

Application of Three-Dimensional Models on Spherical-Radial Filtration the Skin Zone

X.I. Dadash-zada, E.V. Gadashova

Azerbaijan State Oil and Industry University (Azadlig ave. 16/21, Baku, AZ1010, Azerbaijan)

For correspondence:

Qadashova Elmira / e-mail: elmira_qadashova@hotmail.com

Abstract

Various models are used to determine the main filtering parameters. With the help of these models, the flow rate, pressure distributions, reservoir and well permeability are determined. Note that the complexity of the considered oil production processes makes it possible to mathematically describe the filtration process. However, when predicting technological indicators for designing the development of oil fields, rather simple models built on a single basis turn out to be the most acceptable. These models make it possible to carry out the most correct comparative analysis of various methods for increasing gas recovery, to implement multivariate systems to select the optimal development option, and to systematize the initial information.

Keywords: formation, skin factor, skin zone, contour and bottomhole pressure.

DOI 10.52171/2076-0515_2023_15_03_66_70

Received 10.05.2022

Revised 15.09.2023

Accepted 20.09.2023

For citation:

Dadash-zada X.I., Gadashova E.V.

[Application of Three-Dimensional Models on Spherical-Radial Filtration the Skin Zone]

Herald of the Azerbaijan Engineering Academy, 2023, vol. 15, no. 3, pp. 66-70 (in Russian)

Sferik radial süzülmə zamanı üç ölçülü modelin tətbiqinin skin-faktora görə təyini

X.İ. Dadaş-zadə, E.V. Qadaşova

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti (Azadlıq pr. 16/21, Bakı, AZ1010, Azərbaycan)

Yazışma üçün:

Qadaşova Elmira / e-mail: elmira_qadashova@hotmail.com

Xülasə

Süzülmənin əsas parametrini təyin etmək üçün müxtəlif modellərdən istifadə olunur. Bu modellərin köməyi ilə hasilat, təzyiğin paylanması, layın və quyunun keçiriciliyi təyin olunur. Bu mürəkkəb modellərin tətbiqi neft çıxarmada süzülmə prosesinin riyazi modelini verir. Ancaq qeyd etmək lazımdır ki, neft yataqlarının işlənmə proyektini verərkən, texnoloji göstəricilər əsasında əsas modelə görə bir qədər sadələşdirilmiş süzülmə modellərini vermək olar. Bu modellər müxtəlif istismar metodlarını bir-biri ilə müqayisə etmək imkanı yaradır. Buna görə sistemli verilmiş informasiyaya əsasən yatağın optimal variantı hesablanır.

Açar sözlər: lay, skin-faktor, skin-zona, kontur və quyudibi təzyiq.

DOI 10.52171/2076-0515_2023_15_03_66_70

УДК 622.246

Применение моделей трехмерной, сферически-радиальной фильтрации с учетом скин-зоны

Х.И. Дадашзаде, Э.В. Гадашова

*Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности
(пр. Азадлыг, 16/21, Баку, AZ1010, Азербайджан)*

Для переписки:

Гадашова Эльмира / e-mail: elmira_qadashova@hotmail.com

Аннотация

Для определения основных параметров фильтрации применяются различные модели. С помощью данных моделей определяются дебит, распределение давления, проницаемость пласта и скважины. Отметим, что сложность рассматриваемых процессов нефтедобычи обуславливает возможность математического описания процесса фильтрации. Однако при прогнозировании технологических показателей для проектирования разработки нефтяных месторождений наиболее приемлемыми оказываются достаточно простые модели, построенные на единой основе. Эти модели позволяют наиболее корректно проводить сравнительный анализ различных методов увеличения нефтеотдачи, осуществлять многовариантный выбор оптимальной схемы разработки, систематизировать исходную информацию.

Ключевые слова: пласт, скин-фактор, скин-зона, контурное и забойное давление.

Введение

Практика показывает, что для определения технологических показателей разработки нефтяных месторождений необходимы специфические исходные данные о пласте, призабойной зоне скважины и т.д.

Цель работы – на основе сферической радиальной модели предложить математическую модель для определения основных показателей нефтяного месторождения с учетом скин-зоны в призабойной зоне нефтяной скважины.

Постановка задачи

Выделение минимально необходимого числа факторов, определяющих наиболее существенные черты моделируемых процессов, приводит к постановке новых задач фильтрации. В настоящее время предложены разные математические модели и соответствующие им методики расчета технологических показателей, отражающие современное представление о фильтрации нефти в пористой среде.

Усовершенствование процесса фильтрации углеводорода при использовании сферическо-радиальной модели дает возможность более детально определить процессы, которые возникают в призабойной зоне с учетом скин-фактора [1-7].

Решение задачи

Существующая модель, дополненная соответствующими начальными и граничными условиями, может реализоваться в численную модель трехмерного по толщине или по простиранию пласта.

При трехмерном моделировании одновременно учитываются эффекты, связанные с толщиной, мощностью, неоднородностью пласта в самом пласте и призабойной зоне (гравитационная сепарация, капиллярная пропитка, гидродинамический массообмен между связанными слоями разной проницаемости в пласте и скин-зоне) и по пласту.

Впервые применение трехмерной модели применил И.А. Чарный [3]. Автор указывает, что при определении дебита скважины, несовершенной по степени вскрытия, если величина вскрытия пласта мала, область фильтрации условий разбивается на две зоны.

Первая зона находится между контуром питания и радиусом, равным или большим толщины пласта. В данной зоне движение можно считать плоскорадиальным.

Вторая зона расположена между стенкой скважины и цилиндрической поверхностью, где движение будет пространственным, т.е. трехмерным.

Данную задачу можно применять и для нефтяных скважин с учетом скин-зоны.

Из курса подземной гидравлики известно, что уравнение фильтрации можно записать:

$$v = \frac{k}{\mu} \cdot \frac{dP}{dr} \quad (1)$$

где k – проницаемость по газу; μ – динамическая вязкость газа; $\frac{dP}{dr}$ – градиент давления.

Известно, что для сферическо-радиальной модели площадь сечения пласта определяется:

$$F = 2\pi r^2$$

Умножая левую и правую часть уравнения фильтрации на площадь сечения пласта, имеем:

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

Учитывая скин-зону, можно интегрировать уравнение:

$$\frac{Q\mu}{2\pi k} \left[\int_{R_c}^{R_s} \frac{1}{k_c} \cdot \frac{dr}{r^2} + \int_{R_s}^{R_k} \frac{1}{k} \cdot \frac{dr}{r^2} \right] = \int_{P_c}^{P_k} dP \quad (3)$$

После небольших преобразований находим:

$$\frac{Q\mu}{2\pi k} \left[\frac{1}{R_c} \left(1 - \frac{k}{k_s}\right) + \frac{1}{R_c} \cdot \frac{k}{k_s} - \frac{1}{R_k} \right] = P_k - P_c \quad (4)$$

Отнимаем значение $\frac{1}{R_c}$:

$$\frac{Q\mu}{2\pi k} \left[\frac{1}{R_s} \left(1 - \frac{k}{k_s}\right) + \frac{1}{R_c} \cdot \frac{k}{k_s} - \frac{1}{R_k} + \frac{1}{R_c} - \frac{1}{R_c} \right] = P_k - P_c \quad (5)$$

Проведем небольшую группировку:

$$\frac{Q\mu}{2\pi k} \left[\left(\frac{k}{k_s} - 1\right) \cdot \left(\frac{1}{R_c} - \frac{1}{R_s}\right) + \left(\frac{1}{R_c} - \frac{1}{R_k}\right) \right] = P_k - P_c \quad (6)$$

Отсюда можно определить значение объемного расхода:

$$Q = \frac{2\pi k}{\mu} \cdot \frac{(P_k - P_c)}{\left[\left(\frac{k}{k_s} - 1\right) \cdot \left(\frac{1}{R_c} - \frac{1}{R_s}\right) + \left(\frac{1}{R_c} - \frac{1}{R_k}\right) \right]} \quad (7)$$

Если вынести значение $\left(\frac{1}{R_c}\right)$ за скобку, то в конечном виде с учетом скин-зоны имеем:

$$Q = \frac{2\pi k}{\mu} \cdot R_c \cdot \frac{P_k - P_c}{\left[S + \left(1 - \frac{R_c}{R_k}\right) \right]} \quad (8)$$

где S – скин-фактор, который определяется:

$$S = \left(\frac{k}{k_s} - 1\right) \cdot \left(1 - \frac{R_c}{R_k}\right), \quad (9)$$

где k_s – проницаемость пласта в скин-зоне; R_k и R_c – контурное и забойное давление; R_c – радиус скважины; R_k – радиус контура скважины; R_s – радиус скин-зоны.

Как видно из уравнения, объемный расход для жидкости зависит от многочисленных параметров, в том числе от скин-фактора.

Если $S = 0$, то имеем уравнение для несжимаемой жидкости при сферически-радиальной модели фильтрации.

Учитывая, что $R_k \gg R_c$, уравнение фильтрации относительно объемного расхода можно записать так:

$$Q = \frac{2\pi k}{\mu} \cdot R_c \cdot \frac{P_k - P_c}{S + 1} \quad (10)$$

Заключение

Вопросы и задачи, рассмотренные в данной работе, относятся к базовым положениям гидродинамики пласта. Анализ показывает, что при исследовании данной модели влияние радиуса скин-зоны и коэффициента проницаемости в данной зоне влияют на величину притока жидкости.

На основе исследований установлена фундаментальная зависимость, отражающая единство и взаимосвязь между основными гидродинамическими параметрами пласта и скважины с учетом скин-фактора.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, связанных с публикацией данной статьи.

REFERENCES

1. **Mirzadzhanzade A.Kh., Kovalev A.G., Zaitsev Yu.V.** Peculiarities of exploitation of anomalous oil fields. M.: *Nedra*, 1972, 271 p. (*in English*)
2. **Pykhachev G.B., Isaev R.G.** Underground hydraulics. M.: *Nedra*, 1973, 315 s. (*in English*)
3. **Basniev K.S., Vlasov A.M., Kochina I.N., Maksimov V.M.** Underground hydraulics, M.: *Nedra*, 1986, 303 s. (*in English*)
4. **Mufazimov R.Sh.** Skin factor. Historical mistakes and misconceptions in the theory of oil reservoir hydrodynamics. *Georesursy* No. 5, 2013, pp. 34-48. (*in English*)
5. **Shagiev R.G., Levchenko Sh.O.** Analysis of the components of the skin factor on the example of well surveys. Pamyatno-Sasovskoye field, N.Kh., 2002, No. 12, pp. 67-69. (*in English*)
6. **Mufazalov R.Sh.** Skin factor and its importance for evaluating borehole environmental conditions for a productive formation, *ROGTEC, Oil and Gas Magazine*. 1988, is. 19. Pp.18-36. (*in English*)
7. **Salavatov T.Sh., Dadashzade M.A., Aliyev I.N.** Analiz dvijeniya realnix qazov v poristoy srede po lineynomu zakonu filtrasi s uchotom Skin-zon. *Herald of the Azerbaijan Engineering Academy*. 2018. Vol.10, №1, pp.41-44 (*in Russian*)