

UDC 622.692.4
DOI 10.52171/2076-0515_2024_16_02_61_66

Using the Spherical-Radial Model during Filtration of Non-Newtonian Oils

N.I. Qiyasli, M.A. Dadashzadeh

Azerbaijan State Oil and Industry University (Azadlig ave. 20, Baku, AZ1010, Azerbaijan)

For correspondence:

Qiyasli Nihad / e-mail: nihadqiyasli77@gmail.com

Abstract

Various models are utilized in exploring recently discovered deposits, tailored to the deposit's thickness. These models are pivotal in calculating bed parameters, including reservoir permeability, well production, and pressure distribution. The widespread adoption of modeling involves partially preserving physical processes, allowing adaptability to different parameters and theory modifications. Continuous model enhancement contributes to improved information integrity, providing a more accurate representation of reality. Models are crucial for problem-solving, starting with foundational aspects and subsequently incorporating specific parameters. The development of models employs diverse algorithms, serving as a generalized method to address practical challenges and express the mathematical requirements for engineers.

Keywords: production volume, wellbore and contour pressure, dynamic viscosity, wellbore and contour radius.

Received 14.02.2024

Revised 12.06.2024

Accepted 21.06.2024

For citation:

N.I. Qiyasli, M.A. Dadashzadeh

[Using the Spherical-Radial Model during Filtration of Non-Newtonian Oils]

Herald of the Azerbaijan Engineering Academy, 2024, vol. 16, № 2, pp. 61-66 (in Azerbaijani)

Qeyri-Nyuton neftlərin süzülməsi zamanı sferik-radial modeldən istifadə olunması

N.İ. Qiyaslı, M.Ə. Dadaş-zadə

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti (Azadlıq pr. 20, Bakı, AZ1010, Azərbaycan)

Xülasə

Son dövrlərdə açılan yataqlarda, yatağın qalınlığından asılı olaraq müxtəlif modellərdən istifadə olunur. Belə modellərin köməyi ilə yatağın müxtəlif parametrləri, o cümlədən lay parametrləri hesablanır. Bu parametrlərə misal olaraq, layın keçiriciliyini, quyunun hasilatını, lay boyu təzyiqin paylanmasını və s. göstərmək olar. Hazırda model anlayışı geniş tətbiq olunmağa başlanmışdır, yəni modelləşmə və yaxud modellə ifadə etməyin köməyi ilə fiziki prosesi qismən öyrənmək nəzərdə tutulur. Modeldən istifadə etməklə istənilən prosesi müxtəlif parametrlərə nəzərən dəyişməklə öyrənmək və bununla da verilmiş nəzəriyyəni təsdiq etmək olar. Qeyd edək ki, belə modelləri təkmilləşdirməklə, biz həqiqətə daha da yaxınlaşa bilərik. Modellərdən istifadə edərək, əsas məsələni həll edərkən məqsəd, bazis kimi fiziki prosesi göstərmək və sonradan müxtəlif parametrlər əlavə etməklə baxılan problemi həll etməkdir. Bir sıra alqoritmlərdən istifadə etməklə modelləşməni inkişaf etdirmək olar.

Açar sözlər: həcmi hasilat, quyudibi və kontur təzyiqi, dinamiki özlülük, quyu və kontur radiusu.

Использование модели сферически-радиального фильтра в процессе фильтрации неньютоновских нефтей

Н.И. Кияслы, М.А. Дадаш-заде

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности (пр. Азадлыг, 20, Баку, AZ1010, Азербайджан)

Аннотация

Различные модели используются для исследования недавно обнаруженных месторождений в зависимости от толщины месторождения. Эти модели являются ключевыми при расчете параметров пласта, включая проницаемость, добычу скважины и распределение давления. Широкое применение моделирования включает частичное сохранение физических процессов, обеспечивая адаптивность к различным параметрам и модификации теории. Постоянное усовершенствование моделей способствует улучшению целостности информации, обеспечивая более точное представление реальности. Модели играют важную роль в решении проблем, начиная с основных аспектов и последующего внедрения конкретных параметров. Разработка моделей включает использование разнообразных алгоритмов и служит универсальным методом решения практических задач и выражения математических требований для инженеров.

Ключевые слова: объем производства, давление в стволе и контуре, динамическая вязкость, радиус ствола и контура.

Giriş

Son dövrlərdə karbohidrogenlərin çıxarılışı ilə əlaqədar bir sıra proseslərə rast gəlinir ki, bu məsələlərin həlli dünya praktikasında modelləşdirmə əsasında aparılır. Qeyd ediliyi kimi, modelləşdirmə iki cür olur: fiziki və riyazi modelləşdirmə. Fiziki modelləşdirmədə fiziki qanunlara əsaslanaraq layda baş vermiş prosesləri nəzərə almaq olar. Bu model müxtəlif qrup fiziki qanunlar əsasında layı ifadə edir. Deyilənlərə əsasən aşağıdakı süzülmə modellərini göstərmək olar: fiziki təbii modellər; analoji modellər; riyazi modellər.

Çox zaman fiziki modellər, ümumiyyətlə eyni fiziki lay proseslərini ifadə edir. Belə ki, fiziki modellər üzərində təcrübə aparmaqla baxılan prosesin qanunauyğunluğu öyrənilir. Bu modelləşdirmənin məqsədi təbii lay proseslərinin model əsasında öyrənilməsidir. Modellər miqyasa əsasən yaradılır. Modelin uzunluğu, layın, maye və qazın xassələri laboratoriya şəraitində elə qəbul olunmalıdır ki, həndəsi və fiziki oxşarlıqlar saxlanılsın. Laboratoriya tədqiqatları miqyas üzrə istənilən obyektlərə (laylara, quyulara) ötürülə bilər. Bu zaman modeldə qəbul olunmuş parametrlər oxşarlıq əmsalına vurulmaqla lay göstəricilərinə çevriləcək [1-3].

Layda baş vermiş proseslərin tam şəkildə öyrənilməsi çətindir. Bu nöqteyi-nəzərdən, bir çox hallarda süzülmə qanununun sadə proseslərinin öyrənilməsində modellərin köməyindən istifadə olunur. Bəzən elementar modellərə də müraciət edilir. Təcrübələr, əsasən, real və ya modelləşdirilmiş lay süxurlarından istifadə etməklə aparılır. Belə ki, aparılan təcrübələrin nəticələri lay haqqında əsas informasiya mənbəyi olur.

Laboratoriya tədqiqatları və mədən göstəricilərinə əsaslanaraq konkret asılılıqlar təyin olunur, sabit parametrlər hesablanır, riyazi

model doydurulur və beləliklə praktiki məsələləri həll etmək üçün işçi alət əldə olunur. Fiziki modellərin köməyi ilə layda gedən prosesləri qismən ifadə etmək olur. Belə ki, riyazi model baxılan prosesi tam ifadə etmirsə, onda fiziki model vasitəsilə bu boşluğu göstərmək mümkündür. Xüsusi hallarda fiziki modelin köməyi ilə riyazi modeli korrektə etmək olur. Fiziki modellərin bir qrupu analoji modelləri təşkil edirlər. Analoji modellərin yaranmasında eyni müxtəlif prosesləri ifadə edən fiziki qanunlardan (kütlə, impuls, enerji və s.) istifadə etmək olar. Buna misal, Darsi, Om və Furye qanunları vasitəsilə bir çox modelləşmə işini ifadə etmək mümkündür. Lakin analoji modellər çox böyük olduğundan onları həll etmək bir qədər çətindir. Yeni növ kompüterlərin yaranması analoji modelləri kompüter riyazi modelləri ilə ifadə etmək imkanı yaradır.

Aparılan praktiki işlər göstərir ki, dünya üzrə bir çox yataqlarda karbohidrogenlər müəyyən xassələrə malikdirlər. Onlar süzülmə prosesində özlərini qeyri-Nyuton neftlər kimi aparırlar. Belə neftlərə bəzən anomal mayələr də deyirlər. Bu neftlərin tərkibində yüksək molekullu komponentlərin, o cümlədən qətranın, asfaltenin, parafinin və s. olması süzülmə prosesinə ciddi təsir göstərir.

Beləliklə, yüksək molekullu birləşmələr və polimerlər müəyyən şəraitdə özlərini normal mayələr kimi aparırlar. Hətta qazma məhsulunda da qeyri-Nyuton xassələri görmək mümkündür. Ona görə də belə mayələrin süzülməsi yaranılarkən çox böyük tətbiqi xassələr tələb edir. Bu tip məsələləri həll etmək üçün qeyri-Nyuton mayələrin ümumi klassifikasiyasını nəzərdən keçirək [3-5].

Qeyri-Nyuton mayələrin klassifikasiyası əsasən sürət qradienti ilə toxunan gərginlik arasındakı asılılıqla ifadə olunur. Bütün anomal mayələr üç sinfə bölünürlər:

1) Sürət qradienti yalnız toxunan gərginlikdən asılıdır, yəni

$$\frac{dv}{dr} = f(\tau) \quad (1)$$

2) Sürət qradienti toxunan gərginlik və zamandan asılıdır

$$\frac{dv}{dr} = f(\tau, t) \quad (2)$$

Əgər sürət qradientinin verilmiş qiymətində toxunan gərginlik azalırsa, belə mayelər tiksotrop, artarsa, reopektik adlanır. Əgər sistem həm bərk cismin, həm də mayenin, bəzi hallarda gərilmə formasına və özlü- gərilmə xassələrinə malikdirsə belə mayelər özlü-elastik mayelər adlanırlar.

Qeyri-Nyuton özlü mayelər öz növbəsində iki qrupa ayrılırlar: a) maye başlanğıc toxunan gərginliyə malikdir, yəni belə mayelərin hərəkətə gəlməsi üçün toxunan gərginlik başlanğıc toxunan gərginlikdən çox olmalıdır; b) maye başlanğıc toxunan gərginliyə malik deyildir.

Nyuton mayelərdə olduğu kimi, qeyri-Nyuton mayelər üçün də özlülük və axıcılıq anlayışı vardır.

$$\mu = \frac{\tau}{\frac{dv}{dr}}; \quad \varphi = \frac{dv}{dr} \tau \quad (3)$$

Burada τ – toxunan gərginlik; φ – axıcılıq parametridir; μ – *dinamiki özlülük*; $\frac{dv}{dr}$ – sürət qradienti.

Nyuton mayelərdən fərqli olaraq, qeyri-Nyuton mayelərdə bu parametrlər sabit kəmiyyət deyillər. Başlanğıc toxunan gərginlikli mayelərə özlü-plastik mayeləri göstərmək olar. Ədəbiyyatda belə mayelərə Binqam-Svedov mayeləri kimi də rast gəlinir. Bu mayelərin reoloji tənliyi aşağıdakı kimi ifadə olunur.

$$\frac{dv}{dr} = \begin{cases} 0, \tau \leq \tau(0) \\ \frac{\tau - \tau(0)}{\mu} \tau \geq \tau(0) \end{cases} \quad (4)$$

Burada $\tau(0)$ – başlanğıc toxunan gərginlikdir.

Özlü-plastik modeldən gilli məhlulun hərəkəti zamanı geniş istifadə olunur. Bundan başqa başlanğıc toxunan gərginliyi olmayan mayelər də var ki, bunlara "üstlü" mayeləri göstərmək olar. Belə mayelər üçün reoloji tənlik aşağıdakı kimidir [5 ÷ 7]

$$\tau = k \left(\frac{dv}{dr} \right)^n \quad (5)$$

Burada k – mayenin konsentrasiyası; n – axının indeksi adlanır.

Əgər $n < 1$ olarsa, belə mayelər psevdoplastik, $n > 1$ olduqda isə dilatant mayelər adlanır. $n = 1$ olan halda sonuncu tənlik Nyuton qanununa çevrilir.

Çox vaxt qazma və istismar zamanı biz mayenin hərəkətinə üç ölçülü faza sistemində baxırıq. Adi mayelər üçün bu proses çox öyrənilmişdir. İndi isə özlü-plastik mayelər üçün bu prosesi nəzərdən keçirək. Praktiki nöqteyi-nəzərdən bu prosesi öyrənmək üçün qəbul edək ki, sferik-radial modeldə özlü-plastik mayenin hərəkətinə baxırıq. Hesab edək ki, quyu layın qalınlığını (gücünü) açıb və layın konturunda və quyudibində müəyyən təzyiq vardır. Layın qalınlığı böyükdür və bu zaman yarımşfera layda ayrılmışdır.

Qəbul edək ki bu həcmdə mərkəzdə müəyyən radiuslu quyu yerləşir. Təcrübələr göstərib ki, bəzi laylarda lay qalınlığı boyu tam açılmır. Bu səbəbdən də hər hansı bir radiusla yarımşferanı ixtiyari bir radiusla ayıraq. Hərəkətin qararlaşmış və yarımşferanın səthində təzyiqin kontur təzyiqinə bərabər olduğunu hesab edək. Bu sferanın istənilən nöqtəsindən sürət vektoru mərkəzə doğru yönəlir. Məsələnı həll etməkdən ötrü qəbul edək ki, sfera simmetrikdir və onun həlli sferik koordinatda öyrənilə bilər.

Ümumi şəkildə özlü-plastik mayenin süzülməsi aşağıdakı düsturla ifadə olunur.

$$v = -\frac{k}{\mu} \left(\frac{dP}{dr} - G \right) F \quad (6)$$

Burada v – süzülmə sürəti; $\frac{dP}{dr}$ – təzyiqlik qradienti; G – başlanğıc təzyiqlik qradientidir.

Tənliyin sağ və sol tərəflərini layın en kəsik sahəsinə vursaq, həcmi hasilatı tapmış oluruq.

$$Q = \frac{k}{\mu} \left(\frac{dP}{dr} - G \right) F \quad (7)$$

(7) tənliyində F – layın en kəsik sahəsidir və sferaya görə $F=2\pi r$ olduğu üçün tənlik

$$\frac{Q\mu}{2\pi k} \frac{dr}{r^2} + G dr = dP \quad (8)$$

kimi yazılır. Koordinat sisteminin mərkəzini sferanın sərhəddinə yerləşdirsək, onda aşağıdakı sərhəd şərtlərini qəbul edərək:

$$r = R_q; P = P_q$$

$$r = R_k; P = P_k$$

Burada R_q və R_k – quyu və kontur radiuslarıdır; P_q və P_k – quyudibi və kontur təzyiqləridir.

Qəbul olunmuş sərhəd şərtləri daxilində (9) tənliyini inteqrallasaq, həcmi hasilatı tapmış olarıq:

$$Q = \frac{2\pi k}{\mu} \frac{[(P_k - P_q) - G(R_k - R_q)]}{\mu \left(\frac{1}{R_q} - \frac{1}{R_k} \right)} \quad (9)$$

Əgər başlanğıc təzyiqlik qradientini sıfıra bərabər götürsək, onda yeraltı hidravlikada məlum olan düsturu almış olarıq [5, 8].

$$Q = \frac{2\pi k}{\mu} R_q [(P_k - P_q) - G(R_k - R_q)] \quad (10)$$

$$\text{və ya } Q = \frac{2\pi k}{\mu} R_q [(P_k - P_q) - GR_k] \quad (11)$$

(11) tənliyi ilə qalınlığı böyük olan yataqlarda özlü-plastik model vasitəsilə həcmi hasilatı tapmaq olar. Bu tənliyin hər iki tərəfini sıxlığa vurmaqla kütlə sərfini də hesablamaq mümkündür.

Məsələnin həlli

Tədqiqatın nəticələri göstərir ki, neft quyularında özlü plastik neft təbəqəsi hərəkət et-

dikdə iki fərqli zona əmələ gəlir – biri lay daxilində, digəri quyu ətrafında. Bu kontekstdə radial modeldən istifadə xüsusilə quyu ətrafında müşahidə olunan üç fazlı hərəkətə görə faydalıdır. Sferik radial hərəkət xüsusilə uyğundur və yalnız adi Nyuton yağlarında deyil, qeyri-Nyuton mayelərində də müşahidə olunur. Tədqiq olunan işdə əlavə model əsasında müəyyən edilmiş parametrlərin seçimi ilə riyazi metodologiya modeli təklif edilmişdir. Əsas parametrlərə həcm istehlakı və elektrik enerjisiindəki fərq daxildir. Bu parametrlər anomal mayelərin süzülmə xassələri haqqında dəyərli fikirlər təklif edərək, onların davranışlarının daha aydın başa düşülməsinə kömək edir. Tədqiqatda anomal xalis çöküntülərinin hərəkətini tənzimləyən qanunlar ciddi şəkildə tədqiq edilmiş, xüsusi diqqət lay hərəkətinin müxtəlif rejimlərinin təhlilinə verilmişdir. Bu hərtərəfli kəşfiyyat müvafiq tənliklərin çıxarılmasına gətirib çıxardı və bununla da hər hansı bir təbəqə üçün optimal parametrlərin müəyyən edilməsinə imkan verdi. Alınan tənliklər müxtəlif layihələr üzərində işləyən mühəndislər üçün dəyərli alət təqdim edərək, mədən şəraitində səmərəli şəkildə istifadə edilə bilər. Bu tapıntıları praktiki tətbiqlərə daxil etməklə, əldə edilən tədqiqat bir sıra layihələrdə təcili mühəndislik problemlərini həll edən mühəndislər üçün kritik bir mənbə kimi ortaya çıxır. Bu tədqiqatdan əldə edilən anlayışlar anomal xalis yataqlarda hərəkət dinamikasının incəliklərini başa düşməyi təklif edir, məlumatlı qərarların qəbulunu asanlaşdırır və mədən əməliyyatlarının səmərəliliyini artırır. Bu iş nəzəri biliklərin və praktiki tətbiqetmənin kəsişməsinin sübutu kimi dayanır və onu mürəkkəb mühəndislik məsələləri ilə mübarizə aparan mühəndislər üçün əvəzolunmaz aktivə çevirir.

Nəticə

Lay şəraitində süzülmə proseslərini modelləşdirərək bir ölçülü düzxətli, iki ölçülü yastı-radial modellərlə yanaşı üç ölçülü sferik-radial modellə də öyrənmək olar. Xüsusilə, qalınlığı çox olan və ya tam açılmayan yataqlarda istifadə oluna bilər.

Qeyri-Nyuton neftli yataqların hidromexaniki modelləşdirilməsi həm istismar və həm də islanma zamanı geniş tətbiq oluna bilər. Bu modellərin köməyi ilə müxtəlif prosesləri riyazi və fiziki modellər əsasında kompüter sistemində modelləşdirmək olar.

Üç koordinat, yəni faza sistemində hərəkəti öyrənməklə, lay-quyu arasında əlaqənin öyrənilməsinə, layın islanma prosesini həm Nyuton, həm də Qeyri-Nyuton neft verən yataqlarda tətbiq etməklə enerjinin optimal istifadəsinə nail olmaq olar.

Maraqlar münaqişəsi

Müəlliflər bu məqalədə araşdırılması tələb olunan maraqlar münaqişəsinin olmadığını qeyd edirlər.

REFERENCES

- 1. Salavatov T.Ş., Dadaş-zadə M.Ə., Babayeva T.S** Elastiki-özlüplastik mayelərin borularda hərəkətinin reoloji tədqiqatları // *Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri*, 2022, cild 14, № 1, s. 70-74 (in Azerbaijani)
- 2. Dadaşzadə X.İ., Novruzova S.H., Qədəşova E.V.** Hərəkətsiz zonanın xassələrinin istismar prosesində quyulara təsiri // *Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri*, 2022, cild 14, № 1, s.60-69. (in Azerbaijani)
- 3. İsmayılov S.Z., Süleymanov A.D., Novruzova S.H.** Neft və qazın çıxarılması texnologiyası. - Bakı, 2022. - 537 s. (in Azerbaijani)
- 4. Mirzadzhanzade A.H., Kovalev Yu.V., Zajcev Yu.V.** Osobennosti ekspluatatsii mestorozhdenij anomalnyh neftej. - M.: «Nedra», 1982. - 200 s. (in Russian)
- 5. Mirzadzhanzade A.H., Hasanov M.M., Bahtizin R.N.** Modelirovanie processov neftegazadobychi. - M.: «Izhevsk», 2004. - 368 s. (in Russian)
- 6. Mirzadzhanzade A.H., Stepanova G.S.** Matematicheskij eksperiment v dobyche nefti i gaza. - M.: «Nedra», 1977. - 228 s. (in Russian)
- 7. Basniev K.S., Dmitrov N.M., Rozenberg G.D.** Neftegazovaya gidromekhanika. - M.: «Izhevsk», 2003. - 408 s. (in Russian)
- 8. Bernardiner M.G., Entov V.M.** Gidromekhanicheskaya teoriya filtratsii anomalnyh zhidkostej. - M.: «Nauka», 1975. – 199 s. (in Russian)