

ارائه مدل ترمودینامیکی

جهت پیش بینی تشکیل رسوب آسفالتین در مخازن نفتی

دکتر بهرام دبیر

استادیار دانشکده مهندسی شیمی و پلیمر دانشگاه صنعتی امیرکبیر

دکتر حمید مدرس

استادیار دانشکده مهندسی شیمی و پلیمر دانشگاه صنعتی امیرکبیر

مهندس مهدی نعمتی

مری دانشکده مهندسی شیمی و پلیمر دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده :

پدیده رسوب آسفالتین یکی از مسائل اساسی پروژه‌های بازیابی نفت خام به روش‌های امتزاجی و تزریق گاز می‌باشد. مدل ترمودینامیکی ارائه شده در این مقاله، به پیش بینی رفتار و تغییرات حلالیت آسفالتین در شرایط مختلف از قبیل فشار، درجه حرارت، ترکیب درصد نفت، نوع و میزان گاز تزریقی و تاثیر این عوامل بر میزان رسوب آسفالتین بوده و تعیین شرایط مناسب جهت بهره‌برداری از مخازن نفتی نیز به کمک این مدل میسر می‌باشد.

Thermodynamic Model for Prediction of Asphaltene Precipitation in Oil Reservoirs

B. Dabir, Ph.D. , H. Modarres, Ph.D. - M. Nemati, M. Sc.

Chem. Eng. Dept., Amirkabir Unive. of Tech.

Asphalt or asphaltene precipitation by compositional change in a miscible drive or by pressure variation may have a pronounced effect on the flow of reservoir fluids. A thermodynamic model has been developed to describe the behaviour of asphalt & asphaltene in reservoir crude upon change in pressure, temperature or composition. The model may be used to identify field condition where asphalt or asphaltene precipitation will occur.

مقدمه و آشنائی با منشاء مساله

بهره‌برداری منتقل می‌نماید.

یکی از مسائلی که گاهی در بهره‌برداریهای ثانویه نفت خام به کمک تزریق گاز اتفاق می‌افتد رسوب مواد آسفالتی و به طور اخص آسفالتین‌های موجود در نفت در داخل مخزن و گرفتگی خلل و فرج آن توسط این مواد و توقف بهره‌برداری می‌باشد. پدیده رسوب آسفالتین در اثر تزریق گاز به صورت عینی در میدان‌های نفتی هسی مسعود ۶ الجزایر و نچورا ۷ در کالیفرنیا مشاهده گردیده است. همچنین در مورد نفت خام ناحیه گچساران نیز پدیده رسوب آسفالتین در حین تحقیقات و آزمایش‌های کمپانی شل هلند مشاهده گردیده است.

نفت خام به طور معمول در زیرزمین و در داخل سازنده‌های صخره‌ای که مخزن نام دارد، یافت می‌شود. همراه نفت خام اغلب گاز و آب نمک نیز وجود دارد که این مجموعه در داخل خلل و فرج و شکستگی‌های مخزن قرار دارند. اندازه، شکل و زوایای تماس داخلی حفره‌ها، همچنین خواص نفت خام و آب و گاز همراه آن در هر مخزن نفتی با مخازن دیگر متفاوت بوده و به دلیل وجود همین اختلافات لازم است هر مخزن نفتی با توجه به شرایط موجود در آن مورد بهره‌برداری قرار گیرد. بهره‌برداری و تولید نفت خام از مخازن نفتی معمولاً در مراحل مختلف صورت می‌گیرد این مراحل را می‌توان به دو بخش عمده تقسیم نمود:

الف) بازیابی اولیه نفت خام با استفاده از انرژی طبیعی داخل مخزن ۳ ب) بازیابی‌های ثانویه نفت خام به کمک انرژی خارجی ۴ در روش‌های بازیابی ثانویه نفت خام انرژی لازم برای تولید نفت خام عمدتاً از طریق تزریق گاز یا آب و بخار تحت فشار تامین می‌گردد. سیال تزریقی فشار مخزن را که پس از بهره‌برداری طبیعی کاهش یافته است، ترمیم نموده و بخشی از نفت خام باقیمانده در مخزن را به چاه

دلایل نیاز به وجود یک مدل ترمودینامیکی برای پیش بینی میزان رسوب آسفالتین :

با توجه به آنکه درصد عمده‌ای از نفت خام موجود در یک مخزن پس از بهره‌برداری اولیه در داخل مخزن باقی می‌ماند، استفاده از روش‌های بهره‌برداری ثانویه جهت استخراج بقایای نفت موجود در مخزن ضروری می‌باشد.

یش تزریق گاز یکی از متداولترین طرق بازیابی ثانویه نفت خام باشد و در ایران نیز قسمت عمده بهره‌برداریهای ثانویه از طریق تزریق گاز انجام می‌پذیرد بنابراین لازم است قبل از انجام پروژه‌های تزریق گاز به مخازن نفتی باتوجه به ماهیت هر مخزن از نظر ساختمانی، نوع نفت موجود در آن و همچنین ترکیب گاز تزریقی و شرایط فیزیکی و ترمودینامیکی موجود در مخزن (فشار و درجه حرارت) مطالعات و آزمایش‌هایی در مورد پدیده رسوب آسفالتین انجام پذیرد. چون حجم آزمایش‌ها در شرایط موجود در مخزن بسیار مشکل و مستلزم هزینه‌های مالی بالا و نیاز به زمان طولانی می‌باشد لذا وجود یک مدل ریاضی که قادر به پیش‌بینی میزان رسوب آسفالتین در شرایط مختلف باشد کمک شایانی در بهره‌برداری از مخازن نفتی می‌نماید.

گازهای هیدروکربنی به‌نفت خام باعث انحلال مالتین‌ها در این عامل شده و با از بین رفتن لایه مالتین موجود در ذرات آسفالت، هسته‌های آسفالتینی به‌یکدیگر نزدیک می‌شود، اندازه ذرات آسفالتین افزایش یافته و بالاخره رسوب می‌نمایند. اساس تئوری رسوب آسفالتین در اثر واکنش پلی‌مریزاسیون بر وجود منومرهای آسفالتین در داخل نفت و انجام واکنش پلی‌مریزاسیون به‌علت برهم خوردن تعادل ترمودینامیکی موجود (در اثر افزایش حلال یا گاز) استوار می‌باشد. انجام واکنش پلی‌مریزاسیون باعث ایجاد باندهای شیمیایی بین منومرهای آسفالتین و تبدیل آنها به یک ترکیب شبه‌پلی‌مر ۱۳ با جرم ملکولی بسیار بالا و در نتیجه رسوب آن می‌شود.

تئوری مورد استفاده جهت ارائه مدل ترمودینامیکی:

نفت خام عمدتاً مخلوطی از هیدروکربنهای مختلف و ترکیبات شامل عناصر نیتروژن، گوگرد و اکسیژن می‌باشد. حالت مایع نفت خام نتیجه تعادل این ترکیبات در فاز مایع و بخار است. افزایش یک عامل خارجی مانند نرمال آلکانها یا گازهای هیدروکربنی در برخی شرایط باعث برهم خوردن این تعادل و رسوب مواد آسفالتینی می‌گردد، حالت تعادل پس از رسوب آسفالتین مجدداً برقرار می‌شود. باتوجه به طبیعت شبه پلی‌مری آسفالتین و همچنین ماهیت تعادلی پدیده رسوب آسفالتین به‌منظر می‌رسد بتوان میزان این رسوب در نفت خام را در شرایط مختلف به‌کمک مدلی که از تلفیق ترمودینامیک تعادلی مخلوطهای چند جزئی و تئوری FLORRY - HUGGINS در مورد محلول‌های پلی‌مری حاصل گردیده، تعیین نمود.

چگونگی استفاده از تئوری FLORRY - HUGGINS در پیش‌بینی میزان رسوب آسفالتین:

تئوری FLORRY - HUGGINS ترمودینامیک تعادلی انحلال یک پلی‌مر در یک حلال را مورد بررسی قرار می‌دهد، به‌کمک همین تئوری می‌توان حد اکثر مقدار قابل انحلال یک پلی‌مر در حلال را تعیین نمود.

بر اساس این تئوری پتانسیل شیمیایی انحلال پلی‌مر در یک حلال با رابطه زیر بیان می‌گردد:

$$\mu_i = RT \ln \phi_i + RT \left(1 - \frac{V_i}{V_J}\right) \phi_J + (\delta_i - \delta_J)^2 V_i \phi_J^2$$

i: polymer J: Solvent

μ_i : chemical potential of Polymer

ϕ_i, ϕ_J : volume fractions of polymer & solvent

V_i, V_J : molar volume of polymer & solvent

δ_i, δ_J : solubility Parameter of Polymer & solvent

R: gas constant T: temp.

ابلیتهای مدل ریاضی:

یک مدل ریاضی مناسب در مورد پدیده رسوب آسفالتین باید قادر به پیش‌بینی موارد زیر باشد:

۱. تحت چه شرایط ترمودینامیکی (فشار، درجه حرارت، ترکیب، درصد نفت و ترکیب درصد گاز و نسبت گاز تزریقی) رسوب تشکیل می‌گردد.

۲. تاثیر عوامل فوق‌الذکر بر میزان رسوب چیست و در چه شرایطی میزان رسوب حداقل یا حداکثر خواهد بود.

۳. با در نظر گرفتن طبیعت ذرات آسفالتین رسوب نموده در داخل نفت، نحوه حرکت مجموعه نفت و رسوب در مخزن که خود یک محیط متخلخل^۸ می‌باشد، چگونه است و تاثیر آن در بازیافت نهایی چه خواهد بود.

باتوجه به موارد فوق‌الذکر روشن است که این مدل ریاضی باید از دو بخش ترمودینامیک و مکانیک سیالات تشکیل گردد و نتایج مدل ترمودینامیکی در بررسی حرکت نفت از محیط متخلخل (مدل مکانیکی سیالات) مورد استفاده قرار گیرد.

مقاله حاضر نتیجه بررسی‌های انجام شده در مورد مدل ترمودینامیکی و ارائه این مدل می‌باشد.

مکانیزمهای پیشنهادی برای پدیده رسوب آسفالتین:

همان‌گونه که قبلاً ذکر گردید تحقیقات و آزمایش‌های انجام شده نشان داده که افزایش یک عامل خارجی مانند گازهای هیدروکربنی یا نرمال آلکانها در پاره‌ای از موارد باعث رسوب آسفالتین موجود در نفت خام می‌گردد. باتوجه به طبیعت و ساختمان ملکول آسفالتین تاکنون دو مکانیزم متفاوت در مورد نحوه رسوب آسفالتین ارائه گردیده است:

(الف) رسوب آسفالتین در اثر تجمع ذرات کلوئیدی موجود در محلول^۹

(ب) رسوب آسفالتین به‌علت انجام واکنش پلی‌مریزاسیون^{۱۰} ذرات آسفالت به‌صورت کلوئیدی در داخل نفت خام وجود دارند. مراکز این ذرات از آسفالتین تشکیل گردیده و سطح خارجی آنها توسط لایه‌ای از مالتین احاطه شده است. وجود مالتین در لایه خارجی مانع از تجمع ذرات و در نتیجه رسوب آنها می‌گردد.^{۱۱} در تئوری تجمع^{۱۲} فرض می‌شود که افزایش یک عامل خارجی مانند نرمال آلکانها یا

$$L_s = \frac{n_s v_s^L}{n_s v_s^L + n_A v_A} = \frac{\frac{n}{\sum n_i} v_s^L}{\frac{v}{\sum n_i}} = \frac{x_s v_s^L}{v^L}$$

$$\left(\frac{v_A^L}{v_s^L} - 1\right) \phi_s^L = \frac{v_A^L}{v^L} - 1$$

L: فاز مایع شامل آسفالتین و نفت می باشد.

$$\phi_A^L = \exp\left(\frac{v_A^L}{v^L} - 1 - \frac{(\delta_A - \delta_L)^2}{RT} v_A^L\right)$$

رابطه نهایی بیانگر حداکثر مقدار آسفالتین محلول در نفت خام می باشد بنابراین با تعیین میزان کل آسفالتین موجود در نفت خام، روش تجربی و تعیین حداکثر آسفالتین محلول به کمک رابطه فوق می توان مقدار آسفالتین رسوبی را در شرایط مختلف فیزیکی

ترمودینامیکی تعیین نمود. ترمهای رابطه به شرح زیر می باشد:

- v_A^L = حجم مولار آسفالتین
- v^L = حجم مولار مخلوط نفت خام و آسفالتین رسوبی بعد از افزایش حلال یا گاز هیدروکربنی و برقراری حالت تعادل
- δ_A = پارامتر حلالیت آسفالتین جامد
- δ_L = پارامتر حلالیت مخلوط نفت خام و آسفالتین محلول در آن

حجم مولار و پارامتر حلالیت آسفالتین معمولاً توسط روش های تجربی اندازه گیری و تعیین می گردد. جهت محاسبه ضرایب حلالیت و حجم مولار نفت خام پس از رسوب آسفالتین، لازم است ترکیب درصد نفت (حالت مایع) در حال تعادل با گاز (بخار) و آسفالتین مشخص گردد. تعیین ترکیب درصد نفت در حالت مایع معمولاً به وسیله آنجا، محاسبات تعادل فازها و به کمک یک معادله حالت انجام می پذیرد.

معرفی معادله حالت SOAVE - REDLICH - KWONG و نحوه استفاده از این معادله در محاسبه حجم مولار و پارامتر حلالیت نفت خام

تاکنون معادلات حالت متعددی برای رفتار غیر ایده آل ترکیبات مختلف از جمله هیدروکربن های نفتی ارائه گردیده است که به عنوان نمونه می توان از معادله

Soave - Redlich - Kwong, Peng - Robinson
 نام برد. در بین معادلات CHAO - SEADER
 فوق الذکر نتایج تئوریک از معادله Soave - Redlich - Kwong
 محاسبات تعادل فازها تطابق بیشتری با نتایج تجربی نشان داده است.
 معادله S.R.K. ارتباط P,V,T را به صورت زیر بیان می نماید:

$$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{\alpha a}{V(V+b)}$$

ثوابت معادله S.R.K. برای مخلوط های چند جزئی با روابط زیر بیان می گردد.

$$b = \sum_{j=1}^{NC} x_j b_j \quad \alpha a = \sum_{i=1}^{NC} \sum_{j=1}^{NC} x_i x_j a_{ij} \alpha_{ij}$$

Hildebrand definition:

$$\delta_i = \left(\frac{U_i}{V_i}\right)^{1/2} \quad \delta_i = \left(\frac{\Delta H_i - RT}{V_i}\right)^{1/2}$$

U_i : Energy change of isothermal vaporization

V_i : Molar Volume

ΔH_i : heat of vaporization

جهت استفاده از تئوری FLORRY - HUGGINS ، آسفالتین به عنوان یک شبه پلی مر و نفت خام به عنوان حلال در نظر گرفته می شوند پتانسیل شیمیایی انحلال آسفالتین بعد از رسوب و برقراری حالت تعادل در فاز جامد و مایع برابر می باشد بنابراین:

$$\mu_A^{solid} = \mu_A^{liquid} \quad A: \text{asphaltene} \quad S: \text{solvent}$$

$$\mu_A^S = RT \ln \phi_A^S + RT \left(1 - \frac{v_A^S}{v^S}\right) \phi_S^S + (\delta_S - \delta_S)^2 v_A^S (\phi_S^S)^2$$

$$\mu_A^L = RT \ln \phi_A^L + RT \left(1 - \frac{v_A^L}{v^L}\right) \phi_S^L + (\delta_A - \delta_S)^2 v_A^L (\phi_S^L)^2$$

در فاز جامد حلال وجود ندارد. $\phi_A^S = 1$ و $\phi_S^S = 0$

از تساوی دو رابطه نتیجه گرفته می شود:

$$RT \ln \phi_A^S = RT \ln \phi_A^L + RT \left(1 - \frac{v_A^L}{v^L}\right) \phi_S^L + (\delta_A - \delta_S)^2 v_A^L (\phi_S^L)^2$$

$$v_A^L (\phi_S^L)^2$$

$$\phi_A^L = \phi_A^S \exp \left[\left(\frac{v_A^L}{v^L} - 1\right) \phi_S^L - \frac{(\delta_A - \delta_S)^2}{RT} v_A^L (\phi_S^L)^2 \right]$$

$\phi_A^S = 1$ با فرض این که در فاز جامد نفت وجود ندارد.

$$\delta_L = \phi_A^L \delta_A + \phi_S^L \delta_S$$

$$\delta_S = \frac{\delta_L - (1 - \phi_S^L) \delta_A}{\phi_S^L}$$

$$(\delta_A - \delta_S)^2 (\phi_S^L)^2 = (\delta_A - \delta_L)^2$$

$$v^L = \frac{n_s v_s^L + n_A v_A^L}{n_s + n_A} = x_s v_s^L + x_A v_A^L$$

$$\alpha_{ij} \alpha_{jI} = (1 - x_{ij})(\alpha_i \alpha_j \alpha_j \alpha_j)^{1/2}$$

$$b = \frac{0.0867 RT_C}{P_C}$$

$$a = 0.4278 \frac{R^2 T_C^2}{P_C} \quad \alpha = \left[1 + 5(1 - \sqrt{T_r}) \right]^2$$

$$s = 0.485 + 1.552 \omega - 0.156 \omega^4$$

$$aa = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j a_i^{0.5} a_j^{0.5} \alpha_i^{0.5} \alpha_j^{0.5} (1 - k_{ij}) \quad \text{برای مخلوط‌ها}$$

$$b = 0.08664 \frac{RT_C}{P}$$

x_i, x_j = ترکیب درصد جزء i و j در مخلوط
 T_r = دمای کاهش یافته
 T_C = دمای بحرانی
 P_C = فشار بحرانی

ω = Acentric factor

R = ثابت گازها
 P = فشار
 T = درجه حرارت
 V = حجم

K_{ij} = ضریب تاثیر متقابل اجزاء مخلوط نسبت به یکدیگر
 اساسی‌ترین پارامتر مورد نیاز در محاسبات تعادل فازها ثابت تعادل فاز K می‌باشد. طبق تعریف مقدار K برای یک ترکیب با رابطه زیر بیان می‌گردد:

$$K = \frac{\phi_{iL}}{\phi_{iV}}$$

ϕ_{iL} = ضریب فوگاسیتی حالت مایع
 ϕ_{iV} = ضریب فوگاسیتی حالت بخار

با استفاده از یک معادله حالت ضرائب فوگاسیتی حالت مایع و بخار یک ترکیب قابل محاسبه است.

معادله S.R.K. ضرائب فوگاسیته برای حالت مایع و بخار را با رابطه زیر بیان می‌نماید.

$$\ln \phi_i = \frac{b_i}{B} (z-1) - \ln(z-B)$$

$$\left(\frac{\sum_{i=1}^n x_i a_i^{0.5} a_j^{0.5} \alpha_i^{0.5} \alpha_j^{0.5} (1-k_{ij})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j a_i^{0.5} a_j^{0.5} \alpha_i^{0.5} \alpha_j^{0.5} (1-k_{ij})} \right)$$

$$- \frac{b_i}{b} \ln \left(1 + \frac{B}{Z} \right) \frac{A}{B}$$

$$A = \frac{\alpha a p}{R^2 T^2} \quad B = \frac{b P}{RT}$$

ضریب تراکم پذیری 14 توسط معادله S.R.K. با رابطه زیر مشخص می‌گردد.

$$Z^3 - Z^2 + Z(A - B - B^2) - AB = 0$$

با تعیین مقدار K برای اجزاء تشکیل دهنده نفت خام، انجام محاسبات تعادل فازها و تعیین درصد نفت خام (مایع) پس از تزریق گاز یا حلال و رسوب نمودن آسفالتین میسر می‌باشد.
 حجم مولار نفت خام پس از مشخص گردیدن ترکیب درصد آن و محاسبه ضرائب معادله S.R.K. توسط حل معادله حالت S.R.K. قابل تعیین می‌باشد.

ضریب حلالیت 15 نفت خام نیز از روابط زیر به دست می‌آید:

$$\delta = \sum_{i=1}^{N_C} \phi_i \delta_i$$

$$\phi_i = \frac{x_i v_i}{N_C \sum_{i=1}^{N_C} x_i v_i}$$

δ_i = ضریب حلالیت جزء i
 x_i = درصد جزء i در مخلوط
 v_i = حجم مولار جزء i
 $\bar{\delta}$ = ضریب حلالیت مخلوط

برنامه کامپیوتری تهیه شده جهت محاسبه میزان رسوب آسفالتین:

محاسبات تعادل فازها و تعیین حجم مولار و ضریب حلالیت نفت خام در شرایط مختلف ترمودینامیکی و بررسی عوامل موثر بر رسوب آسفالتین توسط برنامه کامپیوتری انجام گردیده است. برنامه تهیه شده علاوه بر انجام محاسبات مربوط به تعیین میزان رسوب آسفالتین در شرایط ترمودینامیکی مختلف قادر به محاسبه نقطه حباب 16 نقطه شبنم 17 و محاسبات تعادلی مورد نیاز جهت طراحی برجهای تقطیر نفت خام و همچنین تبدلهای حرارتی دوفازی نیز می‌باشد.

نتایج:

پارامترهای موثر بر میزان رسوب آسفالتین که توسط برنامه کامپیوتری تهیه شده مورد بررسی قرار گرفته‌اند، به شرح زیر می‌باشد:

- ۱- درجه حرارت
 - ۲- فشار
 - ۳- ترکیب درصد نفت موجود در مخزن
 - ۴- نوع گاز یا حلال تزریقی (جرم مولکولی) و ترکیب درصد آن
 - ۵- میزان گاز تزریقی نسبت به نفت خام 18
- تاثیر هر یک از عوامل فوق به صورت تئوریک در مورد نفت خام ناحیه گچساران مورد بررسی قرار گرفته است و اشکال شماره $1, 2, 3, 4$ بیانگر نتایج حاصله می‌باشند.

الف: تاثیر فشار و درجه حرارت:

همان گونه که در شکل شماره 1 ملاحظه می‌گردد در یک درجه حرارت ثابت به ازاء تزریق نسبت ثابتی از گاز پروپان به نفت خام گچساران با افزایش فشار میزان حلالیت آسفالتین کاهش می‌یابد و در نقطه حباب مخلوط نفت و گاز تزریقی، حلالیت به حداقل مقدار ممکن

رسیده و از این مرحله به بعد با افزایش فشار حلالیت آسفالتین افزایش می‌یابد. همچنین در مورد درجه حرارت نتایج حاصله نشان می‌دهد که افزایش دما باعث افزایش میزان حلالیت آسفالتین می‌گردد.

ب: تاثیر میزان گاز تزریقی نسبت به نفت خام:

شکل شماره ۲ بیانگر تغییرات میزان حلالیت آسفالتین نسبت به تغییر G.O.R. می‌باشد. در یک درجه حرارت ثابت تاثیرات تغییر میزان گاز پروپان تزریقی به مقدار ثابتی از نفت خام به صورت تثوریک مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج به دست آمده بیانگر این نکته می‌باشد که افزایش میزان گاز تزریقی باعث کاهش حلالیت آسفالتین در نفت خام می‌شود.

ج: تاثیر ترکیب و نوع گاز تزریقی:

شکل شماره ۳ بیانگر تغییرات میزان حلالیت آسفالتین در اثر تزریق مقادیر ثابتی از گازهای متان، اتان، پروپان و بوتان در یک درجه حرارت معین به میزان مشخصی از نفت خام می‌باشد. همان گونه که در شکل ملاحظه می‌گردد افزایش جرم ملکولی گاز تزریقی باعث کاهش حلالیت آسفالتین در نفت خام می‌گردد.

د: تاثیر نوع نفت موجود در مخزن (از نظر درصد مواد تشکیه دهنده):

جهت بررسی تاثیر نوع نفت خام در میزان حلالیت آسفالتین به انوا مختلف نفت خام در یک درجه حرارت ثابت مقدار مشخصی از گاز پروپان تزریق گردیده است.

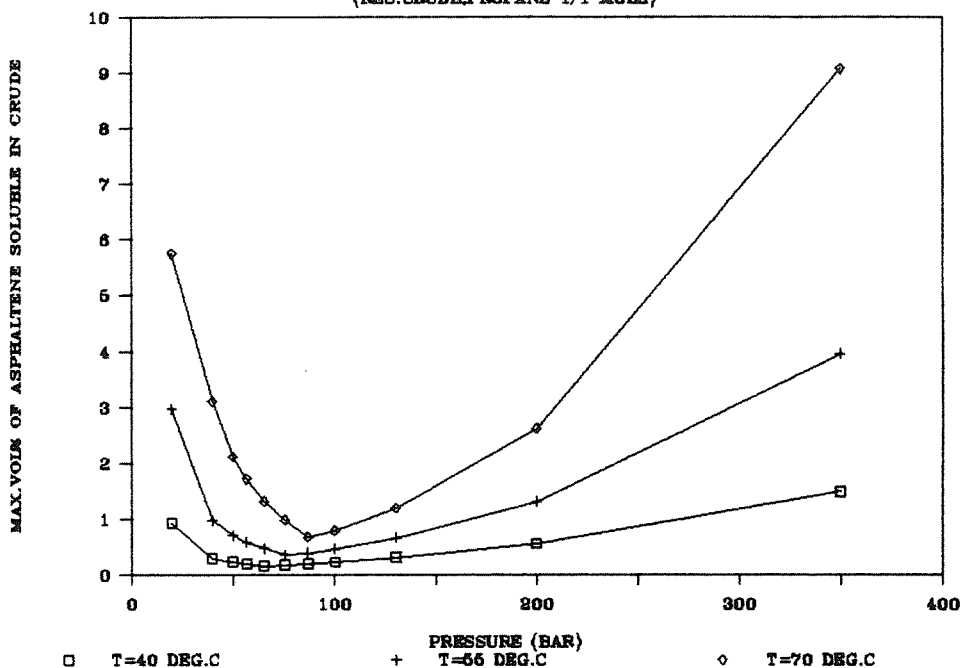
نتایج تثوریک که در شکل شماره ۴ آمده است نشان می‌دهد که هر چه میزان مواد سنگین موجود در نفت خام (C_7^+) بالاتر باشد حلالیت آسفالتین نیز در آن بیشتر و بالطبع میزان رسوب حاصل در اثر تزریق گاز کمتر خواهد بود.

سیاسگاری

بدینوسیله از همکاران گرامی گروه آسفالتین واحد پژوهشهای ازدیا، برداشت از مخازن نفت وزارت نفت به خصوص آقای مهندس حسینی رسام دانا و خانم مینو فرهانی سیاسگاری می‌گردد.

EFFECT OF P&T ON ASPHALTENE SOLUBILITY

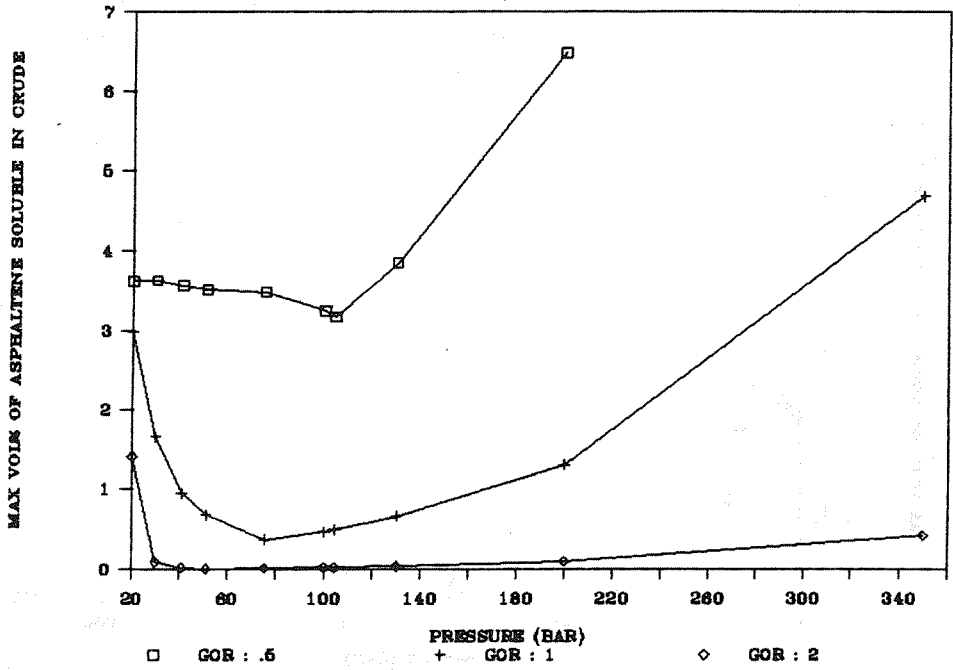
(RES. CRUDE, PROPANE 1/1 MOLE)



شکل شماره ۱: تاثیر فشار و درجه حرارت بر میزان حلالیت آسفالتین

EFFECT OF P & G.O.R. ON ASP SOLUBILITY

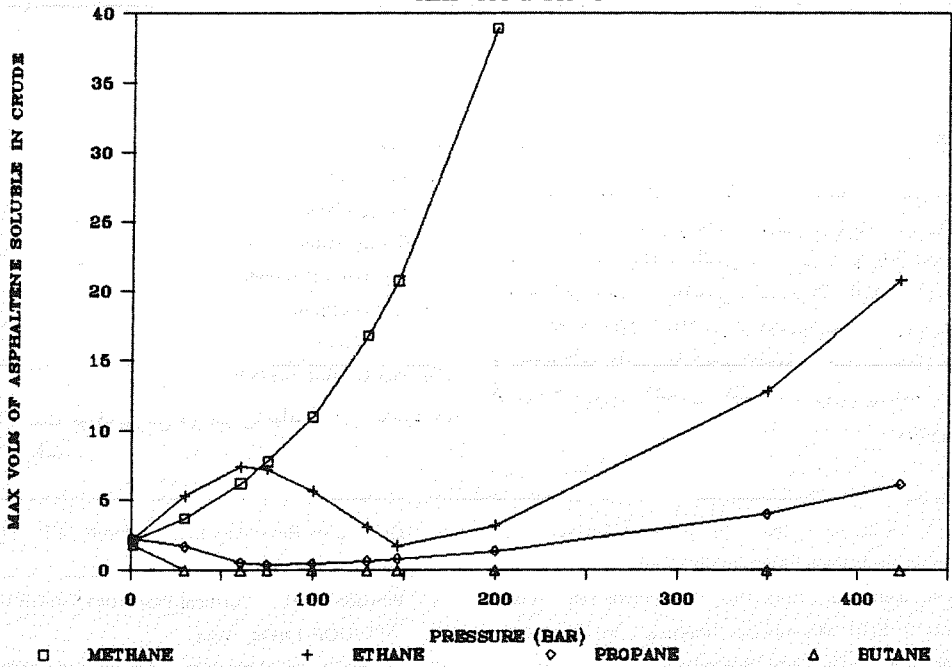
GAS:PROPANE,TEMP=66DEG.C



شکل شماره ۲: تاثیر فشار و مقدار گاز تزریقی بر میزان حلالیت آسفالتین

EFFECT OF M.W & P ON ASP SOLUBILITY

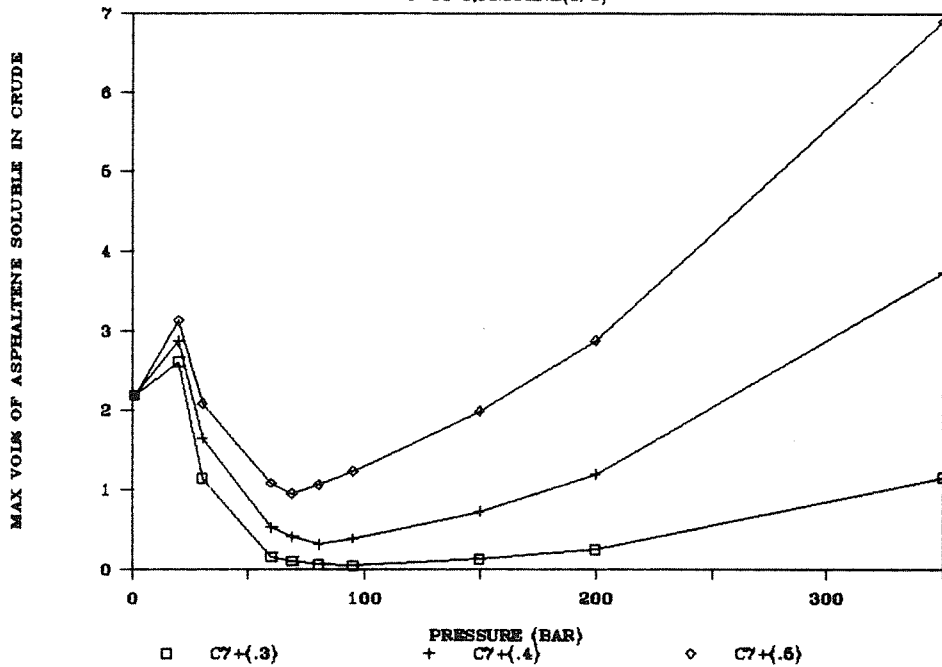
TEMP=66C & GOR=1



شکل شماره ۳: تاثیر فشار و نوع و ترکیب درصد گاز تزریقی بر میزان حلالیت آسفالتین

EFFECT OF P&COMP. ON ASP SOLUBILITY

T=55 C, PROPANE(1/1)



شکل شماره ۴: تاثیر فشار و ترکیب درصد نفت بر میزان حلالیت آسفالتین

پاورقی

1. Rock Formation.
2. Reservoir.
3. Primary Oil Recovery.
4. Secondary & Tertiary Oil Recovery.

8. Porous Media
9. Flocculation Theory.
10. Polymerization Theory.
11. Maltene as a Peptizing Agent.
12. Flocculation.
13. Pseudo Polymer.
14. Compressibility Factor.
15. Solubility Parameter.
16. Bubble Point.
17. Dew Point.
18. Gas Oil Ratio G.O.R.

۵. آسفالت که سنگین‌ترین بازمانده حاصل از تقطیر نفت خام می‌باشد از دو بخش آسفالتین و مالتین تشکیل می‌گردد. در ساختمان آسفالت، آسفالتین در هسته و مالتین‌ها به صورت لایه‌های اطراف آسفالتین را احاطه نموده‌اند، آسفالتین، در نرمال الکانها نامحلول می‌باشد. بخش عمده ملکول آسفالتین از هیدروکربورهای آروماتیک، پلی‌سیکلیک و زنجیره‌های جانبی پارافینی تشکیل یافته و شامل عناصری از قبیل کربن، هیدروژن، اکسیژن، گوگرد و نیتروژن می‌باشد.

6. Hessi Massaoud.
7. Ventura.

۱۹. تفاوت انواع نفت مورد بررسی در میزان مواد سنگین موجود در نفت خام (C7+) می‌باشد.

منابع

1. Hirschberg A., et al, June 1984, "Influence of Temperature and Pressure on Asphaltene Flocculation", SPEJ.
2. Mansori G.A., Jiang T.S., April 1985, "Asphaltene Deposition and its Role In EOR Miscible Gas Flooding". 3rd European Meeting Improved Oil Recovery, Rome Italy.
3. Hirschberg A., "The Role of Asphaltene in Compositional

Grading of Reservoirs Fluid Column, SPE 13171, September, 1984.

4. Whitson C.H., "Critical Properties Estimation of State", SPE/DOE 12634, 1984.
5. "Chemistry of Asphaltene" Advances in Chemistry Series, 195 (Ed. by: Bunger, L.W., LI, N.C.), American Chemical Society.