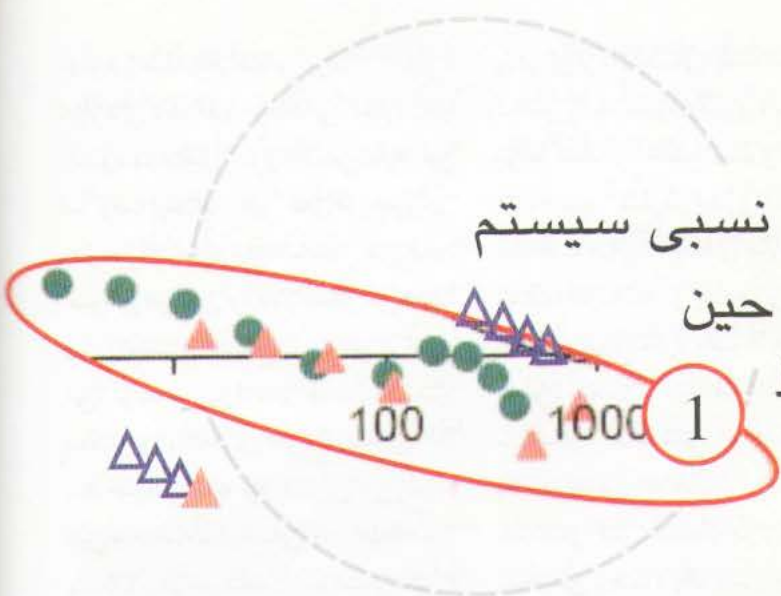




تغییرات تراوایی نسبی سیستم گاز میعانات در حین تولید در شرایط اطراف چاه

مترجم: هادی خلیلی دیزجی
نفت فلات قاره (قسمت پایانی)



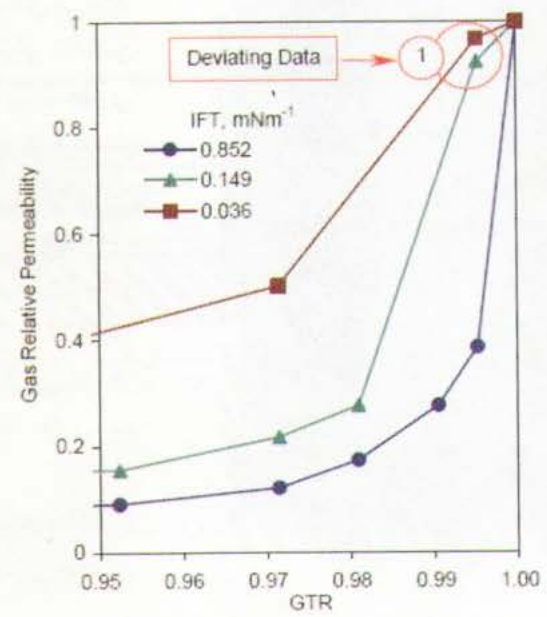
نتیجه‌گیری شد که این روند ممکن است بر اثر مکانیسم متفاوت جریان باشد که با حضور میعانات در ریزه حفره‌های مغزه اتفاق می‌افتد. در نمونه‌های مغزه Clashach که دارای ریزه حفره‌های (micro pores) بسیار اندکی هستند. این اثر فقط به $GTR=0.995$ محدود می‌شود (جدول 3).

در دسته اول داده‌ها که روی شکل با عدد 1 نشان داده شده است، در مقادیر کشش سطحی پایین، نقاط مورد نظر در مقادیر GTR بالا، Y_g بسیار کمی را نشان می‌دهند، به عبارت دیگر $K_{rg} \gg K_{rgb}$ در GTR و سرعت یکسان، ولی در کشش سطحی پایین‌تر، پاراگراف بندی شکل (2) نمودار K_{rg} اندازه‌گیری شده را در سه کشش سطحی مختلف ولی سرعت پایه ثابت نشان می‌دهد. بعد از بررسی و امتحان دقیق این نقاط،

جدول 3) اطلاعات پایه‌ای برای آزمایشاتی که روی مغزه‌های Clashach در شرایط مختلف انجام شده است.

Index*	Base Total Pore Vel. /md ¹	No. of Vel.	Highest GTR Following Main Trend	Deviating GTR & (Its Category)
1	7.28	10	0.971	0.995, 0.990 (2)
2	7.28	10	0.981	0.995 (1)
3	7.28	7	0.971	0.995 (1)
4	7.05	10	0.981	(1)
5	7.05	10	0.971	(1)
6	10.87	10	0.991	(1)
7	9.22	10	0.991	0.995 (1)
8	9.22	9	0.981	0.995 (1)
9	9.36	4	0.981	0.995 (1)
10	9.36	4	0.991	(1)
11	9.36	4	0.971	0.995 (1)

شاخص‌ها (indexes) مطابق با مواردی است که در جدول شماره یک آورده شده است.



شکل 2) میزان نفوذپذیری نسبی گاز در برابر میزان جریان Fractional Flowate کل (GTR) برای مغزه Clashach در سه مقدار کشش سطحی IFT با $S_{wi}=0\%$ و سرعت $md^{-1} 7.3$

شماره ۲۰ - فروردین ۱۳۸۴
اوشان تولید

ولی برای مغزه‌های Berea که ریز حفره‌های زیادی دارند، داده‌ها، حتی در مقادیر GTR پایین نیز تحت تاثیر قرار گرفته‌اند. (جدول 4).

با حضور آب همزاد، این حفره‌های ریز با آب پر می‌شوند و تاثیر حفرات بسیار ریز که از میعانات پر شده‌اند، حتی در GTR بالانیزی اهمیت جلوه می‌کند. توجه به این نکته لازم به نظر می‌رسد که در نمونه مغزه Berea با $S_{wi}=26\%$ نقاط کمتری در مقایسه با همین مغزه ولی به صورت خشک $S_{wi}=0$ تحت تاثیر قرار گرفته‌اند (جدول 4).

جدول 4) اطلاعات پایه‌ای که روی آزمایشات مغزه‌های Berea در شرایط مختلف انجام شده است.

Index*	Base Total pore Vel. /md ¹	No. of Vel.	Highest GTR Following Main Trend	Deviating GTR & (Its Category)
12	7.09	8	0.910	0.995, 0.971 (2)
13	7.09	9	0.971	0.995, 0.990, 0.981 (1)
14	7.09	6	0.910	0.990, 0.971, 0.952 (1)
15	6.41	4	0.910	0.990, 0.971 (1)
16	9.21	4	0.995	
17	9.21	4	0.995	
18	10.81	4	0.981	
19	9.21	4	0.971	
20	9.21	4	0.971	0.995, 0.981 (1)

شاخص‌ها مطابق با مواردی است که در جدول ۲ آورده شده است.

پایین GTR برای نمونه مغزه خشک بر مبنای IFT خاص، $(IFT=0.852mNm^{-1})$ جایی که اثر اینرسی غالب است، می‌شود. آزمایش دقیق مقادیر Y_g که از روند اصلی تبعیت می‌کنند و از این پس به صورت $(Y_g)_{main}$ خوانده می‌شود، نشان می‌دهد که $(Y_g)_{main}$ نه تنها تابعی از N_{cr} می‌باشد بلکه با IFT نیز رابطه دارد. یعنی وجود IFT در منحرج N_{cr} به حد رضایت بخشی ارتباط $(Y_g)_{main}$ با IFT را بیان نمی‌کند، بسیاری از گزینه‌ها برای وابسته نمودن $(Y_g)_{main}$ به پارامترهای ذریبط در نظر گرفته شد و در نهایت تمامی $(Y_g)_{main}$ محاسبه شده با

تعریف کردن پارامتر جدیدی برای

محور X های $(Y_g)_{main}$ توسط یک

منحنی نمایش داده شد:

$$(Y_g)_{main} = F(X) \quad (20)$$

$$X = N_{cr} (IFT_r)^{n_1}$$

که:

n_1 : توان نمایی است که توسط خطی

سازی مشخص می‌شود

IFT_r: نسبت کشش سطحی پایه به

کشش سطحی موجود است

در طول این آزمایش همچنین

تصور شد که رابطه $(Y_g)_{main}$ نسبت به

سرعت به صورت عدد رینولدز

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} \text{ می باشد.}$$

بهترین توان نمایی برای Re در رابطه با

x صفر به دست آمد و این بسیار امیدوارکننده بود زیرا

ثابت می‌کند استفاده از β هنگام تغییر منحنی‌های تراوایی

نسبی برای حالت‌های پایه و امتزاج پذیر برای بیان اثر

اینرسی تقریباً برای همه مقادیری که از آزمایش به دست

آمده‌اند قانع کننده است. به همین جهت نیازی به β_g

احساس نمی‌شود.

در معادله (20) به نظر می‌رسد که n_1 تابع IFT، S_{wi} می‌باشد

دسته دوم نقاط منطقه‌ای را تشکیل می‌دهند که دارای

GTR بالا و Y_g بزرگتر از واحد می‌باشد و نشان دهنده غلبه

اثر اینرسی هستند. $K_{rg} < (K_{rg})_{mer}$ که در نمونه

مغزه‌هایی با β بیشتر، مشهودتر می‌باشد. این امر، اصولاً

به خاطر استفاده از فاکتور اینرسی (β) حالت تکفازی در

تبدیل K_{rg} برای حالت اینرسی است. این انحراف در

مقایسه با حالت قبل کمتر بارز است و محدود به محدوده

که به صورت زیر بیان می شود:

$$\eta_1 = \frac{C_1 A_1 + C_2 [\log(\text{IFTr})]^{C_3}}{A_1 + C_2 [\log(\text{IFTr})]^{C_3}} \quad (21)$$

$$A_1 = C_4 e^{C_5 S_w}$$

where

$$C_1 = 0.838$$

$$C_2 = 0.316$$

$$C_3 = 12$$

$$C_4 = 646$$

$$C_5 = -C_3 = -12$$

در کل این آزمایش شکل تابعی هر قسمت، گام گام و با در نظر گرفتن تاثیرات غالب نوشته شد و سپس به صورت مفهومی تعمیم داده و نهایی شد.

همان گونه که پیشتر اشاره شد، این روش بر پایه انتقال کلیه $(Y_g)_{main}$ محاسبه شده بر روی یک منحنی است که می توان آنها را هم با یک معادله ساده ریاضی به صورت زیر بیان کرد:

$$(Y_g)_{Main} = \frac{1 + C_6 x}{1 + C_6 x + A_2 x^2} \quad (22)$$

where

$$C_6 = -0.269$$

$$A_2 = C_7 e^{\left[\frac{C_8}{k \sqrt{\beta}} \right]}$$

$$C_7 = 0.111$$

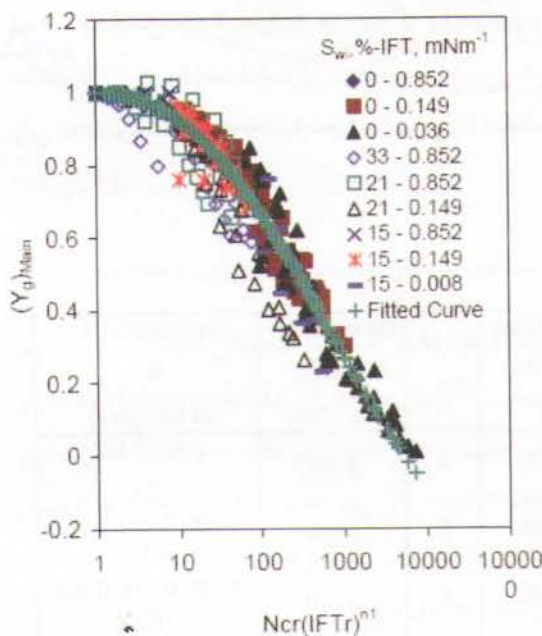
$$C_8 = -50$$

$$x = \log[\text{Ncr}(\text{IFTr})^{\eta_1}]$$

که η_1 در رابطه 21 محاسبه شده است.

در این بخش برای اطمینان از همگرایی روند برای حالت تابعی C7 داده های آزمایشگاهی برای مخزن Cream Texas مورد استفاده قرار گرفت. برای اطلاعات مغزه های این مخزن از همان اعداد ثابتی که در Berea, Clashach به دست آمده بود، استفاده شد (C1) تا C4 در رابطه (21) و C5, C6 در رابطه (22) و تنها متغیری که تعیین شد C7 بود.

شکل (3) نمودار $(Y_g)_{main}$ محاسبه شده توسط معادله (19) با استفاده از اطلاعات تراوایی نسبی گاز اندازه گیری شده برای آزمایش های مغزه Clashach به همراه بهترین نموداری که مقادیر به دست آمده از معادله (21) را می پوشاند، نشان می دهد.



شکل (3) $(Y_g)_{main}$ vs. $\text{Ncr}(\text{IFTr})^{\eta_1}$ برای مغزه های Clashach با η_1 محاسبه شده از معادله 21 که با معادله 22 به صورت بهترین منحنی همان شده، جمع شده است.

همان طور که قبلاً اشاره شد، یک بخش اضافی در رابطه برای در نظر گرفتن تاثیرات زیر حفره های داخل مغزه وجود دارد. شکل (4) مشخص می کند که تفاوت بین $(Y_g)_{main}$ محاسبه شده، معادله (22) را و مقادیر متناظر آن که به وسیله K_{rg} در GTR ثابت تخمین زده می شود. معادله (21) را می توان به صورت خط راست ساده ای بیان داشت، این تفاوت که ناشی از وجود ریز حفره ها است. از این پس به صورت $(Y_g)_{Micoeff}$ نمایش داده خواهد شد. در نتیجه تابعی که با اعمال تغییر روی $(Y_g)_{main}$ آن را بهبود می بخشد، می تواند به صورت زیر

شماره ۲۰ - فروردین ۱۳۸۴

تعریف شود:

$$(Y_g)_{All} = (Y_g)_{Mam} - (Y_g)_{MicPoeff} \quad (23)$$

پرشده‌اند و فشار موینگی معادل با یک حفره یک میکرونی اعمال می‌کنند را می‌توان به‌عنوان ریز حفره‌ها در نظر گرفت. این مقدار برای نمونه مغزه‌های Clashach حدود 0.032 و برای مغزه Berea با تاثیر بازه وسیع GTR تا 0.232 افزایش می‌یابد. اما در مورد مغزه‌هایی با درصد زیادی از ریز حفره‌ها مثل نمونه مغزه‌های Texas Cream با $S_{wim} = 0.43$ که حتی در کشش سطحی مینا، معادل 0.852 mNm^{-1} جریان گاز تحت تاثیر جریان میعانات نبوده و مقدار $(K_{rgb})_{meas}$ بسیار نزدیک به واحد خواهد بود (شکل 5). شکل تابع پیشنهاد شده برای $(Y_g)_{micPoeff}$ به صورت زیر بیان می‌شود:

(24)

$$(Y_g)_{MicPoeff} = (C_9 + C_{10}x)A_3A_4$$

$$C_9 = -0.3$$

$$C_{10} = 1.23$$

$$x = \log[Ncr(IFTr)^{n_1}]$$

که n_1 طبق رابطه (21) تعریف می‌گردد. در معادله (24)، A_3 تاثیر مقدار GTR و IFT را بر روی مغزه‌هایی با درصد کم یا متوسط ریز حفره‌ها طبق رابطه زیر محدود می‌سازد:

$$A_3 = \left[\frac{C_{11}^2 + GTR^{A_1}}{C_{11} + GTR^{A_1}} \right] \quad (25)$$

$$A_4 = C_{12} \left[1 - S_{wim} \left(\frac{C_{13}}{S_{wim}} \right) \right]^{C_{14}} + \frac{C_{15} S_{wim} \left(\frac{C_{13}}{S_{wim}} \right) e^{\left(\frac{C_{14}}{IFTr} \right)}}{(1 - S_{wi})^{C_{16}}}$$

که:

$$C_{11} = 1E-5$$

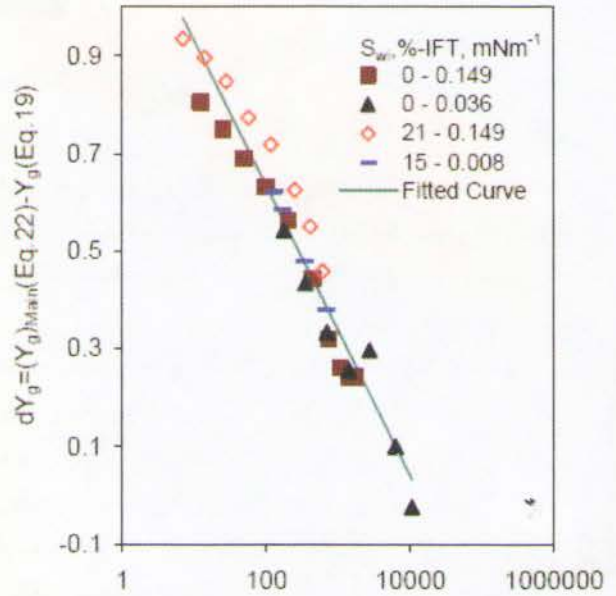
$$C_{12} = 4E+3$$

$$C_{13} = 0.01$$

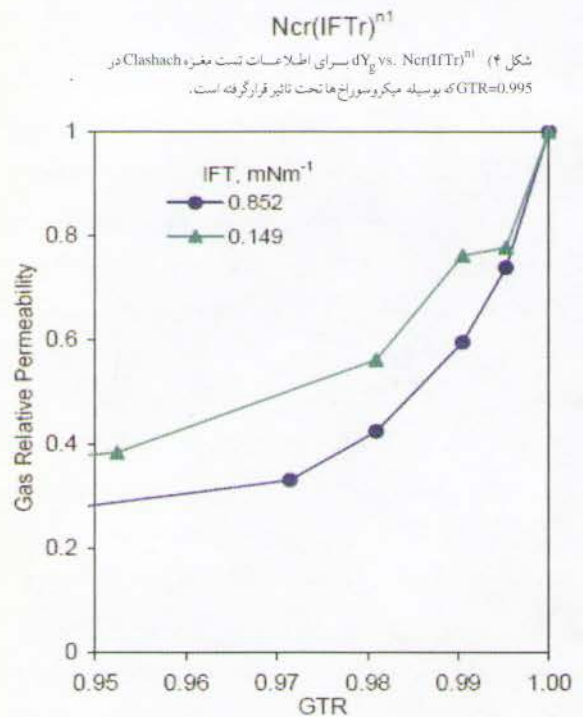
$$C_{14} = 4$$

$$C_{15} = 150$$

$$C_{16} = 10.$$



شکل 4) dY_g vs. $Ncr(IFTr)^{n_1}$ برای اطلاعات تست مغزه Clashach در GTR=0.995 که بوسیله میکروسوراخ‌ها تحت تاثیر قرار گرفته است.



شکل 5) نفوذپذیری نسبی گاز در برابر گاز به Fractional Flowrate کل (GTR) برای مغزه Texas Cream در مقادیر کشش سطحی مختلف $S_{wi}=0\%$ و سرعت $md^{-1} 5.6$

محدودیت و یا گستردگی $(Y_g)_{micPoeff}$ خود تابعی از IFT, GTR و نیز درصد زیر حفره‌های موجود در مغزه است. جزیی از حفره‌ها که با فاز ترکننده

در رابطه (24)، A_4 نیز کاربرد این بخش از معادله را برای نمونه‌هایی که دارای ریزحفره‌های زیادی هستند محدود می‌سازد:

$$A_4 = \left[\frac{1 + S_{wlum} C_{18}}{C_{17} + S_{wlum} C_{18}} \right] \quad (26)$$

که:

$$C_{17} = \frac{1}{C_{11}} = 1E+5$$

$$C_{18} = -9.5$$

نتیجه‌گیری

رابطه جدید برای تراوایی نسبی که مجموع تأثیرات مثبت همسازي و منفی اینرسی و نیز ریزحفره‌ها را در نظر می‌گیرد، مورد مطالعه و توسعه قرار گرفت. رابطه جدید K_{rg} بین منحنی‌های K_{rgb} و K_{rgm} به صورت تابعی از جریان جزیی درون‌یابی می‌شوند. تعریف جریان جزیی K_{rl} را به K_{rg} مرتبط می‌کند. به همین جهت نیازی برای تکرار محاسبات برای K_{rl} نیست. منحنی K_{rgm} طوری درست می‌شود که شامل اثر اینرسی با استفاده از عامل اینرسی (β) در حالت تکفازی نیز باشد (معادله 12). K_{rgb} منحنی ایست که به وسیله اندازه‌گیری در سرعت‌های پایین و کشش سطحی بالا که برای تأثیر اینرسی تصحیح شده است به دست می‌آید (معادله 15). یک پارامتر درون‌یابی تصمیم‌یافته $(Y_g)_{all}$ (معادله 23) ایجاد شد و برای خواص پتروفیزیکی معمول تصحیح گردید. اگرچه داده‌های مغزه‌های خاصی در به دست آوردن رابطه مورد استفاده قرار گرفت، ولی نتایج عمومیت رابطه را مشخص می‌کند.

در مجموع روش جدید، نتیجه عمومی‌تر، دقیق‌تر، عملی‌تر و از نظر فیزیکی رابطه بهتری را ارائه می‌دهد. ■