878	

Table (16) Weight Fraction, API, Oil Sp. Gr. & Microscopic Test for Precipitating Asphaltene (Well No.: K-357, Fm.: Shiranish)

Sample No.	Weight Fraction	API	Sp. Gr.	Microscopic Test
1	1	29.02	0.8815	
2	0.05	30.38	0.8791	
3	0.08	31.7	0.867	
4	0.1	31.91	0.8659	On set Precipitating
5	0.15	34.3	0.8534	
6	0.2	36.22	0.8437	
7	0.22	36.89	0.8403	
8	0.25	37.63	0.8366	
9	0.3	39.63	0.8268	
11	n-C_7			

Table (17) Weight Fraction, API, RI & P_{RI} of Asphaltene Precipitating for Precipitating Asphaltene (Well No.: K-357, Fm.: Shiranish)

Sample No.	Weight Fraction	API	RI	P_{RI}
1	1	29.02	1.4975	0.2929
2	0.05	30.38	1.3933	0.2386
3	0.08	31.7	1.3966	0.2403
4	0.1	31.91	1.3988	0.2414
5	0.15	34.3	1.4043	0.2443
6	0.2	36.22	1.4098	0.2471
7	0.22	36.89	1.4120	0.2483
8	0.25	37.63	1.4153	0.2500
9	0.3	39.63	1.4207	0.2528
n-C_7	0		1.3878	0.2359

Table (18) Weight Fraction, API, Oil Sp. Gr. & Microscopic Test for Precipitating Asphaltene (Well No.: K-252/Kometan)

Sample No.	Weight Fraction	API	Sp. Gr.	Microscopic Test
1	1	29.02	0.8754	
2	0.04	30.71	0.8711	
3	0.06	31.86	0.8650	
4	0.08	32.71	0.8605	On set Precipitating
5	0.1	33.04	0.8561	
6	0.15	34.84	0.8495	
7	0.2	36.76	0.8402	
8	0.22	37.63	0.8354	
9	0.25	38.48	0.8313	
10	0.27	39.13	0.8281	
11	0.3	40.17	0.8230	

Table (19) Weight Fraction, API, RI & P_{RI} of Asphaltene Precipitating Well No.: K-252/Kometan

Sample No.	Weight Fraction	API	RI	P_{RI}
1	1	29.92	1.4950	0.2916
2	0.04	30.71	1.3907	0.2374
3	0.06	31.86	1.3922	0.2382
4	0.08	32.71	1.3936	0.2390
5	0.1	33.04	1.3985	0.2416
6	0.15	34.84	1.4039	0.2445
7	0.2	36.76	1.4092	0.2474
8	0.22	37.63	1.4114	0.2485
9	0.25	38.48	1.4146	0.2502
10	0.27	39.13	1.4167	0.2513
11	0.3	40.17	1.4200	0.2530
	0	n-C_7	1.3878	0.2359

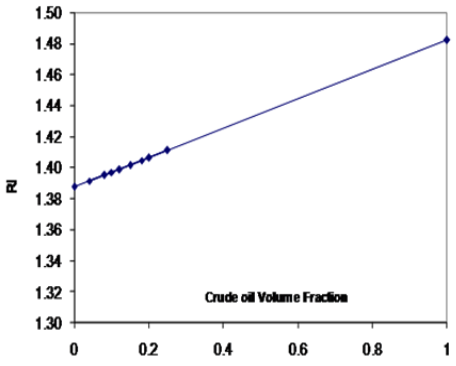


Fig. (4) Relation between RI & Crude oil (Well No. Jambur-54, Fm: Jribe)

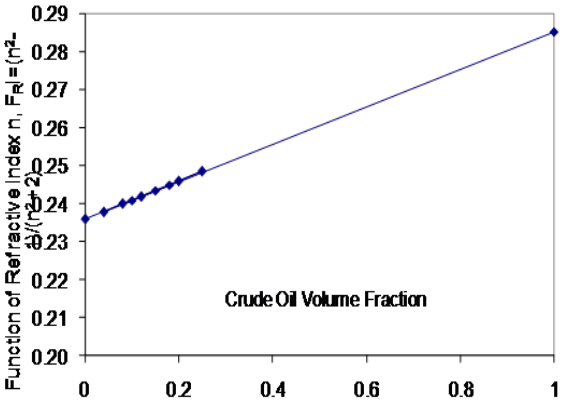


Fig. (5) Relation between FRI of & Crude oil (Well No. Jambur-54, Fm: Jribe)

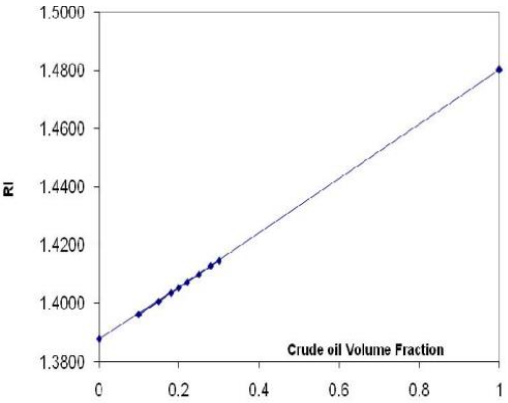


Fig. (6) Relation between RI & Crude oil (Well No. Khabaz/20)

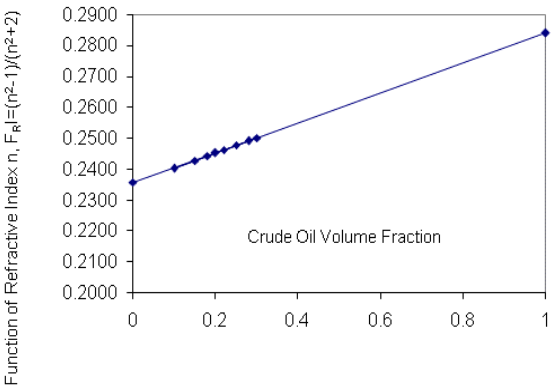


Fig. (7) Relation between FRI of & Crude oil (Well No. Khabaz/20)

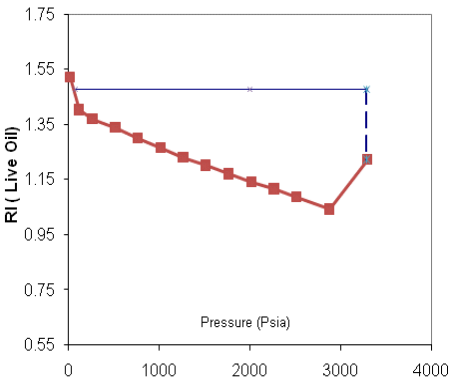


Fig. (8) RI of Crude oil during Pressure Depletion (Well No. Khabaz/20)

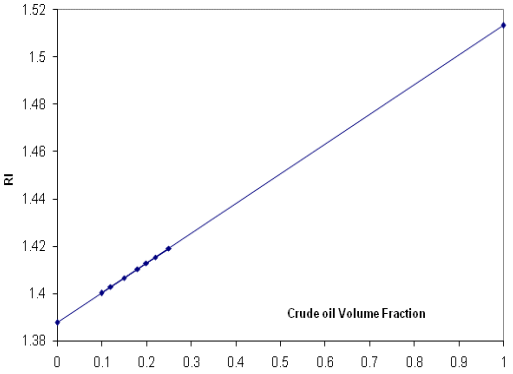


Fig. (9) Relation between RI of & Crude oil (Well No. Khabaz/31, Fm: U. Qamchoqa)

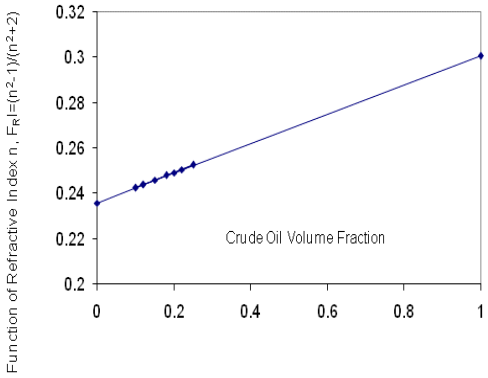


Fig. (10) Relation between FRI of & Crude oil (Well No. Khabaz/31, Fm: U. Qamchoqa)

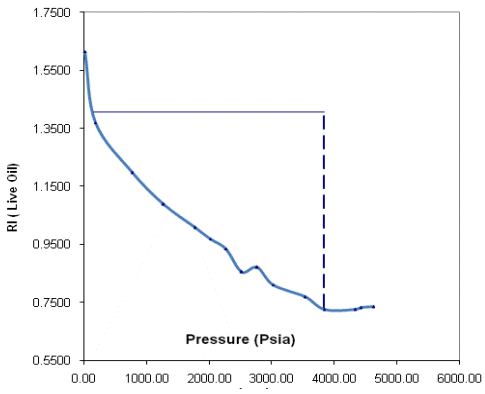


Fig. (11) RI of Crude oil during Pressure Depletion (Well No. Khabaz/31, Fm: L. Qamchoqa)

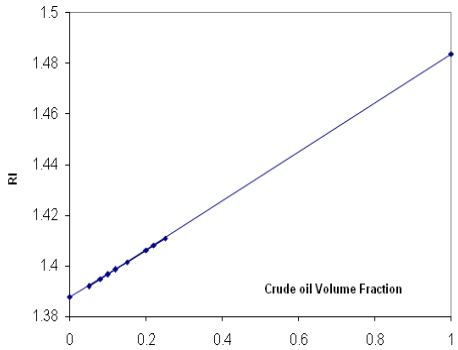


Fig. (12) Relation between RI of & Crude oil (Well No. Khabaz/14, Fm: L. Qamchoqa)

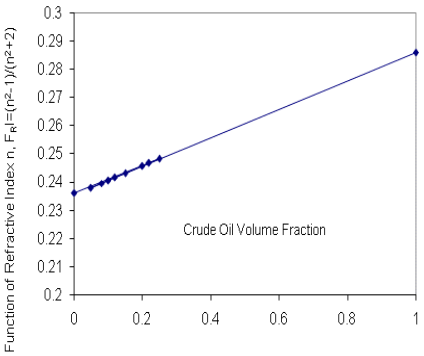


Fig. (13) Relation between FRI of & Crude oil (Well No. Khabaz/14, Fm: L. Qamchoqa)

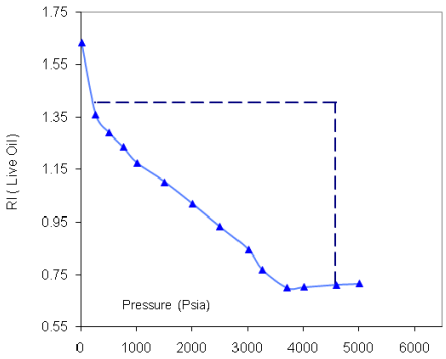


Fig. (14) RI of & Crude oil during Pressure Depletion (Well No. Khabaz/14, Fm: L. Qamchoqa)

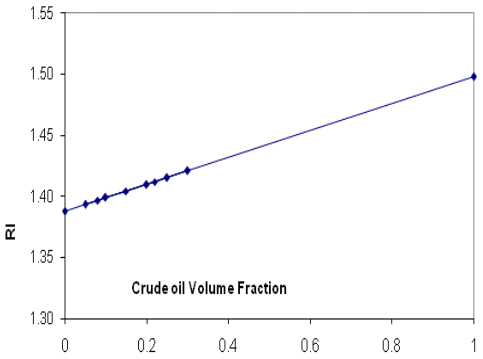


Fig. (15) Relation between RI of & Crude oil (Well No. K-357, Fm: Shiranish)

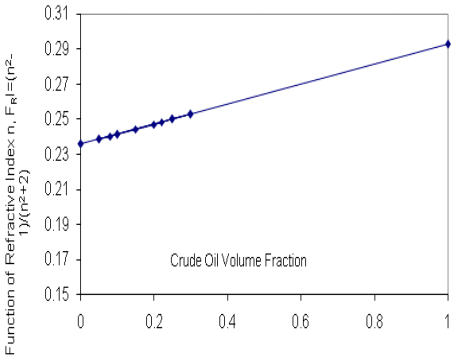


Fig. (16) Relation between FRI of & Crude oil (Well No. K-357, Fm: Shiranish)

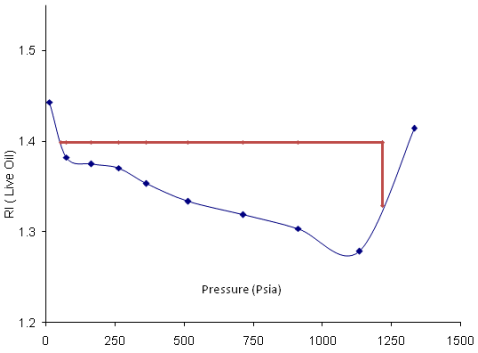


Fig. (17) Reservoir Oil PVT (Well No. K-357, Fm: Shiranish)

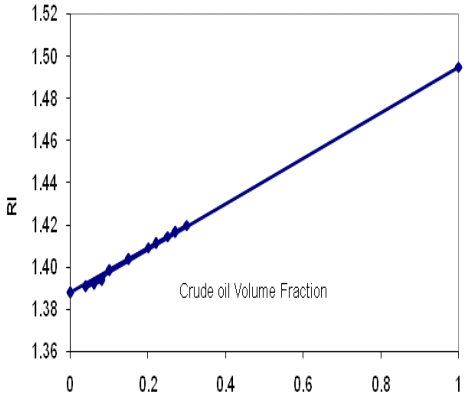


Fig. (18) Relation between RI of & Crude oil (Well No. K-252/ Kometan)

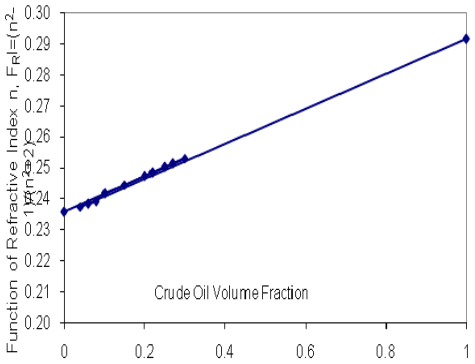


Fig. (19) Relation between FRI of & Crude oil (Well No. K-252/ Kometan)

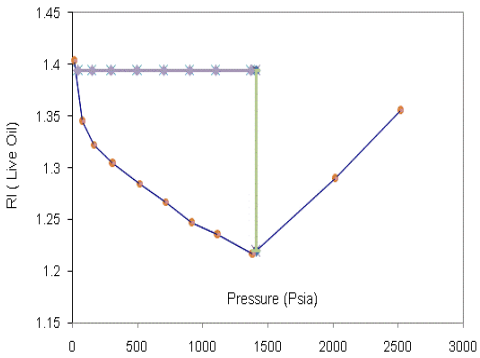


Fig. (20) RI of & Crude oil during Pressure Depletion (Well No. K-252/ Kometan)

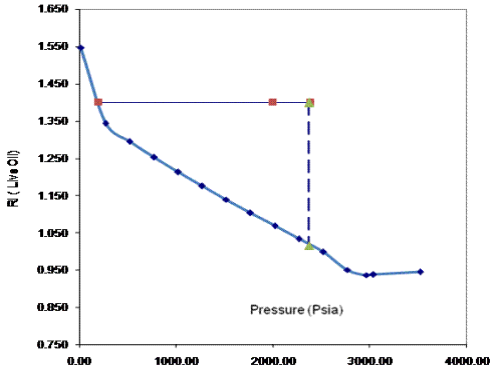


Fig. (20) RI of & Crude oil during Pressure Depletion (Well No. Jambur-45, Fm: Jribe)

المصطلحات و الرموز:

a_a	Molecular radius of asphaltene molecule
B_o	Formation volume factor (RB/STB)
C_i	Molar concentration of component i
C_i^o	Molar concentration at a reference condition
v	Volume fraction
F_{RI}	Function of $n_2 F_{RI} = (n^2-1)/(n^2+2)$
h	Plank' s constant
n	Refractive index
N_o	Avogadro' s number
P	Pressure(Psi)
P_b	Bubble point pressure(Psi)
P_{RI}	RI at onset of asphaltene prciptation
P_{ri}*	PRI calculated from solvent-to-precipitant ratio
r	distance between centers of two molecules
R	Radius of spherical particle
R_i	Gas constant
R_s	Molar refraction of component i
R	Dissolved gas content (scf/STB)
T	Temperature (^oC)
V	Molar volume
W_a	Weight percent
X	Mole fraction
CII	Colloidal instability index

المصادر:

1. G.Ali Mansoori, "A unified perspective on the phase behavior of petroleum fluids" Int.J.Oil, Gas and coal Technology, Vol. 2, Nov., 2009.
2. Noman Shaheryar, "Review of paraffin and Removal in oil wells using southern petroleum short course search able database. "A thesis in petroleum Engineering /Texas University, Dec., 2000.
3. L.Nabazar & ME.Auguilera, "The collidal Approach .A promising Route for Asphaltene Deposition Modeling IFP conference, France oil & gas science Technology"Rev .IFP Vol.63 2008 No.1.
4. J. S. Buckley, G.J. Hiraski, Y. Liu, S .Von Drasek, J.X Wang & B. S.Bill, "Asphaltene precipitation and solvent propertiesof crude oils", New Mexico petroleum Recovery research center, RiceUniversity Houston, 16-Nov-1998.
5. Saad E. Alkafeef, Fahad Al- Mehdi, Ali D. Al Shamari, SPE 84609, Oct.2003.
6. Halliburton company website, "Innovative solvent –water emulsion removal of Asphaltene in oil & gaswells", Jan 2007.
7. A.S.AL-Ghzi ,Justin Lawsn, "Asphaltene cleanout using vibraBlaster Tool ", SPE 110972, May 2007.
8. Corney John, Texas Tech. University, May 1993.
9. Doris L.Gonzalez, "Modeling of Asphaltene precipitation and deposition tendency using the PC-SAFT Equation of state PhD. Thesis /Rice university ,Texas, April 2008.
10. Shaojum Wang,PhD degree thesis,"Simulation of Asphaltene deposition in petroleum reservoirs during primary oil recovery" / University of Oklahoma 2000.
11. Tore. Andreas,"Investigation of Asphaltene precipitation mechanism on Gyda field" Norwegian University of Science & Technology, Dec. 2005.