

مروری بر شبیه‌سازی عددی پدیده آشام در مخازن شکافدار

محمد رضا دودمان کوشکی^۱، ابوالقاسم امامزاده^۲

^۱ فوق لیسانس، مهندسی نفت، گروه مهندسی نفت و شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران
^۲ دکتری، دانشیار و عضو هیات علمی، گروه مهندسی نفت و شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

نام نویسنده مسئول:

محمد رضا دودمان کوشکی

چکیده

مدل‌سازی جریان سیال در مخازن شکافدار به دلیل وجود دو محیط (شکاف و ماتریس) با خصوصیات متفاوت، چالش برانگیزتر از مخازن معمولی همگن است. هدف از شبیه‌سازی عددی پدیده آشام برای تزریق آب در مخازن شکافدار، موارد زیر است:

۱. تعیین سرعت آشام آب در ماتریس
 ۲. تعیین مقدار نفت تولیدی حاصل از تزریق آب
- نکات حاصل از کارها و مطالعات گذشته روی پدیده آشام: پدیده آشام یکی از مهم‌ترین مکانیزم‌های تولید نفت در ناحیه مورد هجوم آب مخازن شکافدار است.

اهمیت نیروهای ویسکوز و وزن به خصوصیات بلوک ماتریس و سیال بستگی دارد. بلوک ماتریس‌هایی که دارای آشام غیر هم‌سو باشند، دارای بازیافت نفت کمتری هستند. شبیه‌سازی در یک مخزن نمونه برای توسعه برخی نتایج و مباحث کلی استفاده شده است. برای مخازن شکافدار ماتریس، اگر بلوک نسبی کمتری در جهت عمودی وجود داشته باشند، میزان بازیافت نهایی بیشتر خواهد شد و نرخ تزریق پایین نگه داشته می‌شود. اگر تک تک بلوک‌ها بلند بوده و نرخ‌های تزریقی بالا باشد، انتظار می‌رود مقدار بازیافت کمتری حاصل شود. نسبت آب به نفت با سرعت بالاتری از مخازن همگن در مخازن شکافدار ماتریس پس از میان‌شکن آب افزایش می‌یابد.

در این مطالعه، فرض بر این است که رفتار بلوک‌های ماتریس تولید شده توسط پدیده آشام شناخته شده است.

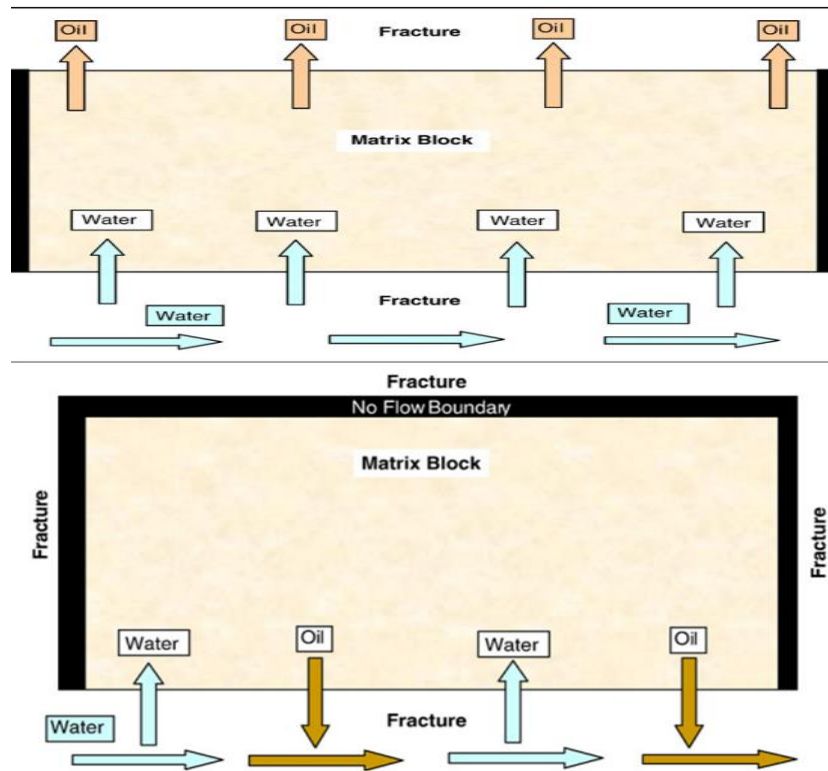
واژگان کلیدی: حل عددی، آشام، شکافدار، شبیه‌سازی، مخزن.

مقدمه

مکانیزم آشام: فرآیندی است که سیال غیر ترکنده با سیال ترکنده جابجا می‌شود.

آشام همسو: آب و نفت در یک جهت جریان دارند.

آشام غیرهمسو: آب و نفت در جهت مخالف یکدیگر جریان داشته باشد (به طوری که نفت در جهت عکس جهتی که آب به داخل مکش می‌شود، خارج شود).



شکل ۱- ورود و خروج آب و نفت در ماتریس و شکاف

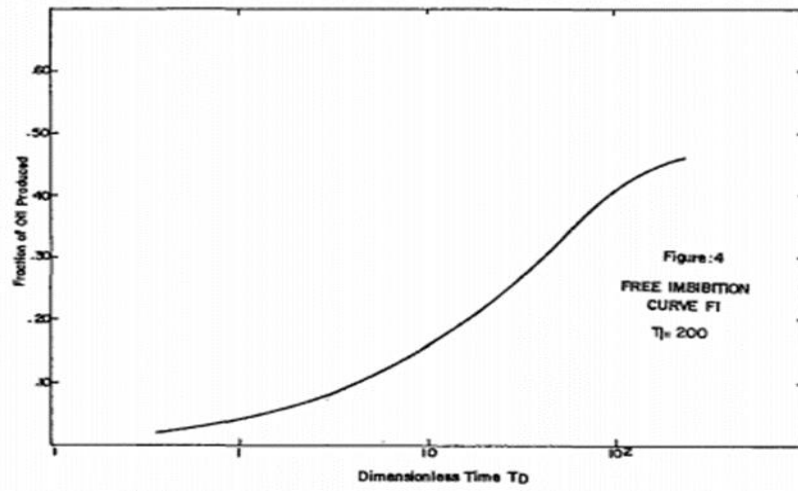
نیروی ویسکوز: در اثر گرادیان فشار بین دو نقطه، این نیرو به وجود می‌آید.

نیروی وزن: به دلیل اختلاف دانسیته دو سیال به وجود می‌آید.

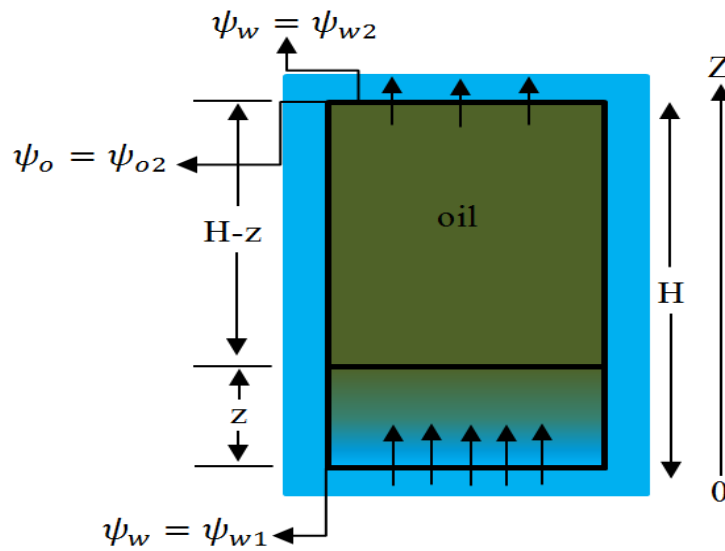
نیروی موئینه: به دلیل وجود کشش سطحی و بین سطحی به وجود می‌آید. نیروی موئینه در آشام خودبخودی آب درون ماتریس نقش مثبت ایفا می‌کند.

برای یک ماتریس حاوی نفت که با آب احاطه شده است، نیروی موئینه اصلی ترین دلیل تولید نفت است.

نمودارهای بازیافت زیر برای یک بلوک ماتریس بر حسب زمان بدون بعد برای حالات مختلف آشام آب - نفت می‌باشد:



شکل ۲- نمودار بازیافت برای یک بلوک ماتریس بر حسب زمان بدون بعد

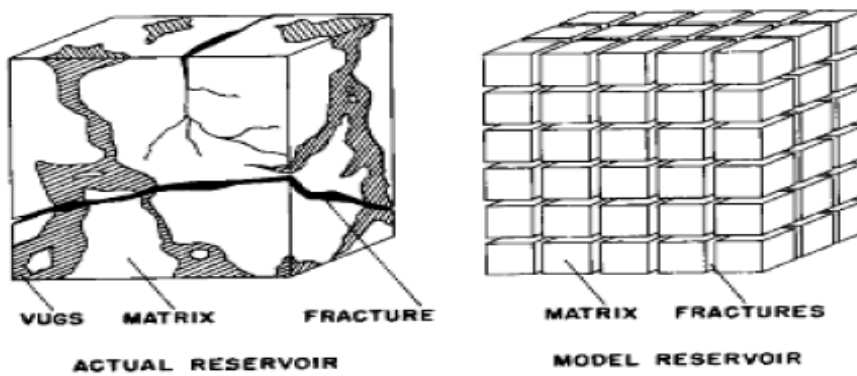


شکل ۳- تصویر شماتیک یک بلوک ماتریس در فرآیند آشام آب - نفت

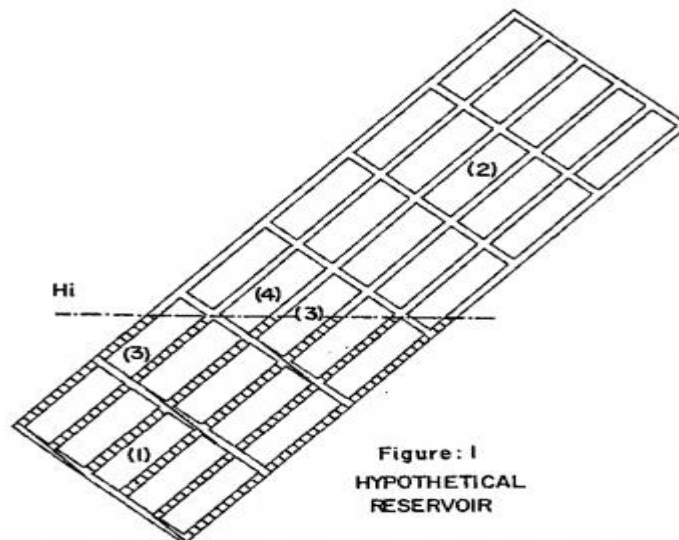
روش حل مساله

فرضیات مدل سازی

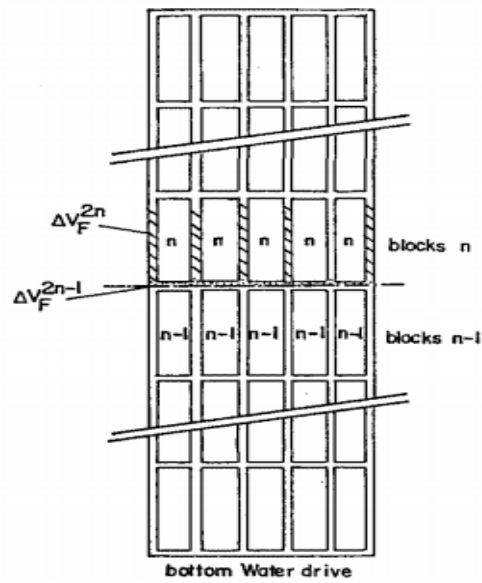
- مخزن شکافدار از بلوکهای مکعبی ماتریس و شکافهای اطراف آن تشکیل شده است.
- شکافها دارای تراوایی بی نهایت است.
- تخلخل شکافها مقدار مشخصی است.
- ماتریس آب دوست است.
- آب با دبی ثابت تزریق می شود.



شکل ۴- مخزن واقعی و شبیه سازی شده از ماتریس و شکافها



شکل ۵- مخزن فرضی شکافدار



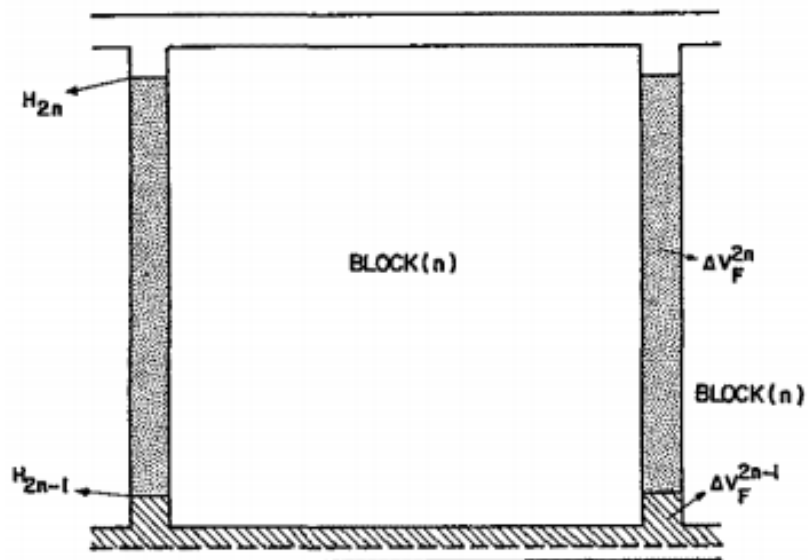
شکل ۶- مخزن فرضی شکافدار عمودی

موازنه مواد برای بلوک ماتریس شماره n به صورت شکل زیر با استفاده از پارامترهای تزریق و هندسه شکاف نوشته می‌شود:

Q دبی تزریق آب

N_V تعداد بلوک‌های عمودی

ΔV_F^i حجم شکاف‌ها



شکل ۷- بلوک ماتریس در یک مخزن شکافدار

پارامترهای بدون بعد به صورت زیر تعریف شده است.

$$T_D = \frac{6 \cos \phi}{\mu_o L^2} \left(\frac{k}{\phi}\right)^{1/2}$$

$$\pi = \frac{6 \cos \phi}{\Delta p q L} \left(\frac{k}{\phi}\right)^{-1/2}$$

خواص سنگ و سیال مورد استفاده در مدل سازی

$$\mu_o = .008 \text{ poise} \quad \mu_w = .01 \text{ poise}$$

$$\rho_o = .8 \text{ gr/cm}^3 \quad \rho_w = 1. \text{ gr/cm}^3$$

$$k_m = .50 \text{ md}$$

$$\phi_m = 0.2$$

$$C_o = 1.42 \cdot 10^{-4} \text{ (Bar)}^{-1}$$

$$C_w = 4.2 \cdot 10^{-5} \text{ (Bar)}^{-1}$$

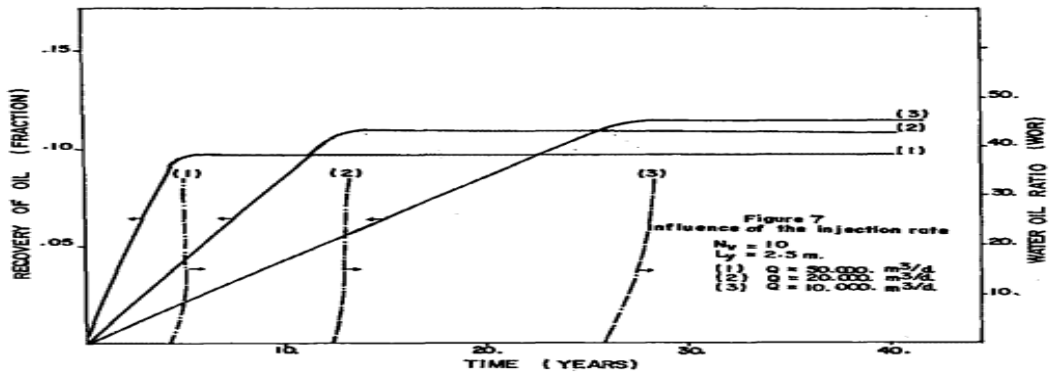
$$S_o \text{ initial} = .85$$

oil FVF at injection pressure # 1.10

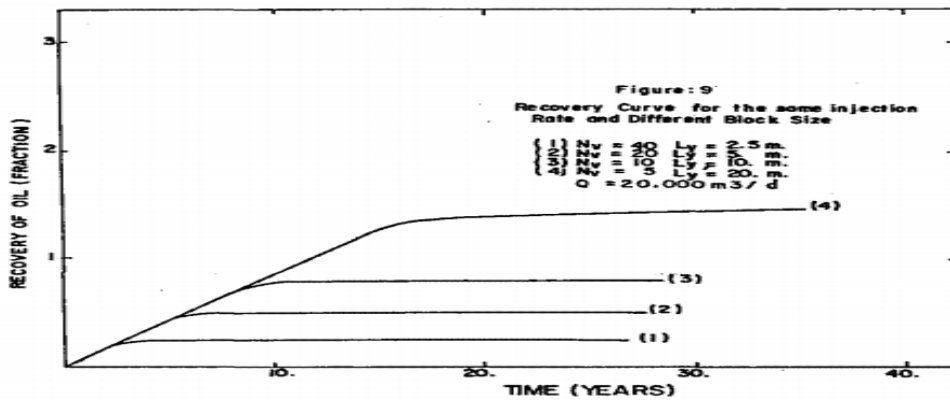
جدول ۱- مقادیر موجود در شبیه سازی بلاک های ماتریس

S_o^*	k_{r_o}	k_{r_w}	$P_c \text{ (Bar)}$
.85	.88	.0	.19
.8	.812	.015	.045
.75	.745	.029	.037
.7	.677	.044	.033
.65	.609	.058	.029
.6	.542	.073	.026
.55	.474	.088	.024
.5	.406	.102	.021
.45	.338	.117	.019
.4	.271	.132	.017
.35	.204	.146	.014
.3	.135	.161	.012
.25	.068	.175	.008
.2	.0	.19	.003

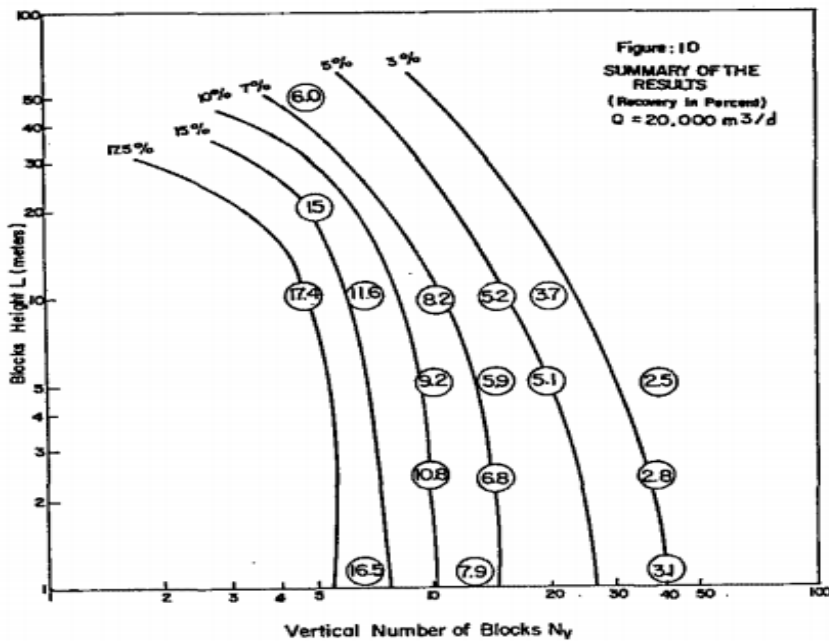
خلاصه نتایج



شکل ۸- تاثیر دبی تزریق آب بر روی بازیافت نفت



شکل ۹- تاثیر تعداد و ارتفاع بلوک‌های ماتریس بر روی بازیافت نفت



شکل ۱۰- تاثیر تعداد بلوک‌های ماتریس بر روی بازیافت نفت

نتیجه گیری

روش مدل سازی در این تحقیق، به دلیل اینکه ماتریس و شکاف را جداگانه در نظر گرفتیم، مشکلات عدم پایداری در حل ندارد. هر چه دبی تزریقی کمتر باشد، میزان بازیافت نفت بیشتر است. هر چه ارتفاع بلوک ماتریس بلندتر باشد، میزان بازیافت نفت کمتر است. بیشترین بازیافت نفت موقعی حاصل می شود که دبی تزریق آب پایین باشد و تعداد بلوک های عمودی کمتر باشد. (برای این مساله تعداد ۵ تا ۷ ردیف بلوک بهترین حالت بود).

منابع و مراجع

- 1- Menouar, H: "Numerical Study of the Imbibition Process in Heterogeneous Reservoirs" PHD Dissertation The University of Texas at Austin (May 1979).
- 2- Elkins, L.F. and Skov, A.M.: "Cyclic Water-flooding the Spraberry Utilizes 'End Effects' To Increase Oil Production Rate," J. Pet. Tech. (Aug. 1963) 877-884.
- 3- Pirson, J. Sylvain: Geologic Well Log Analysis, Gulf Publishing Company, Houston, Tx. (1970).
- 4- Iffly, R., Rousselet, D.C. and Vermeulen, J.L.: "Etude fondamentale, de l'imbibition dans un reservoir fissur~" Revue de l'Institut Francais du Petrole (March-April 1974) XXIX. No.2, 217-241.
- 5- Elkins, L.F.: "Spraberry Waterflood Possibilities," Oil and Gas Journal (June 30, 1958); World Oil (Aug. 1, 1958).
- 6- Tomme, W.J., Milam, R. and Crawford, Paul B: "How to Determine the Length of a Vertical Fracture from Transient Well Production Data," Oil- week (July 1962) 13,24, 35.
- 7- Douglas, J., Jr., Peaceman, D.W. and Rachford, H.H.: "A Method for Calculating Multidimensional Immiscible Displacement," AIME (1959) 216, 297-308.
- 8- Saidi, A.M. and Van Golfracht, T.: "Consideration sur les mecanismes de base dans les reservoirs fractures," Revue de l'Institut Francais du Petrole (Dec. 1971) XXVI. No. 12, 1167-1180.
- 9- Muskat, M.: Physical Principles of Oil Production-McGraw-Hill Book Co., Inc., New York (1949).
- 10- Bear, Jacob: Dynamics of Fluids in Porous Media, American Elsevier Environmental Science Series, New York (1972).

- 11- Kleppe, J. and Morse, R.A.: "Oil Production from Fractured Reservoirs by Water Displacement." Paper SPE 5084 presented at SPE-AIME 49th Annual Fall Meeting, Houston, Texas (Oct. 5-9, 1974).
- 12- Warren, T.E. and Root, P.J.: "The Behavior of Naturally Fractured Reservoirs," Soc. Pet. Eng. ~. (Sept. 1963) 245-255.
- 13- Kazemi, H., Merrill, K.L. Jr. and Zeman, P.R.: "Numerical Simulation of Water-oil Flow in Naturally Fractured Reservoirs" Paper SOE 5719 presented at the fourth symposium of numerical simulation of reservoir performance of the SPE-AIME Los Angeles, Calif. (Feb. 19-20, 1976): Soc. Pet. Eng. J. (Dec. 1976) 317-326.
- 14- Nolen, J.S. and Berry, D.W.: "Tests of the Stability and Time Step Sensitivity of Semi-Implicit Reservoir Simulation Techniques," paper SPE 2981 presented at SPE-AIME 45th Annual Fall Meeting, Houston, Texas (Oct. 4-7, 1970); Soc. Pet Eng J (June 1972) 253-266.
- 15- Rossen, R.H.: "Simulation of Naturally Fractured Reservoirs with Semi Implicit Source Terms".
- 16- Soc. Pet. Eng. J. (June 1977) 201-210. Davidson, D.A. and Snowden, D.M.: "Beaver River Middle Devonian Carbonate: Performance Review of a High Relief Fractured Gas Reservoir with Water.