بررسی و تعیین ناحیهی مناسب جهت عملیات سوراخکاری در ماسه سنگهای مخزن نفتی آسماری

سيد فخرالدين طاهرزاده موسويان ٬٬ محمدامين غلامزاده٬

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد- دانشگاه آزاد اسلامی ، واحد امیدیه ، گروه مهندسی نفت ، امیدیه ، ایران taherzadeh_res@yahoo.com ۳عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی ، واحد امیدیه ، گروه مهندسـی نفت ، امیدیه ، ایران m.a.gholamzadeh@iauo.ac.ir

چکیدہ :

در این مقاله انتخاب ناحیه مناسب جهت عملیات سوراخکاری در مخزن نفتی آسماری انجام شده است. میزان اشباع آب، تخلخل، تراوایی و تعیین پنجره ایمن و پایدار گل حفاری از پارامترهای بسیار مهم در این انتخاب است. تخلخل و تراوایی از خصوصیات سنگ مخزن است. تخلخل با استفاده از می شودارهای چاه پیمایی به دست میآید و تراوایی براساس دادههای تست چاه آزمایی محاسبه می شود. به منظور محاسبه یمناسب میزان اشباع آب در سازند مورد نظر، مدل های آرچی، حسین، سیماندوکس، دال، جوهاز، شلومبرژه و اندونزی استفاده شده و نتایج آن با مدل های آرچی، حسین، اشباع آب که توسط دادههای آزمایشگاهی بدست آمدهاند مقایسه می گردد. نتایج بدست آمده نشان می دهد که مدل اندونزی بهترین مدل پیشنهادی برای محاسبه اشباع آب است. در ادامه محاسبه خواص ژئومکانیکی سنگ مخزن به وسیلهی اطلاعات بدست آمده از نمودارهای پتروفیزیکی انجام می گردد. با توجه به خواص بدست آمده، ارزیابی ژئومکانیکی و تحلیل نتایج بر اساس معیار شکست موگی-کلمب انجام می شود. با استفاده از این ارزیابی نوع شکست در سازند تعیین می شود. نتایج این می موگی کلمب انجام می شود. با استفاده از این ارزیابی نوع شکست در سازند تعین می شود. نتایج این موالی گل منطبق بر مدل گسیختگی برشی عمیز و بالاترین حد مجاز فشار گل منطبق با مدل ارزیابی نشان می دهد که رژیم تنش در ناحیه مورد مطالعه از نوع تنش نرمال است. پایین ترین حد مجاز فشار گل منطبق بر مدل گسیختگی برشی عمیق و بالاترین حد مجاز فشار گل منطبق با مدل تعیین می گردد.

کلید واژه ها:عملیات سوراخکاری، اشباع آب ، پنجره ایمن و پایدار گل، تخلخل، سازند آسماری

Abstract:

In this paper, selecting the best location for perforation operation in Asmari formation. Water saturation, porosity, permeability, and the safe and stable mud window are very important parameters in the selection. Porosity and permeability of the physical properties of reservoir rocks. porosity and permeability are calculated based on using wireline Logs and well test data. for selected the best model for water saturation, initially Archie, Hossin, Simandoux, Doll, Juhasz, Schlumberger, and Indonesia Equations were used for calculating the water saturation for Asmari formation. The results were compared with double-layer models (developed by lab data) used for measuring water saturation. According to the results, the Indonesia model is the best one for measuring the water saturation. Then, the geomechanical properties of the reservoir were analyzed using the information gained from the petrophysical logs. By using the measured properties, both geomechanical evaluation and analysis results were carried out based on Mogi - Coulomb Failure Criterion. The evaluation showed the failure type of the formation. According to the results, the stress regime of the Asmari formation in Ahwaz oilfield is normal stress regime. The minimum and maximum allowable mud weight pressures are based on shear wide break out model and shear deep knock out model, respectively. When the allowable limits of the mud pressure were set, then the stable mud weight window was determined.

Keywords : Operation Perforation, Water Saturation, Safe And Stable Mud Window, Porosity, Asmari Formation

۱

مقدمه :

یکی از مهمترین اهداف در علم مهندستی نفت، بهبود و افزایش تولید است. عواملی که میتواند باعث کاهش تولید شود انتخاب نامناسب محل سوراخکاری است. این انتخاب نامناسب شامل تخمین نادرست اشباع آب، تعیین نادرست پنجره ایمن و پایدار گل حفاری و بروز اشتباه در تعیین تخلخل و تراوایی سازند تولیدی است. تعیین مناسب این پارامترها در افزایش تولید نقش بسزایی دارند. میزان اشباع آب در تعیین حجم و ستون مفید هیدروکربور از اهمیت ویژهای برخوردار است. برای تخمین اشباع آب میتوان از مدلهای پتروفیزیکی اشباع آب که در صنعت کاربرد زیادی دارند استفاده نمود. همچنین با ارزیابی ژئومکانیکی و تعیین معیار شکست مناسب برای سنگ مخزن میتوان پنجره ایمن و پایدار گل و محل مناسب محل سوراخکاری را انتخاب نمود.

آرچی [۱] مدل اشباع آب خود را براساس سازندهای تمیز و عاری از شیل ارئه کرد که این مدل در سازندهای شیلی به خوبی پاسخگوی تخمین اشباع آب نبود. حسین [۲] اشباع آب را به صورت تابعی از تخلخل، ضریب سیمان شدگی، ضریب پیچاپیچی، مقاوت شیل، مقاومت کل سازند و مقاومت اب سازند بیان کرد. سیماندوکس[۳] مدل پیشنهادی خود را بر پایهی ازمایش بر روی مخلوطی از ماسه و مونتموریلونیت بیان کرد. پوپان و لیواکس [۴] فرمولی که به نام اندونزی مشـهور اسـت را ارائه کردند. آنها اشباع آب را به صورت تابعی از حجم شیل، مقاومت شیل، مقاومت کل سازند و مقاومت آب سازند بیان کرد. جوهاز[۵] اشباع آب را به صورت تابعی از حجم شیل، تخلخل شیل، رسانایی شیل، تخلخل سازند و رسانایی آب سازند، بیان کرد. رضایی و لمون[۶] توانستند روش جدیدی را برای محاسبه آب اشباع شدگی مفید در سازندهای شیلی حاوی رسهای با ظرفیت تبادل کاتیونی کم ارائه کنند. آنها این مدل را با در نظر گرفتن مقدار ریز تخلخلها در رسها معرفی کردند وحید و الرواییلی [۷] با استفاده از نمودارهای NMR و ECS محاسبه حجم شیل را بهبود بخشید. در نتیجه مدلهای حجم شیل میزان اشباع آب را با دقت بیشتری محاسبه کرد.آبانگوآ و همکاران[۸] توانستند با استفاده از مدل آب دوگانه و مدل وکسمن- اسمیتس میزان اشباع آب را در میدان نفتی دلتای نیجر محاسبه کنند. آنها ميزان اشباع آب تخمين زده شده توسط مدل آب دوگانه را با مدل وكسمن- اسميتس مقايسه كردند. علیمرادی[۹] تمامی مدلهای محاسبه اشباع آب را بررسـی و میزان دقت آنها را با یکدیگر مقایسه نمود. ورنیک و زوباک [۱۰] دریافتند که استفاده از معیار مور- کلمب نمیتواند تنشهای برچای موثر در شکست سازند را بهخوبی تخمین نمیزند. بنابراین آنها از معیاری استفاده نمودند که تاثیر $\sigma_{_2}$ را بر مقاوت سازند در نظر میگرفت. العجمی و زیمرمن [۱۱] یک معیار شکست سه بعدی را به نام موگی-کلمب معرفی کردند. العجمی و زیمرمن [۱۲] معیار شکست موگی-کلمب را توسعه داده و نشان دادند که برای سنگهای متعددی دادههای شکست، از دقت خوبی برخوردار است.

بحث :

با توجه به دادههای پتروفیزیکی در دسترس ارزیابی پتروفیزیکی و تعیین تخلخل و لیتولوژی در سازند آسماری میدان اهواز انجام میگیرد. به منظور تعیین اشباع آب مدلهای آرچی، حسین، سیماندوکس، دال، جوهاز، شلومبرژه و اندونزی استفاده میشود و نتایج آن با مدلهای دولایهای محاسبه اشباع آب که توسط دادههای آزمایشگاهی بدست آمدهاند مقایسه میگردد. سپس بهترین مدل اشباع آب انتخاب میشود. با محاسبه خواص ژئومکانیکی سنگ مخزن توسط نمودارهای پتروفیزیکی صوتی، معیار مناسب برای شکست سازند انتخاب میشود. همچنین بر اساس این معیار شکست، مدل مکانیکی شکست دیواره چاه و پنجرهی ایمن و پایدار گل تعیین میگردد. میزان تراوایی نیز براساس اطلاعات اداره ارزیابی مخازن شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب بدست آمده است. با استفاده از داده ها و محاسبات یاد شده در بالا محل مناسب برای عملیات سوراخکاری تعیین میشود.

۱-تعیین مقادیر تخلخل و اشباع آب

نمودارهای تخلخل نوترون و دانسیته برای پیدا کردن تخلخل تصحیح شده و لیتولوژی سازند هستند. برای بدست آوردن تخلخل و لیتولوژی، لازم است که نمودار متقاطع مناسب از نمودارهای متقاطع شلومبرژه انتخاب شود. دو عامل اساسی در انتخاب نمودار متقاطع، نوع سیال حفاری مورد استفاده شده در عملیات حفاری و ابزارهای اندازهگیری نوترون و دانسیته هستند. به دلیل استفاده از ابزار محاسبه تخلخل نوترون و استفاده از ابزار لیتودانسیته در اندازهگیری چگالی سازند از نمودار متقاطع CP-1f استفاده شده است

۱-۱ بررسی مدل اشباع آب آرچی و مدلهای حجم شیل

۱-۱-۱مدل اشباع آب آرچی

آرچی کار خود را بر روی نمونههای زیادی از مغزههای سازندهای تمیز در گلف کاست متمرکز کرد. او تخلخل، تراوایی و مقاومت ویژهی نمونهها را که با شوریهای مختلف از ۲۰ ppm تا ۱۰۰۰ اشباع شده بودند اندازهگیری کرد. آرچی فرمول معروف خود را به صورت رابطهی (۱) بیان کرد.

$$S_w^n = \frac{R_w}{\phi^m R_t} \tag{1}$$

در این معادله R_w مقاومت آب سازندی ϕ تخلخل و m ضریب سیمانشدگی است و مقدار آن برابر $1/\Lambda$ تا ۲ است. R_t مقاومت واقعی سازند S_w اشباع آب و n توان اشباعشدگی است که آرچی آن را برابر ۲ ثابت فرض کرد

۱-۱-۲مدل اشباع آب اندونزی

پوپان و لیواکس مدل اشباع آب خود را به صورت تابعی از حجم شیل، مقاومت شیل، مقاومت کل سازند و مقاومت آب سازند بیان کردند. آنها مقاومت حقیقی سازند و اشباع آب را توسط رابطهی (۲) به یکدیگر مرتبط کردند.

$$S_{w} = \left[\frac{1}{R_{t}\left[\frac{\phi^{m}}{aR_{w}} + 2(\frac{\phi^{m}V_{caly}^{(2-V_{caly})}}{aR_{w}R_{caly}} + \frac{V_{caly}^{(2-V_{caly})}}{R_{caly}})^{\frac{1}{2}}\right]\right]^{\frac{1}{n}}$$
(7)

در این رابطه c که معمولا برابر ۱ در نظر گرفته شده و R_{clay} مقاومت ویژه شیل است. روابط مدلهای اشباع آب حسین، سیماندوکس و جوهاز در مراجع [۲]، [۳]، [۵] و مدلهای ، دال و شلومبرژه در مرجع [۱۴] موجود هستند.

۲-تنشهای اطراف دیواره چاه

۱-۲محاسبه خواص ژئومکانیکی و تعیین تنشهای برجا و القایی در سازند آسماری

در ابتدا خصوصیات الاستیک مخزن درحالت دینامیکی محاسبه میشود. محاسبهی خصوصیات الاستیک مخزن در حالت دینامیکی با رابطه (۳) بدست میآید. روابط (۳) تا (۷) از مرجع [۱۳] آورده شدهاند.

$$v_{d} = \frac{0.5 \times (\frac{\Delta t_{s}}{\Delta t_{c}})^{2} - 1}{(\frac{\Delta t_{s}}{\Delta t_{c}})^{2} - 1}$$

$$G_{d} = \frac{92915.71429 \times \rho}{\Delta t_{s}^{2}}$$

$$E_{d} = 2 \times G_{d} \times (1 + v_{d})$$
(7)

که در آن $E_d(Gpa)$ مدول یانگ دینامیکی ، $G_d(Gpa)$ مدول برشی دینامیکی، $E_d(Gpa)$ چگالی سازند، $\Delta t_c(f_{cm^3})$ زمان عبور موج برشی و v_d خریب پواسون کارند، $\Delta t_c(f_f)$ زمان عبور موج برشی و v_d خریب پواسون دینامیکی هستند. از دادههای دینامیکی نمیتوان به طور مستقیم در ساخت مدلهای مکانیکی استفاده کرد. بنابراین باید خصوصیات دینامیکی را به استاتیکی تبدیل نمود. معادله (۴) خصوصیات الاستیک دینامیکی را به استاتیکی در ایم دول می در ا

$$E_s = 0.4145E_d - 1.0593$$

$$v_s = v_d$$
(f)

در این رابطه $E_s(Gpa)$ مدول یانگ استاتیکی و v_s ضریب پواسون استاتیکی هستند. برای بدست آوردن تنشهای برجا ابتدا باید فشار سیال منفذی محاسبه شود. جهت محاسبه فشار سیال منفذی به گرادیان فشار سازند نیاز است. فشار سیال منفذی با استفاده از معادله (۵) بدست میآید. $P_p = PG \times Z$ (۵)

در این رابطه PG گرادیان فشار سیال منفذی و Z عمق سازند است. تنش های برجا یکی از پارامترهای مهم ورودی در معیارهای شکست است.تنش عمودی و تنش های افقی حداکثر و حداقل سه تنش اصلی هستند. تنش عمودی ($\sigma_v(Mpa)$ از سطح تا عمق توسط رابطه (۶) محاسبه میشود.

$$\sigma_{v} = \int_{0}^{z} \rho(z) \times g \times dz = \overline{\rho}gz$$
(8)

که در این رابطه ho(z) دانسیته سنگ و تابعی از عمق است، g ثابت شتاب گرانشـی و ho دانسیته متوسط هسـتند. مقدار تنش افقی حداقل و حداکثر توسط روابط پروالاسـتیک با رابطه (۷) تعیین میگردد.

$$\sigma_{h} = \frac{v_{s}}{1 - v_{s}} \sigma_{v} - \frac{v_{s}}{1 - v_{s}} \alpha P_{p} + \alpha P_{p} + \frac{E_{s}}{1 - v_{s}^{2}} \varepsilon_{y} + \frac{E_{s}}{1 - v_{s}^{2}} \varepsilon_{x}$$

$$\sigma_{H} = \frac{v_{s}}{1 - v_{s}} \sigma_{v} - \frac{v_{s}}{1 - v_{s}} \alpha P_{p} + \alpha P_{p} + \frac{E_{s}}{1 - v_{s}^{2}} \varepsilon_{x} + \frac{E_{s}}{1 - v_{s}^{2}} \varepsilon_{y}$$

$$\alpha = 1, \varepsilon_{r} = 1.5, \varepsilon_{r} = 0.5$$
(V)

که در این روابط ($\sigma_h(Mpa)$ تنش افقی حداقل، ($\sigma_H(Mpa)$ تنش افقی حداکثر ، α ضریب بایوت، σ_x و راین روابط ($\sigma_h(Mpa)$ تنش افقی حداقل و حداکثر هستند. براساس معادلات کریش تنشهای ε_x و ε_y کرنش در جهت تنش افقی حداقل و حداکثر و حداقل مقدار خود توسط رابطهی (۸) بیان القایی موجود در دیواره چاه عمودی در حالت حداکثر و حداقل مقدار خود توسط رابطهی (۸) بیان میشوند[۱۲].

$$\sigma_{\theta_{\max}} = A - P_w, \quad \sigma_{\theta_{\min}} = D - P_w$$

$$\sigma_{z_{\max}} = B, \qquad \sigma_{z_{\min}} = E$$

$$\sigma_r = \sigma_3 = P_w - P_p$$

$$A = 3\sigma_H - \sigma_h + P_p, B = \sigma_v + 2\nu(\sigma_H - \sigma_h) - P_p$$

$$D = 3\sigma_h - \sigma_H + P_p, E = \sigma_v - 2\nu(\sigma_H - \sigma_h) - P_p$$

$$a' = 2c \times \cos \varphi, b' = \sin \varphi$$

c که در این روابط $\sigma_r(Mpa)$ تنش مماسـی، $\sigma_z(Mpa)$ تنش محوری، $\sigma_r(Mpa)$ تنش شعاعی و s چسبندگی و ϕ زاویه اصطکاک داخلی اسـت هسـتند

۲-۲معیار شکست موگی-کلمب

(Λ)

به دلیل آنکه معیار موگی-کلمب تأثیر تنش میانی را در نظر میگیرد برای تحلیل پایداری چاه مناسبتر است. نتایج محدودهی مجاز بالاترین و کمترین فشار گل در جدول زیر برای انواع مدلهای شکست برشـی نشـان داده شـده است.

ر توقق فشب [۲۰]	ی براساس سی	
مدل شکست های برشـی	$\sigma_1 \ge \sigma_2 \ge \sigma_3$	شـکسـت رخ می دهد اگر
گسیختگی برشـی عمیق <i>SWBO</i>	$\sigma_{\theta\theta} \geq \sigma_{zz} \geq \sigma_{rr}$	$P_{w} \le 1/2A - 1/6\sqrt{12\left[a' + b'(A - 2P_{p})\right]^{2} - 3(A - 2B)^{2}}$
گسیختگی برشـی ضربه ای کم عمق SSKO	$\sigma_{zz} \geq \sigma_{\theta\theta} \geq \sigma_{rr}$	$P_{w} \leq \left[\frac{1}{(6-2b'^{2})} \right] \left[(3A+2b'K) - \sqrt{H+12(K^{2}+b'AK)} \right]$
گسیختگی برشـی پله ای با زاویه زیاد SHAE	$\sigma_{zz} \geq \sigma_{rr} \geq \sigma_{\theta\theta}$	$P_{w} \ge \left[1/(6-2b'^{2})\right] \left[(3D+2b'M) - \sqrt{J+12(M^{2}+b'DM)}\right]$
گسیختگی برشـی باریک <i>SNBO</i>	$\sigma_{rr} \geq \sigma_{zz} \geq \sigma_{\theta\theta}$	$P_{w} \ge 1/2D - 1/6\sqrt{12[a' + b'(D - 2P_{p})]^{2} - 3(D - 2E)^{2}}$
گسیختگی برشـی ضربه ای عمیق SDKO	$\sigma_{rr} \geq \sigma_{\theta\theta} \geq \sigma_{zz}$	$P_{w} \ge \left[1/(6-2b'^{2})\right] \left[(3D+2b'N) - \sqrt{J+12(N^{2}+b'DN)}\right]$
گسیختگی برشـی پله ای با زاویه کم SLAE	$\sigma_{\theta\theta} \ge \sigma_{rr} \ge \sigma_{zz}$	$P_{w} \leq \left[\frac{1}{(6-2b'^{2})} \right] \left[(3A+2b'G) - \sqrt{H+12(G^{2}+b'AG)} \right]$

جدول (۱) انواع مدلهای شکست برشی براساس معیار موگی –کلمب[۱۲]

در این جدول J و H با رابطه (۹) تعریف میشود [۱۲] .

$$J = D^{2}(4b'^{2} - 3) + (E^{2} - DE)(4b'^{2} - 12), N = a' + b'(E - 2P_{p}), M = N + b'D$$

$$H = A^{2}(4b'^{2} - 3) + (B^{2} - AB)(4b'^{2} - 12), K = a' + b'(B - 2P_{p}), G = K + b'A$$
(9)

شکل ۱ توزیع تخلخل و لیتولوژی را نیز نشان میدهد. برای نمایش این توزیع از کراس پلات نوترون-دانسیته cp-11 استفاده میشود. این کراس پلات بر اساس نمودارهای نوترون، دانسیته، دانسیته الکترونی سازند و نمودارهای الکتریکی میگردد. شکل ۲ توزیع لیتولوژی در سازند مورد نظر را برحسب درصد نشان میدهد. همانطور که در این شکل مشخص است ماسهسنگ، دولومیت و شیل بیشترین درصد از حجم لیتولوژی سازند را تشکیل میدهند. شکل ۳ میزان تخلخل هریک از لیتولوژیهای سازند برحسب درصد را نشان میدهد. همانطور که در این شکل مسخص است ماسه می از لیتولوژی های بیشترین تخلخل، به ترتیب در سنگهای دولومیت آهکی و ماسه سنگهای خالص ظاهر شده است.



شکل ۱ توزیع تخلخل و لیتولوژی بر اساس نمودار متقاطع نوترون-دانسیته CP-1f







شکل ۳ توزیع تخلخل در سازند مورد نظر

۳-انتخاب مدل اشباع آب

به منظور اطمینان از روش ارائه شده و همچنین انتخاب مدل اشباع آب مناسب، مقادیر محاسبه شده اشباع آب توسط مدلهای مختلف با دو روش آب دوگانه و وکسمن- اسمیتس که با استفاده از دادههای آزمایشگاهی بدست آمدهاند مقایسه میشوند. جدول ۲ میزان اشباع آب توسط مدلهای آرچی، حسین، سیماندوکس، دال، جوهاز، شلومبرژه، اندونزی، آب دوگانه و وکسمن- اسمیتس را در عمقهای مشخص نشان میدهد. به منظور انتخاب مدل مناسب مقدار خطای هریک از مدلها با مدل آب دوگانه و وکسمن- اسمیتس محاسبه میگردد. شکل ۴ و شکل ۵ مقدار خطای مدلهای مختلف اشباع آب را به ترتیب با مدل وکسمن- اسمیتس و آب دوگانه نشان میدهد.

محدوده	آرچی	حسين	سيماندوكس	دال	جوهاز	شلومبرژه	اندونزى	آب دوگانه	وكسـمن-
عمقى									اسميتس
١	١	۰/۵۱۵۸	۰/۳۷۴۰	۰/۱۴۶۷	١	۰/۹۳۳۵	•/۴۲•۲	۰/۳۸۱۰	•/٣٣۶•
٢	١	•/۴٧۴۳	•/٣١۴٢	•/\AVA	١	۰/۹۳۴V	•/٣٩۴٨	۰/۳۷۸۶	•/۳۳۳۵
٣	١	•/۵۳۸۶	•/۳۸۴۹	•/11•٨	١	۰/۸۰۳۸	•/۴۳•۲	•/۳٨١١	•/۳۳۶۴
۴	١	•/۵۴۱۴	•/٣٩٠٠	•/•^7V	١	۰/۷۶V۰	•/۴۳۲۸	۰/۴۰۶۹	•/٣۶•۴
۵	١	•/۵۵۹۸	•/۴۱۵۹	۰/V۸۳۳	١	۰/۷۳۱۱	•/۴۴۵•	•/۴١٧٣	۰/۳۷۰۰
۶	١	•/V۵۳۴	•///۳۵۲	۰/۶۸۴۸	١	۰/۷۱۴۲	•/۶V•9	•/870•	۰/۶۲۰۵
V	١	•/\%۴\	۰/V9۵۸	۰/۷۵۳۸	١	•/۶۸۲۳	•/88٣۴	•/۶۳۵۲	•/۶۲۳۲
٨	١	+/VT8T	۰/۸۰۳۲	۰/V۹۸۹	١	•//•9)	•/887٣	•/8470	•/8•7•
٩	١	۰/۷۰۳۲	•/8965	•/٧٢٩١	١	•//۴۹۵	•/8•78	۰/۵۹۳V	•/۵۸۸V
۱.	١	•/8/29	۰/V۲۳۲	•/V•9V	١	۰/۷۳۵۹	•/۵V۲۵	•/00rv	۰/۵۵۳۶
))	١	•/8908	۰/۷۰۳۲	۰/۷۱۰۸	١	•/٧۶٨١	•/8117	۰/۵۸۳۲	۰/۵۷۷۲

جدول ۲ میزان اشباع آب در مدلهای مختلف حجم شیل







شکل ۵ درصد خطای مدلهای مختلف اشباع آب با مدل آب دوگانه

همانطور که در شکلهای ۴ و ۵ مشخص است مدل اندونزی کمترین میزان خطا را با مدلهای وکسمن- اسمیتس و آب دوگانه دارد. بیشترین مقدار خطای مدل اندونزی با مدل وکسمن- اسمیتس و آب دوگانه به ترتیب ۹/۳۸ و ۴/۹۱ درصد است. همانطور که در شکلهای ۴ و ۵ مشاهده میشود مدل اندونزی بهترین مدل از مدلهای حجم شیل است که میتواند میزان اشباع آب را در این سازند با دقت قابل قبولی پیشبینی کند.

۴-تعیین پنجره ایمن و پایدار گل و انتخاب مکان مناسب برای عملیات سوراخکاری

پنجره وزنی گل ایمن به گونهای است که فشار گل، میان فشار سیال منفذی و تنش افقی حداقل قرار گیرد. هنگامی که فشار گل کمتر از فشار سیال منفذی باشد سیال از سازند به درون چاه جریان مییابد. اگر فشار گل از تنش افقی حداقل بیشتر شود شکستگیهای القایی در سازند ایجاد شده و هرزروی گل به صورت جزیی اتفاق میافتد. پنجره وزنی گل پایدار محدودهای میان پایینترین حد مجاز فشار گل و تنش افقی حداقل است. پنجره گل پایدار سبب میشود که چاه از شکستگی کششی و یا گیر لوله که توسط وزن زیاد گل و همچنین شکستگی برشی که توسط وزن کم گل صورت میگیرد ایمن باشد. شکل ۶ رژیم تنش را در سازند آسماری میدان نفتی اهواز نشان میدهد.



شکل ۶ رژیم تنش در سازند آسماری میدان اهواز

همانطور که در شکل ۶ مشاهده میشود به دلیل آنکه $\sigma_{_{H}} > \sigma_{_{H}} > \sigma_{_{H}}$ بوده رژیم تنش در ناحیه مورد مطالعه نرمال است. تعیین رژیم تنش برای رسم پنجرهی ایمن و پایدار گل ضروری است. شکل ۷-۱، شکل ۷-۱۱ و شکل ۷-۱۱۱ به ترتیب تخلخل، درصد اشباع آب مدل اندونزی و پنجره ایمن و پایدار گل را نشان میدهد. در این نمودار فشار سیال منفذی، کمترین میزان مجاز برای فشار گل منطبق بر گسیختگی برشی عمیق، کمترین تنش افقی و بیشترین میزان مجاز برای فشار گل منطبق بر



ا شکل ۷-۱ تخلخل شکل ۷- ۱۱ درصداشباع آب مدل اندونزی شکل ۷- ۱۱۱ پنجره ایمن و پایدار گل

با توجه به نمودار شکل ۷- ۱۱۱ محدوه میان فشار سیال منفذی تا تنش افقی حداقل به عنوان پنجره ایمن گل در نظر گرفته میشود. همچنین محدوده میان حداقل میزان مجاز برای فشار گل و تنش افقی حداقل به عنوان پنجره پایدار گل در نظر گرفته میشود. هنگامی که فشار بزرگتر از تنش افقی حداقل باشد امکان هرزروی گل وجود دارد. با توجه به شکل ۷- ۱ و شکل ۷- ۱۱، در فاصله ی عمقی ۲۳۹۰ تا باشد امکان هرزروی گل وجود دارد. با توجه به شکل ۷- ۱ و شکل ۷- ۱۱، در فاصله ی عمقی ۲۳۹۰ تا باشد امکان هرزروی گل وجود دارد. با توجه به شکل ۷- ۱ و شکل ۷- ۱۱، در فاصله ی عمقی ۲۳۹۰ تا ۲۳۹۰ میری میزان تخلخل پایین و میزان اشباع آب بالا است. همچنین مشاهده می شود که نمودارهای پنجره ایمن و پایدار گل کمترین فاصله را نسبت به یکدیگر دارند به همین دلیل این فاصله نمودارهای پنجره ایمن و پایدار گل کمترین فاصله را نسبت به یکدیگر دارند به همین دلیل این فاصله میزان تخلخل بالا و میزان اشباع آب بالا است. در فاصله عمقی ۲۶۳۰ متری نمواله میزان تخلخل پایین و میزان اسباع آب بالا است. همچنین مشاهده می شود که مودارهای پنجره ایمن و پایدار گل کمترین فاصله را نسبت به یکدیگر دارند به همین دلیل این فاصله میزان تخلخل بالا و میزان اشباع آب پایین است. در ناحیه انتخاب شده بالاترین حد مجاز فشار گل و حداقل تنش برجای افقی مقدار گل و کنترل جهت این میزان اشباع آب پایین است. در ناحیه این خاصله میزان میزان حد بالای فشار گل و حداقل تنش برجای افقی مقدار ثابتی دارد. این پیوستگی در ثابت بودن میزان حد بالای فشار گل و در اصل برجای افقی، در عملیات سوراخکاری و کنترل جهت این عملیات تاثیر بسزایی دارد. مقدار فشار گل و فشار انتخاب شده برای گل و میزان اشباع آب پیوستگی در ثابت بودن میزان حد میزای مدار محدود میان فشار سیال منفذی و حداقل فشار مدار در ای فرار دارد. این پیوستگی در ثابی مده برای مدولی فشار مداول میزان مدار در این کار در از گل و میزان تخلون مدار در میزان مدار مدار گل و مدار انتخاب شده برای گل و مرار دارد. این فرار دارد این پیول مدار در ای میزان در مدار میزان در از گر در مدار گر و دار دار گل و در در در میزان در میزای در مدول و مدار در ای مدار در ای و در مدار در مدار در مدار در ای و در مدار در و در و در و دار در و در مدار در و دار در مدار در و در مدوده مدان فشار سیال مدار در در در و دال در در ای و در مدار در

ى	اخكار	سەر	عمليات	جمت	مناسب	ناحيه	وفيزيكي	ت بتر	وصيار	ال خص	متوسط	،ل ۳	جده
_	/	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,											

عملیات سوراخکاری است.جدول ۳ و ۴ به ترتیب خصوصیات پتروفیزیکی و ژئومکانیکی ناحیهی مناسب

جهت عملیات سوراخکاری را نشان میدهد.

تراوایی (<i>md</i>)	پرتو گاما (API)	درص <i>د</i> اشباع آب	درصد تخلخل	فاصله عمقی (<i>m</i>)
۶۵۰۰	۳۰/۷۵	۱۷/۷۳	۲۳/۳۴	۲۶۳۰-۲۷۳۰

حداکثر فشار مجاز وزن گل (Mpa)	حداقل فشار مجاز وزن گل (Mpa)	تنش افقی حداکثر (Mpa) ـ	تنش افقی حداقل (Mpa)	تنش عمودی (<i>Mpa</i>)	فشار سیال منفذی (Mpa)	فشـار وزن گل (<i>Mpa</i>)	فاصله عمقی (<i>m</i>)
۶۵/۵۱	۲۸/۱۶	۴۹/• ۹	۳٩/٨۴	۶۷/۴۰	71/17	۲۷/۰۸	۲۶۳۰-۲۷۳۰

نتيجه گيري :

با توجه به دادههای پتروفیزیکی در دسترس ارزیابی پتروفیزیکی و تعیین تخلخل و لیتولـوژی در سـازند آسـماری میـدان اهـواز انجـام شـد. بـه منظـور تعیـین اشـباع آب مـدلهای آرچـی، پوپـان، حسـین، سیماندوکس، دال، جوهاز، شـلومبرژه و اندونزی استفاده شـد و نتایج آن با مدلهای دولایـهای محاسـبه اشباع آب که توسط دادههای آزمایشگاهی بدست آمدهاند مقایسه گردید. سپس بر این اساس بهترین مدل اشباع آب اشباع آب انـدونزی انتخـاب شـد. بـا محاسـبه خـواص ژئومکـانیکی سـنگ مخـزن توسـط نمودارهای پتروفیزیکی صوتی، معیار مناسب برای شکست سازند انتخاب میشود. همچنین بر اساس نمودارهای پتروفیزیکی صوتی، معیار مناسب برای شکست سازند انتخاب میشود. همچنین بر اساس این معیار شکست، مدل مکانیکی شکسـت دیـواره چـاه و پنجـرهی ایمـن و پایـدار گـل تعیـین میگـردد. میزان تراوایی نیز براساس اطلاعات اداره ارزیابی مخازن شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب بدسـت آمـد. با استفاده از داده ها و محاسبات یاد شـده در بالا محل مناسب برای عملیات سوراخکاری تعیین گردید.

منابع فارسي :

[۱۴] رضایی محمدرضا اصول برداشت و تفسیر نگارهای چاه پیمایی انتشارات دانشگاه تهران۶۹۹ صفحه ۱۳۸۵

\$\$\$\$\$

References:

- [1] Archie, G.E., 1941. "The electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics". *Transactions of AIME*, 146, 54–62
- [^Y] Hossin, A.,1960,Calcule Des Saturation En Eau Por L Methode Du Ciment Argileux (Formule The Archi Generalisee),Bull.Assoc.Francaise Tech.Pet.,140,31 March
- [*] Simandoux, P., 1963. Dielectric measurements on porous media, application to the measurements of water saturation: study of behavior of argillaceous formations. Revue de l'Institut Francase du Petrol 18, 193–215 (Translated in shaly snads reprint volume, SPWLA, Housten, pp. 97–124).
- [^{*}] Poupon, A., Leveaux, J., 1971. Evaluation of water saturation in shaly formation. Proceeding of SPWLA12th Annual Logging Symposium.
- [⁴] Juhaz, I.,1981, Normalized Qv, The Key To Shaly Sand Evaluation Using The Waxman-Smits Equation in The Absence Of Core Data,SPWLA 22 Annual Logging Symposium, June 23-26
- [7] Rezaee, M.R., Lemon, N.M., 1996. Petrophysical evaluation of kaolinitebearing sandstones: water saturation (Sw), an example of the Tirrawarra sandstone reservoir, copper basin, Australia. Proceeding of SPE Asia Pacific Oil & Gas conference. Paper SPE, 37023
- [^V] Al-Ruwaili, S.B., Al-Waheed, H.H., 2004. Improved petrophysical methods and techniques for shaly sands evaluation. Proceeding of SPE International Petroleum Conference, Mexico. Paper SPE, 89735
- [A] Abangwu.O, Suleiman.A, Nwosu.C,2010, The Impact of Different Shaly Sand Models on In Place Volumes and Reservoir Producibility in Niger Delta Reservoirs - The Dual Water and Normalized Waxman-Smits Saturation Models.Society of Petroleum Engineers. Nigeria Annual International Conference and Exhibition, 31 July

- [⁹] Alimoradi, A., Moradzadeh, A and Bakhtiari, M. R., "Methods of water saturation estimation: Historical perspective", Journal of Petroleum and Gas Engineering, 2011, Vol. 2, pp. 45-53.
- [1.] Vernik, L. and Zoback, M. D., "Estimation of maximum horizontal principal stress magnitude from stress-induced well bore breakouts in the Cajon Pass scientific research borehole", J Geophys Res, 1992, Vol. 97, pp. 5109–19
 - [11] Al-Ajmi AM, Zimmerman RW. Relationship between the parameters of the Mogi and Coulomb failure criterion. Int J Rock Mech Min Sci 2005;42(3):431– 9.
 - [17] Al-Ajmi AM, Zimmerman RW. Stability analysis of vertical boreholes using the Mogi–Coulomb failure criterion. Int J Rock Mech Min Sci 2006;43(3):1200–11.
 - [17] M. Afsari, M.R. Ghafoori, M. Roostaeian, and A. Haghshenas, A. Ataei and R. Masoudi "Mechanical earth model (mem): an effective tool for borehole stability analysis and managed pressure drilling (case study)" 2009; SPE 118780