



تعیین لحظه‌ای خواص اساسی دینامیک مخزن در اطراف دهانه چاه‌های تزریقی آب با استفاده از داده‌های روزانه فشار و نرخ تزریق

سارا شکراله زاده بهبهانی^۱، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

مهدی زینلی حسونه^۲، حسن محمودیان^۳، محمدعلی احمدی^۴، پژوهشگاه صنعت نفت

چکیده

برنامه‌ریزی برای عملیات تزریق و تعیین زمان بهینه جهت اسیدکاری یک چاه تزریقی نیازمند تعیین خواص مخزن در اطراف دهانه چاه است. روش مرسوم برای تعیین این خواص، استفاده از دو چاه مشاهده‌ای و تزریقی است که این کار مستلزم توقف عملیات تزریق و صرف زمان و هزینه‌های اضافی است. بر اساس تحقیقات انجام شده استفاده از داده‌های روزانه تولیدی یا تزریقی می‌تواند راه‌حل مناسبی برای کاهش هزینه‌های جانبی باشد. در این مقاله سعی شده با استفاده از داده‌های روزانه تزریق شامل فشار، نرخ و مدت زمان تزریق، خواص اصلی دهانه چاه مانند میزان و شعاع آسیب تعیین گردد. در این روش به صورت مستقیم تنها از داده‌های روزانه تزریق استفاده می‌شود و وضعیت دهانه چاه و مخزن به شکل لحظه‌ای قابل بررسی است.

در این مقاله با مطالعه کارهای انجام شده، فرآیند تزریق مدل‌سازی و روشی برای تعیین خواص مخزن در دهانه چاه ابداع گردید. در نهایت این روش به عنوان روش استاندارد تحلیل داده‌های تزریق برای تعیین خواص اطراف دهانه یک چاه تزریقی به مدت دو سال به کار برده شد که نتایج حاصل با وضعیت واقعی چاه انطباق داشت.

واژگان کلیدی: تزریق آب، آسیب دیدگی اطراف دهانه چاه، نرخ تزریق، فشار تزریق، نمودار هال، تزریق پذیری

مقدمه

تعیین میزان تخلخل و اثر پوسته در چاه‌های تزریقی استفاده از آزمایش قطع تزریق^۴ است. در این روش باید حداقل دو چاه تزریقی و مشاهده‌ای موجود بوده و عملیات تزریق برای مدتی قطع شود. علاوه بر آن انجام آزمایش جهت تعیین خواص مخزنی و چاه در این روش، نیازمند استفاده از حس‌گرهای فشاری در ته چاه به وسیله کابل^۵ است. اگر چه این روش دقت مناسبی دارد اما با مشکلاتی نظیر قطع عملیات تزریق، زمان بر و پرهزینه بودن نیز روبرو است. پژوهش‌گران مختلف برای رفع مشکلات آزمایش قطع تزریق، با مدل‌سازی حرکت سیال تزریق در چاه، مدل‌ها و نمودارهای کمکی ارائه کرده‌اند که به وسیله آنها بدون نیاز به قطع جریان تنها با محاسبه متغیرهای اولیه‌ای مانند حجم و زمان تزریق و فشار سرچاه می‌توان اطلاعات مناسبی را از وضعیت مخزن، اثر پوسته، تزریق‌پذیری چاه و وجود شکاف در اطراف چاه به دست آورد. این روش‌ها شامل نمودار هال [۱] و نمودار هیرن [۲] است که به روش مستقیم معروفند.

در این مقاله سعی شده با استفاده از داده‌های سازگاری آب

تزریق آب در لایه‌های مختلف زمین با هدف تثبیت فشار، ازدیاد برداشت یا دفع آب همراه نفت صورت می‌گیرد. به علت وجود مواد مختلف محلول در آب تزریقی، تزریق با آب با چالش‌هایی همراه است. از جمله این مشکلات می‌توان به کاهش تراوایی مخزن به دلیل ناسازگاری آب تزریقی با آب سازندی، شکستگی سازند در اثر افزایش فشار تزریق به میزانی بیش از فشار شکاف لایه، تعیین حجم قابل تزریق در یک سازند و تعیین محدوده تزریق جهت اطمینان از ترکیب آب دفع شده با سفره‌های آب‌های شیرین اشاره کرد. نگهداری آب همراه نفت در سطح زمین یا دفع آن در رودخانه‌ها به دلیل شوری زیاد و وجود عناصر رادیواکتیو در آن از دیدگاه زیست محیطی ممنوع است.

به منظور دفع به موقع آب تولیدی از یک واحد بهره‌برداری و تعیین میزان گسترش آب در سازند تزریقی، اطلاع از سازگاری آب‌های تزریقی و سازندی، میزان و نوع نمک آن و تعیین دقیق خواص سنگ سازند مانند تراوایی و تخلخل لازم است. روش مرسوم در

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات (hasanvand@put.ac.ir)

$$m = \frac{\mu_w B_w \ln(r_e / r_w)}{0.00707 k_w h} \quad (1)$$

مهم‌ترین پیش‌فرض‌های این رابطه ثابت بودن فشار مخزن و شعاع تزریق است. برای تعیین مقدار تغییر تزریق‌پذیری و اثر پوسته از مفهوم گذرپذیری^۶ استفاده می‌شود. با توجه تعریف گذرپذیری داریم:

$$Tm = \frac{k_w h}{\mu_w} \propto \frac{1}{m} \quad (2)$$

بر اساس این رابطه با توجه به تغییر واحد از پام-ماه بر بشکه (P/Q) به میلی‌داریسی-فوت بر سانتی‌پوز (Kh/μ)، ضریب ۲۹/۲ به رابطه افزوده می‌شود و رابطه تبدیل به تساوی رابطه-۳ می‌گردد.

$$Tm = \frac{4.884 B_w \ln(r_e / r_w)}{m} \quad (3)$$

بنابراین اگر در نمودار حال شیب افزایش یابد گذرپذیری در محیط متخلخل کاهش یافته است. با داشتن دو مقدار مختلف گذرپذیری می‌توان با تحلیل ریاضی روابط، مقدار اثر پوسته در اطراف دهانه چاه را محاسبه کرد. اگر چاه دچار اثر پوسته شده و تراوایی آن کاهش یافته باشد تراوایی میانگین برابر است با:

$$k_{avg} = \frac{k_a k_e \ln(r_e / r_w)}{k_a \ln(r_e / r_a) + k_e \ln(r_a / r_w)} \quad (4)$$

با جاگذاری تعریف گذرپذیری در رابطه-۴ و با فرض ثابت بودن ضخامت مخزن و گراندروی سیال در طول شعاع تزریق به رابطه-۵ می‌رسیم:

$$Tm_{avg} = Tm_2 = \frac{Tm_a Tm_1 \ln(r_e / r_w)}{Tm_a \ln(r_e / r_a) + Tm_1 \ln(r_a / r_w)} \quad (5)$$

با فرض داشتن مقدار شعاع آسیب (r_a) که اغلب حدود ۳ فوت است [۳]، از رابطه-۵ مقدار گذرپذیری در ناحیه آسیب (Tm_a) به دست می‌آید. با داشتن مقدار Tm_a، متغیرهای مهم تزریق‌پذیری مانند ضریب پوسته، افت فشار در ناحیه پوسته، نسبت آسیب^۷، توان جریان^۸، ضریب آسیب^۹ و حداقل افزایش تزریق^{۱۰} از روابط ۶a تا ۶g به دست می‌آید:

تزریقی و سازندی، خصوصیات زمین‌شناسی چاه تزریقی و داده‌های مربوط به عملیات تزریق در یک چاه واقعی دفع آب، خصوصیات اصلی مخزن و اثر پوسته، همراه با کارایی مدل‌های ارائه شده در این زمینه بررسی شود. از نقایص روش‌های هیرن و هال مجهول بودن هم‌زمان فشار مخزن، شعاع پوسته چاه و تراوایی اطراف دهانه چاه است که در روش ابداعی این مشکل برطرف شده است.

۱- مدل‌سازی

۱-۱- تعیین خواص مخزن به روش هال

در عملیات تزریق آب، تعیین میزان تزریق‌پذیری چاه برای تعیین نرخ، فشار و برنامه تزریق ضروری است. در صورت کاهش تزریق‌پذیری چاه، تعیین مقدار آسیب چاه از طریق دو آزمایش افت یا روش مستقیم صورت می‌گیرد. روش آزمایش افت نسبت به روش مستقیم زمان‌بر، پرهزینه و نیازمند توقف تزریق در هر دو چاه است. در روش مستقیم مقدار و طبیعت افت تزریق‌پذیری بدون نیاز به چاه مشاهده‌ای تنها با استفاده از داده‌های تزریق خود چاه تعیین می‌شود.

هال برای تحلیل وضعیت تزریق‌پذیری چاه نموداری ارائه داد. این نمودار که باید به صورت ماهیانه تهیه شود شامل مجموع فشار در زمان تزریق نسبت به حجم تزریق شده کل در همین بازه زمانی است. تحلیل نمودار هال قبل و بعد از عملیات تحریک چاه، میزان موفقیت این عملیات را نشان می‌دهد. به طور کلی افزایش شیب منحنی نمودار نشان‌دهنده کاهش تزریق‌پذیری است. بر اساس رابطه داریسی در مختصات استوانه‌ای شیب نمودار فشار-نرخ برابر است با:

بیشترین میزان نمک تشکیل شده در اثر ناسازگاری آبهای تزریقی و سازندی (گرم بر مترمکعب)					
نوع نام ترکیب شیمیایی	کارون، لایه-۲ فیلین	کارون، لایه-۳ فیلین	آسماری، لایه-۲ فیلین	آسماری، لایه-۳ فیلین	آسماری- کارون
سولفات باریم (باریت)	۳۴	۰	۳۰	۰	۰
کربنات کلسیم (آراگونیت)	۲۶	۷۰۰	۲۰	۹۰۰	۴۴۳
سولفات کلسیم (انیدریت)	۰	۰	۰	۰	۰
سولفات کلسیم (سلسیت)	۰	۰	۰	۰	۰



$$M = (k_w \mu_o / k_o \mu_w) \quad \text{که در آن:}$$

رابطه ۷- با اندکی تغییر به رابطه ۸- تبدیل می‌شود که در آن مقادیر r_o و r_e با استفاده از موازنه جرمی به دست می‌آیند.

$$q_w = \frac{0.01414 k_w h (P_w - P_e)}{\mu_w B_w (\ln(r_o^2 / r_a^2) + M \ln(r_e^2 / r_o^2))} \quad (۸)$$

که در آن:

$$r_o^2 = FW_i$$

$$r_e^2 = CW_i$$

$$F = (5.615 / \pi h) \times \phi (\bar{S}_{wBr} - S_{wc})$$

$$C = (5.615 / \pi h) \times \phi (1 - S_g - S_{wc})$$

با دست‌کاری روابط پیشین رابطه ۹- به دست می‌آید:

$$\frac{\Delta P}{q_w} = a \ln W_i + a \left(\ln \frac{F}{r_a^2} + M \ln \frac{C}{F} \right) \quad (۹)$$

$$a = \frac{\mu_w B_w}{0.01414 k_w h} \quad \text{که در آن ثابت } a \text{ برابر است با:}$$

با رسم نمودار عکس تزریق‌پذیری نسبت به لگاریتم سیال تزریق شده کل، انتظار می‌رود منحنی خط راستی به شیب a و عرض از مبدأ $\left(\ln \frac{F}{r_a^2} + M \ln \frac{C}{F} \right)$ حاصل شود که همان نمودار هیرن است. با توجه به اینکه در رابطه ۹- تحرک‌پذیری^۳ و درصد اشباع تنها در بخش عرض از مبدأ وجود دارد می‌توان مقدار واقعی تراوایی مخزن را با استفاده از مقدار شیب محاسبه کرد.

در گزارش‌های صنعتی چهار نمودار زیر را ارائه می‌دهند:

الف) نرخ و فشار تزریق نسبت به زمان

ب) نمودار حال

ج) نمودار هیرن

د) نمودار شاخص تزریق‌پذیری و نرخ کل تزریق نسبت به زمان

با مقایسه نمودارهای حاصل می‌توان از خواص مخزن در اطراف دهانه چاه و وجود شکاف اطلاع یافت [۶].

۳-۱- روش ابداعی

از جمله مشکلات روش حال و هیرن بیشتر بودن تعداد مجهول‌های رابطه

$$S = \frac{(k_e - k_a)}{k_a} \ln(r_a / r_w) = \frac{(Tm_1 - Tm_a)}{Tm_a} \ln(r_a / r_w) \quad (۶a)$$

$$\Delta P_a = \frac{q_{sc2} B_w S}{0.00707 T m_1} \quad (۶b)$$

$$P_e = P_{w1} - \frac{q_{sc2} B_w S}{0.00707 T m_1} \quad (۶c)$$

$$DR = \frac{P_e - P_w}{P_e - P_w - \Delta P_a} \quad (۶d)$$

$$FE = 1 / DR \quad (۶e)$$

$$DF = 1 - FE \quad (۶f)$$

$$I_{sr} = DR(q_{sc2}) \quad (۶g)$$

دلیل‌هاو [۴] نشان داد که نتایج حاصل از نمودار حال قابل اعتمادتر از نتایج مربوط به آزمایش افت می‌باشد. نمودار حال در اصل برای حالت تک فاز (آب) در شرایط پایا و جریان استوانه‌ای سیال نیوتنی ارائه شده است. این روش با فرض پایدار بودن شرایط استفاده می‌شود و به دلیل اینکه داده‌ها در بازه‌های زمانی مشخص هفتگی و ماهانه بررسی می‌گردد این امکان وجود دارد که تغییر متغیرهای تزریق نسبت به زمان مشخص شود. داده‌یابی^{۱۱} در روش حال ساده است و تنها داده‌های مورد استفاده، حجم کل تزریق و فشار تزریق است که در نهایت باید به فشار ته‌چاهی تبدیل شوند. وابسته بودن شیب نمودار به هر دو مقدار ضریب پوسته (S) و گذرپذیری^(k_{rw}/h) مهم‌ترین نقص روش نمودار حال است که برای حل آن مقدار شعاع پوسته را با حدس و خطا تعیین می‌کنند. (شعاع ۳-۱ فوت) [۳].

۲-۱- تعیین خواص مخزن به روش هیرن^{۱۲}

این روش برای تخمین دقیق تراوایی مخزن در عملیات تزریق آب به یک لایه نفتی ارائه شده است. در این روش فرض می‌شود فاز گازی در محیط متخلخل وجود ندارد و سطح تماس آب و نفت پیستون‌مانند است. روش هیرن در واقع روش تصحیح شده ماسکت [۵] برای محاسبه چاه فشار ثابت است. بر این اساس حرکت سیال در اطراف دهانه چاه طبق رابطه ۷- خواهد بود:

$$q_w = \frac{0.00707 k_w h (P_w - P_e)}{\mu_w B_w (\ln(r_o / r_a) + M \ln(r_e / r_o))} \quad (۷)$$

یکی از چهار خصوصیت اصلی محاسبه می کردند.

در روش ابداعی از یک معادله اضافی استفاده می شود. همان طور که در رابطه ۹- نشان داده شده عرض از مبدأ رابطه هیرن تابعی از خواص دینامیک و استاتیک مخزن در اطراف دهانه چاه بوده و برابر است با:

$$a \left(\ln \frac{F}{r_a^2} + M \ln \frac{C}{F} \right) = a \left(\ln \frac{(5.615 / \pi h) \times \phi (\bar{S}_{wBt} - S_{wc})}{r_a^2} + (k_w \mu_o / k_o \mu_w) \ln \frac{(1 - S_g - S_{wc})}{(\bar{S}_{wBt} - S_{wc})} \right) \quad (10)$$

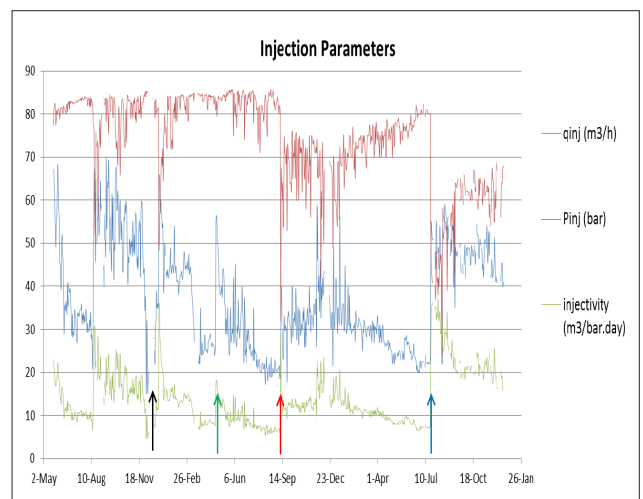
بنابراین در صورت اطمینان از اینکه حین عملیات تزریق و اسیدکاری شکافی در سازند ایجاد نشده (خواص استاتیک سازند در اطراف دهانه چاه ثابت بماند) می توان با مقایسه عرض از مبدأ نمودار هیرن قبل و بعد از عملیات، رابطه چهارمی برای محاسبه خواص مخزن (شعاع معادل و تراوایی) به دست آورد. تحلیل داده های واقعی نشان می دهد که در این شرایط شیب نمودار هیرن قبل و بعد از انجام عملیات یکسان است. رابطه ۱۰- در واقع همان رابطه اضافی است که می تواند تعداد معادله ها و مجهول های مسئله را برابر کند. از این رو برای محاسبه سایر متغیرها نیازی به حدس اولیه نیست. تشریح این روش در ادامه خواهد آمد.

۲- بررسی عملیات واقعی تزریق آب

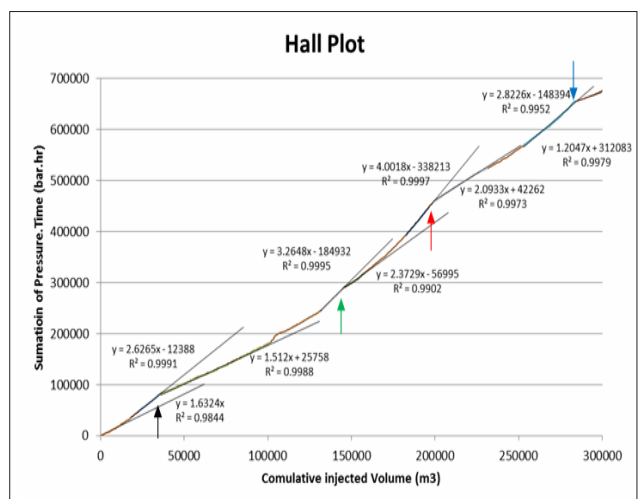
در مطالعه موردی دفع پساب حاصل از تولید نفت سازند فهلیان در میدان دارخوین، به سازند آسماری این میدان به عنوان لایه تزریقی می پردازیم. نتایج آزمایش فشار^{۱۴} در این سازند نشان می دهد در عمق ۱۴۹۰-۱۴۴۳ متری، فشار سازند برابر ۲۲۴۱-۲۱۶۴ پام است که تغییرات فشار در این لایه وجود آب را به عنوان سیال سازندی تأیید می کند. بررسی شیمیایی نمونه آب تزریقی و آب سازندی و هم چنین محاسبات تعادل شیمیایی نشان می دهد که آب سازند آسماری حاوی مقدار جامد محلول^{۱۵} زیادی است (۲۴۰ گرم بر لیتر) که بیشتر از سدیم و کلرید کلسیم تشکیل شده است. آب تولیدی از سازند مخزنی فهلیان در مقایسه با سازند آسماری نمک کمتری دارد. میزان جامد همراه آب این سازند در دو زیر لایه اصلی به ترتیب ۷۵ و ۱۵۰ گرم بر لیتر است که بیشتر آن از کلرید سدیم و کلرید کلسیم تشکیل شده است.

نتایج محاسبات سازگاری آب^{۱۶} توسط نرم افزار SOLMINEQ88

نسبت به معادلات است. به همین دلیل برای حل رابطه ها و به دست آوردن مقادیر لازم باید با استفاده از حدس های اولیه برخی از مقادیر را به صورت پیش فرض در نظر گرفت. به عنوان مثال در رابطه هال مقدار شعاع آسیب را ۳-۱ فوت در نظر می گیرند و با این فرض مقدار سایر متغیرها (مانند تراوایی، ضریب آسیب و ...) را با حل معادلات متناسب با متغیرهای باقیمانده تعیین می کنند. در این دو روش مقدار آسیب (S)، شعاع آسیب (r_a)، فشار سازند در مرز (P_e) و تراوایی مخزن (K_w) مجهول است که با فرض داشتن رابطه آسیب (fa)، شیب نمودار هال (از رابطه ۵-) و شیب نمودار هیرن (از رابطه ۹-)، معادله دیگری برای حل دقیق خواص مخزن وجود دارد. در روش های قبل این مشکل را از طریق حدس و خطای



۱ | نرخ تزریق آب، فشار تزریق و تزریق پذیری چاه نسبت به زمان



۲ | نمودار هال (مجموع اختلاف فشار دهانه چاه در زمان نسبت به حجم تزریق) مربوط به داده های تزریق طی دو سال



هیرن به همراه تاریخچه مربوط به تزریق آب طی دو سال رسم می شود. در شکل های ۱-۲ و ۳ زمان انجام این عملیات ها با خطوط پیکان دار سیاه، سبز، قرمز و آبی مشخص شده است.

با توجه به اختلاف فشار تزریق نسبت به فشار ایجاد شکاف، به دلیل اسیدکاری و کاهش یکباره ضریب پوسته در اطراف دهانه چاه است که تغییر عرض از مبدأ نمودار هیرن عملکردی مشابه شکاف دارد. برای تعیین دقیق مقدار شعاع معادل (r_a) و تراوایی اطراف دهانه چاه از روابط نهایی هیرن و هال به شکل هم زمان استفاده می کنیم. برای این منظور مقدار تفاضل عرض از مبدأ دو نمودار به دست می آید. با استفاده از رابطه ۱۰- در چاه های دفعی چون سیال اولیه و سیال تزریقی هر دو آب هستند می توان نسبت تحرک پذیری (M) را برابر یک در نظر گرفت. در این صورت با توجه به ثابت بودن ضرایب F و C قبل و بعد از اسیدکاری (با فرض حذف کامل آسیب طی عملیات اسیدکاری)، تفاضل عرض از مبدأ برابر خواهد بود با:

$$a \ln \frac{r_w^2}{r_a^2} = 2a \ln \frac{r_w}{r_a} \quad (11)$$

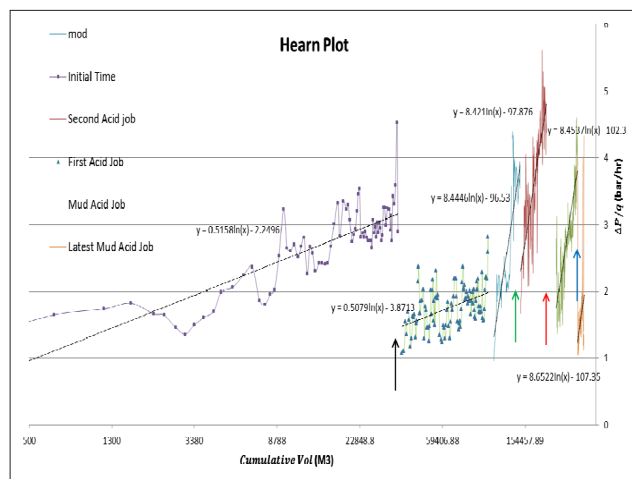
مقدار گرانیوی و انبساط آب سازند در شرایط مخزن و ضخامت سازند در چاه مورد مطالعه به ترتیب برابر است با ۰/۴۸cp و ۱/۰۱ و ۳۶ft. با استفاده از رابطه ۹- و شیب ۸/۴ مقدار تراوایی میانگین مخزن برابر ۸۲md خواهد بود. با داشتن مجهول رابطه هال یعنی شعاع آسیب می توان مقدار ضریب پوسته و تراوایی مخزن را با استفاده از روابط ۹ و ۱۰ محاسبه کرد. بر این اساس خواص اطراف دهانه چاه از جمله تراوایی، آسیب و شعاع آسیب طی عملیات های مختلف در جدول ۳ ارائه شده است. نکته مهم در این روش حل آنست که چون تعداد متغیرها و معادلات در رابطه برابرند، مقادیر به دست آمده قطعی اند و در واقع می توان آنها را به عنوان نتایج واقعی چاه آزمایی در نظر گرفت. در سایر روش های هال و هیرن به دلیل فرضی بودن برخی متغیرها باید از روش های دیگر به راستی آزمایی نتایج حاصل پرداخت. اما در این روش چون هیچ یک از متغیرهای اساسی فرضی نیستند، نتایج قابل اتکاست. به هر حال انجام آزمایش های چاه آزمایی می تواند نتایج حاصل را مورد تأیید قرار دهد.

نتیجه گیری

طی این مقاله روش مستقیم تعیین خواص مخزن مانند فشار و تراوایی

PC/Shell انجام شده که در این محاسبات نسبت های مختلف آب لایه های فلهیان ۲-۳ و رودخانه کارون به عنوان آب تزریقی و لایه آسماری به عنوان لایه تزریقی در نظر گرفته شده است. نتایج محاسبات نشان می دهد مقدار اندکی از رسوب سولفات باریم (باریت) در تمام محدوده ترکیب به وجود می آید. بیشترین مقدار رسوب باریت برابر ۳۰g/mc است. کربنات کلسیم (آراگونیت، کلسیت) دومین نمکی است که امکان تشکیل در محدوده ترکیب را دارد. با توجه به جدول ۱ خطر ایجاد رسوب باریت به علت کم بودن مقدار و سرعت واکنش ناچیز است؛ در حالی که رسوب کلسیت به دلیل وضعیت آب رودخانه مهم ترین رسوب ایجاد شده در تأسیسات سطحی و سازند تزریقی است. مقدار رسوب ایجاد شده در سطح و ته چاه به ترتیب ۷۰۰g/mc و ۹۰۰mc است. تشکیل رسوب کلسیت تابع یون های قلیایی^{۱۷} موجود در آب است. با کاهش این یونها میزان رسوبات کربناته کاهش می یابد. به همین منظور افزودن پوسته مواد شیمیایی کاهنده قلیایی ها به تأسیسات سطحی و ته چاه می تواند سبب کاهش فرآیند رسوب زایی شود.

به منظور تزریق متناوب آب و کاهش آسیب اطراف دهانه چاه در اثر ایجاد رسوب، فرایند فرآوری آب صورت می گیرد. هرچه طی این فرآوری، نمک بیشتری از آب گرفته شود رسوب کمتری در شرایط مخزن تشکیل می گردد. به هر حال به دلیل ناسازگاری آب تزریقی با آب سازندی ایجاد آسیب در دهانه چاه تزریقی اجتناب ناپذیر است و داده های تولید نیز این موضوع را تأیید می کنند. طی حدود دو سال تزریق آب به سازند آسماری، چهار مرتبه عملیات اسیدکاری انجام شده است. برای تعیین خواص سازند طی عملیات تزریق آب و موفقیت عملیات اسیدکاری، نمودارهای هال و



شکل ۳ نمودار هیرن (اختلاف فشار تزریقی نسبت به نرخ نسبت به حجم تزریق) مربوط به داده های تزریق طی دو سال

۲ نتایج حاصل از نمودارهای هال و هیرن شامل شیب و عرض از مبدأ

شماره عملیات اسیدکاری	نمودار هال		نمودار هیرن	
	شیب قبل از عملیات	شیب بعد از عملیات	شیب قبل از عملیات	شیب بعد از عملیات
۱	۲/۶	۱/۵	۰/۵	۰/۵ (افت نمودار)
۲	۳/۲	۲/۳	۸/۴	۸/۴ (افت نمودار)
۳	۴	۲	۸/۴	۸/۴ (افت نمودار)
۵	۲/۸	۱/۲	۸/۴	۸/۶ (افت نمودار)

به همراه خواص دهانه چاه مانند میزان آسیب، شعاع آسیب و تراوایی ناحیه آسیب ارائه شد. این خواص تنها با استفاده از داده‌های روزانه تزریق مانند فشار، نرخ و زمان تعیین گردید. برای موضوع مطالعه از داده‌های مربوط به تزریق روزانه یکی از چاه‌های دفع پساب میدان دارخوین استفاده شد. نتایج حاصل نشان‌دهنده موفقیت عملیات اسیدکاری در رفع رسوب و آسیب اطراف دهانه چاه است. مطالعه و تحلیل داده‌های روزانه تزریق به این روش می‌تواند رفتار رسوبات موجود در آب تزریقی در ایجاد آسیب اطراف دهانه چاه را نشان دهد. اطلاعات حاصل از روش مستقیم دارای دقت زیادی بوده و نیازمند زمان و هزینه اندکی است. از این روش حاضر بر روش مرسوم تست افت (Fall of Test) ارجحیت دارد. در این روش نیازی به توقف تزریق برای انجام عملیات چاه‌آزمایی نیست و تنها با استفاده از داده‌های تزریق یک چاه می‌توان خواص دینامیکی مخزن و اطراف دهانه چاه را محاسبه کرد. برخلاف روش‌های قبل که در تعیین متغیرهای دینامیکی اطراف دهانه چاه از روش حدس و خطا استفاده می‌شد، به دلیل ارائه یک معادله اضافی، هیچ کدام از متغیرها فرضی نیست. این مسئله سبب دقت نتایج و تبدیل شدن این روش به یک روش چاه‌آزمایی دائمی می‌گردد. از دیگر نتایج این مطالعه، استفاده از داده‌های تزریق گاز در مخازن هیدروکربنی برای تعیین آبی خواص مخزن است. این روش نیاز به مطالعه دقیق‌تر و بررسی روش‌های چاه‌آزمایی در مخازن گازی دارد. ■

۳ خواص اطراف دهانه چاه طی عملیات‌های مختلف اسیدکاری در چاه تزریقی مورد مطالعه

شماره عملیات اسیدکاری	$\ln(r_w/r_a)$	ضریب پوسته	تراوایی ناحیه پوسته (md)
۱	-۰/۸۳۲۴	-۰/۳۵۲۲	۶۲۸/۰۶
۲	-۰/۶۷۶۳	-۰/۱۹۰۲	۷۸۱/۴۶
۳	۲/۸۶۱۳	۱/۴۳۰۷	۱۷۳/۱۵
۴	۲/۶۱۰۲	۱/۴۸۶۴	۱۸۱/۲۳

پانویس‌ها

- | | | |
|---------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1. mahmodianh@ripi.ir | 7 damage ratio | 13 mobility ratio |
| 2. ahmadi6776@yahoo.com | 8 flow efficiency | 14 MDT |
| 3. s.shokrollahzadeh@ahwaz.put.ac.com | 9 damage dactor | 15 True Dissolved Solid (TDS) |
| 4. fall off test | 10 minimum injection increase | 16 water compatibility |
| 5. wire line | 11 data acquisition | 17 alkalinity |
| 6. transmissibility | 12 Hearn Plot | |

منابع

- [1] Hall, H.N, "How to Analyze Water flood Injection Well Performance", WORLD OIL. (Oct.1963) 128- 130.
- [2] Moffitt, P.D. and Menzie, D.E.: "Well Injection Tests of Non-Newtonian Fluids, " paper SPE 7177 presented at the 1978 SPE Rocky Mountain Regional Meeting, Cody, WY, May 17-19.
- [3] R.S. Buell, H. Kazeml, F.H. Pottmann; "Analyzing Injctivity of Polymer Solutions With the Hall Plot", 1990, SPE 16963
- [4] Daniel E. Hawe, "Direct Approach Through Hall Plot Evaluation Improves The Accuracy Of Formation Damage Calculations And Eliminates Pressure, Fall-Off Testing" SPE-5989
- [5] Muskat, Morris, "Physical Principals of Oil Production", McGraw-Hill Book Co. Inc., New York, 1949, pp.682-686.
- [6] P.M. Jarrell and M.H. Stein, "Maximizing Injection Rates in Wells Recently Converted to Injection Using Hearn and Hall Plots", 1991, SPE 21724