

© Q.İ.Calalov, B.X.Feyzullayev, 2015

LAY TƏZYİQİ NEFTİN QAZLADOYMA TƏZYİQİNDƏN AŞAĞI OLAN YATAQLARIN İŞLƏNİLMƏSİ PROSESİNDƏ TEMPERATUR SAHƏSİNİN TƏYİNİ

Q.İ.Calalov, B.X.Feyzullayev

*Azərbaycan MEA Geologiya və Geofizika İnstitutu
AZ1143, Bakı, H.Cavid prospekti, 119*

Məqalədə keçiriciliyə görə qeyri-bircins layda qazlı mayenin quyuya fəza süzülməsi şəraitində temperatur sahəsinin təyini məsələsi həll edilmişdir. Uyğun alqoritm və ədədi hesablama sxemi işlənmiş və konkret misal əsasında çoxvariantlı riyazi eksperimentlər aparılmışdır. Alınmış nəticələr termohidrodinamik effektlər nəzərə alınmaqla qazlı mayenin layda fəza süzülməsi zamanı temperatur sahəsinin formalaşmasına dair mövcud məlumatları tamamlayır və quyu məlumatlarının interpretasiyasının etibarlılığının və dəqiqliyinin artırılması üçün istifadə oluna bilər.

Məsaməli mühitdə flüidlərin süzülməsi şəraitində termodinamik effektləri nəzərə almaqla temperatur sahələrinin təyini istiqamətində ilk tədqiqatlar B.B.Lapuk tərəfindən yerinə yetirilmişdir.

E.B.Çekalyuk neft laylarında temperatur hadisələrinin nəzəri və eksperimental üsullarla daha dərinlən öyrənilməsinə bir sıra tədqiqat işləri həsr etmişdir, ilk dəfə olaraq termodinamik effektləri nəzərə almaqla məsaməli mühitdə sıxılan mayenin axını üçün enerjinin saxlanması tənzimliyini almışdır ki, bu da quyuların termometriyası nəzəriyyəsində bütün gələcək tədqiqatların əsasını qoymuşdur.

Quyunun termometriyası nəzəriyyəsində əsas məqsəd verilən istismar rejimində layda flüidin süzülməsi zamanı temperatur sahəsinin təyini və bunun əsasında layların istismarı xarakteristikalarının qiymətləndirilməsinin mümkünlüyündən ibarətdir.

Bu istiqamətdə çoxlu sayda tədqiqat işləri aparılmışdır ki, onlar haqqında müfəssəl icmal analizi (Абасов и др., 1993; Алишаев и др., 1985; Бахитов и др., 1984; Карачинский, 1975; Рамазанов, 2004; Рамазанов, Паршин, 2006; Филиппов, Филиппов, 2002; Филиппов, Ахметова, 2011; Чекалюк, 1965) işlərində öz əksini tapmışdır.

Qeyd edilənlərə əsasən, demək olar ki, neft yataqlarına tətbiqində termohidrodinamiki üsulların nəzəri əsaslarının inkişafına və təkmilləşdirilməsinə praktikada real zərurət yaranmışdır.

Məqalədə lay təzyiqi neftin qazladoyma təzyiqindən aşağı olan yataqların işlənilməsi prosesində Coul-Tomson effekti ilə yaranan temperatur sahəsinin təyini məsələsi tədqiq edilmişdir.

Məsələnin qoyuluşu

Fərz edək ki, keçiriciliyə görə qeyri-bircins R_k radiuslu silindrik formalı kürəvi lay R_q radiuslu mərkəzi quyu ilə istismar olunur. Layın işlənilmədən əvvəl başlanğıc təzyiqi, temperaturu və neftlədoyumu uyğun olaraq p_0 , T_0 və s_0 -dır. Qəbul olunur ki:

– istismarın ilk anından quyu gövdəsində ortalama təzyiq anı olaraq p_q -yə qədər azalır, sonradan istismar prosesində sabit qalır;

– quyu açılma dərəcəsinə, xarakterinə nəzərən tamdır və kifayət qədər böyük uzunluğa malik horizontal layın tam qalınlığını əhatə edir;

– qazlı mayenin süzülməsi Darsi qanununa tabedir;

– layın tavanı və dabanı keçilməzdir;

– lay boyunca başlanğıc təbii temperatur paylanması sabitdir;

– flüidin və məsaməli mühitin temperaturu layın istənilən nöqtəsində eynidir;

– konvektiv istilikötürmə ilə müqayisədə layın radial istiqamətdə istilik keçirməsi nəzərə alınmır;

– layda temperatur dəyişməsinin lay və mayeni xarakterizə edən parametrlərə təsiri nəzərə alınmır.

Qəbul edilmiş fərziyyələr əsasında qoyulmuş məsələnin həlli aşağıdakı qeyri-xətti xüsusi törəməli diferensial tənliklər sisteminin verilmiş şərtlər daxilində həllinə gətirilir (Алишаев и др., 1985; Бахитов и др., 1984; Карачинский, 1975; Рамазанов, 2004; Рамазанов, Паршин, 2006; Филиппов, Филиппов, 2002; Филиппов, Ахметова, 2011):

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[k(r, z) \psi(s, p) r \frac{\partial p}{\partial r} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[k(r, z) \psi(s, p) \frac{\partial p}{\partial z} \right] = \frac{\partial \Phi(s, p)}{\partial t}, \quad (1)$$

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[k(r, z) \varphi(s, p) r \frac{\partial p}{\partial r} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[k(r, z) \varphi(s, p) \frac{\partial p}{\partial z} \right] = \frac{\partial \varepsilon(s, p)}{\partial t}, \quad (2)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \sum_{i=1}^2 \frac{c_i \rho_i \nu_i}{c_1} \frac{\partial T}{\partial r} + \sum_{i=1}^2 \frac{c_i \rho_i \nu_i \varepsilon_i}{c_1} \frac{\partial p}{\partial r} = \chi_r \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}, \quad i=1,2 \quad (3)$$

$$p(r, z, t)|_{t=0} = p_0, \quad s(r, z, t)|_{t=0} = s_0 \quad (4)$$

$$p(r, z, t)|_{r=R_q} = p_q, \quad (5)$$

$$\left. \frac{\partial p(r, z, t)}{\partial r} \right|_{r=R_k} = 0, \quad \left. \frac{\partial s(r, z, t)}{\partial r} \right|_{r=R_k} = 0, \quad (6)$$

$$\left. \frac{\partial p(r, z, t)}{\partial z} \right|_{z=0} = 0, \quad \left. \frac{\partial p(r, z, t)}{\partial z} \right|_{z=H} = 0, \quad (7)$$

$$T(r, z, t)|_{t=0} = T_0, \quad (8)$$

$$T(r, z, t)|_{r=R_k} = T_0, \quad (9)$$

$$\left. \frac{\partial T(r, z, t)}{\partial z} \right|_{z=0} = 0, \quad \left. \frac{\partial T(r, z, t)}{\partial z} \right|_{z=H} = 0, \quad (10)$$

burada

$$\left. \begin{aligned} \psi(s, p) &= \left[\frac{c(p) F_q(s)}{\mu_q(p)} + \frac{S_k(p)}{\beta(p)} \frac{F_n(s)}{\mu_n(p)} \right]; \\ \Phi(s, p) &= m \left[c(p)(1-s) + \frac{s S_k(p)}{\beta(p)} \right]; \\ \varphi(p, s) &= \frac{F_n(s)}{\mu_n(p) \beta(p)}; \quad \varepsilon(p, s) = \frac{m \cdot s}{\beta(p)} \end{aligned} \right\};$$

$F_q(s)$ – qaza görə nisbi faza keçiriciliyi;
 $F_n(s)$ – neftə görə nisbi faza keçiriciliyi; s – süxurun neftə nəzərən doyma əmsalı; $k(r, z)$ – süxurun keçiriciliyi; p – təzyiq; $\mu_q(p)$ – qazın özlülüyü; $\mu_n(p)$ – neftin özlülüyü; $S(p)$ – neftin vahid həcmində həll olmuş qazın çəkisi; $c(p)$ – qazın xüsusi çəkisi; m – layın məsaməliyi; $\beta(p)$ – neftin həcmi əmsalı; T – temperatur; c_i – xüsusi istilik tutumu; ε_i – Coul-Tomson əmsalı; ν_i – konvektiv istilikötürmə sürəti; $\chi_r = \frac{\lambda_r}{c_1}$ – layın temperaturkeçirmə əmsalı; ρ_i – sıxlıq; $i=1$ – neftə aid olunan indeks; $i=2$ – qaza aid olunan indeks; $c_1 = (1-m)\rho_s c_s + m\rho_1 c_1$ – maye ilə doymuş layın həcmi istilik tutumu; (r, z) – radial-silindrik koordinat oxları; t – zaman.

(1)-(10) termohidrodinamik məsələsinin həlli üçün təzyiq funksiyasına nəzərən qeyri-aşkar, doyma və temperatur funksiyalarına nəzərən isə aşkar sxemdən istifadə edilmişdir. Temperatur və doyma funksiyaları üzrə zaman addımlarının kiçikliyini nəzərə alaraq aşkar sxemin dayanıqlığının Kurant növlü şərti tədqiq edilmişdir (Азиз, Сеттари, 1982; Фейзуллаев, 2011).

Neft hasilatı və qaz amili uyğun olaraq aşağıdakı ifadələrdən təyin edilmişdir (Абасов и др., 1993):

$$q = \frac{2\pi h k(z)}{\ln \frac{R_k}{R_q}} \int_{p_q}^{p_k} \frac{F_n(s)}{\mu_n(p) a(p)} dp \approx \frac{\pi h k(z)}{\ln \frac{R_k}{R_q}} \left(\frac{F_n(s_q)}{\mu_n(p_q) a(p_q)} + \frac{F_n(s_k)}{\mu_n(p_k) a(p_k)} \right) (p_k - p_q), \quad (11)$$

$$Q_a = \frac{293}{273 + T_q} p_q a(p_q) \frac{F_q(s_q) \mu_n(p_q)}{F_n(s_q) \mu_q(p_q)} + S_k(p_q). \quad (12)$$

Yuxarıda verilmiş alqoritm üzrə $k(r, z) = k_0 e^{z/H}$ qəbul etməklə (Абасов и др., 1993), aşağıda verilən ilkin məlumatlar əsasında (cədvəl) ədədi eksperimentlər aparılmışdır.

Fiziki kəmiyyətlər	Ölçü vahidləri	Ədədi qiymətləri
T_0	°C	65
p_k	Pa	33030000
p_q	Pa	13400000
m_0		0.174
R_k	m	2000
H	m	86.2
R_q	m	0.2159
λ_r	C·m ² /(kq·san·°C)	2.28
c_l	C/(kq·°C)	1800
c_n	C/(kq·°C)	1880
c_q	C/(kq·°C)	3200
ε_n	°C/Pa	0.0000004
ε_q	°C/Pa	-0.00003
k_0	m ²	0,1·10 ⁻¹²
ρ_n	kq/m ³	691,997
ρ_q	kq/m ³	230,666
ρ_s	kq/m ³	2200

$$F_q(s) = (1-s)^2, \quad F_n(s) = s^2$$

$$c(p) = -0.00000000415 \cdot p^3 + 0.00000638361 \cdot p^2 -$$

$$-0.00173922989 \cdot p + 0.9938172$$

$$S(p) = -0.0000000031070352 \cdot p^4 +$$

$$+ 0.0000028360860274 \cdot p^3 -$$

$$- 0.0006460824984911 \cdot p^2 +$$

$$+ 0.504336288793717 \cdot p -$$

$$- 0.1323882374036190,$$

$$\beta(p) = -0.0000000000459633 \cdot p^4 +$$

$$+ 0.000000038725738 \cdot p^3 -$$

$$- 0.0000108535953729 \cdot p^2 +$$

$$+ 0.0022735273969246 \cdot p + 1.00302346143653,$$

$$\mu_n(p) = (0.00000000021063375 \cdot p^4 -$$

$$- 0.00000019042759404 \cdot p^3 +$$

$$+ 0.00006869519617624 \cdot p^2 -$$

$$- 0.014448874672876 \cdot p +$$

$$+ 2.25106443446485) \cdot 10^{-3} (Pa \cdot san),$$

$$\mu_q(p) = (0.000000000023771 \cdot p^4 +$$

$$+ 0.0000000017108129 \cdot p^3 -$$

$$- 0.0000002822848785 \cdot p^2 +$$

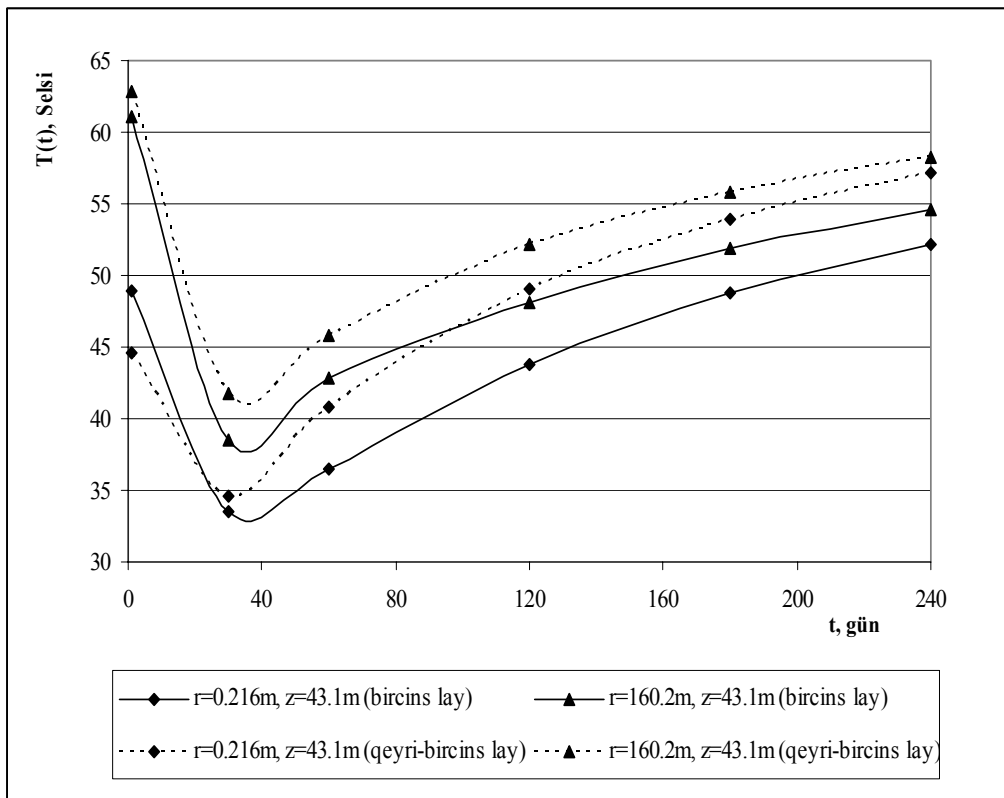
$$+ 0.0000545265482141 \cdot p +$$

$$+ 0.0105779247947167) \cdot 10^{-3} (Pa \cdot san).$$

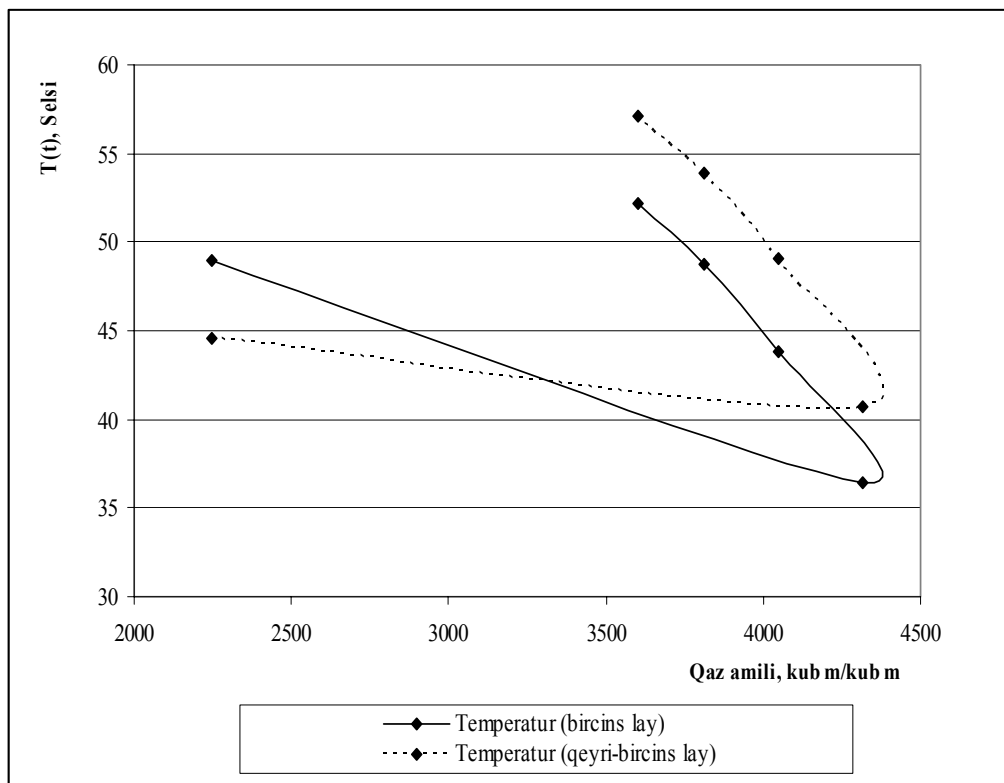
Ədədi eksperimentlərin nəticələrinin bir qismi qrafiki təsvirlə 1-4-cü şəkillərdə verilmişdir. 1-ci şəkildən görünür ki, zamanın kiçik qiymətlərində quyuda temperaturun kəskin azalması müşahidə edilir. Bu şəkildə göstərilmiş temperatur anomaliyasının yaranması quyuətrafı zonada neftdən qazın kəskin şəkildə ayrılması ilə əlaqədardır. Verilmiş məlumatlar şəraitində $t \geq 30$ gündən sonra temperatur artmağa başlayır və temperatur anomaliyası müsbət qiymət alır. Temperaturun bu qanunauyğunluqla dəyişməsi layda qazın neftdən ayrılmasını xarakterizə etdiyindən onu layın neftlədoyma xüsusiyyətinin qiymətləndirilməsində istifadə etmək olar.

İstismarın müəyyən anından sonra temperaturun bir qiymətinə qaz amilinin ikili qiyməti uyğun gəlir (2-ci şəkil). Qeyd edək ki, bu anomaliya hündürlük üzrə qeyri-bircins və bircins layların hər birində müəyyən fərqlə özünü göstərir. Həmcinin quyuda və layda istismar zamanı temperaturun anomal dəyişmə qanunauyğunluğu neftlədoymanın ilkin olaraq azalması və sonradan artması ilə müşayiət olunur (3-cü şəkil). Bu qanunauyğunluq qeyri-bircins və bircins laylarda analogiya təşkil edir.

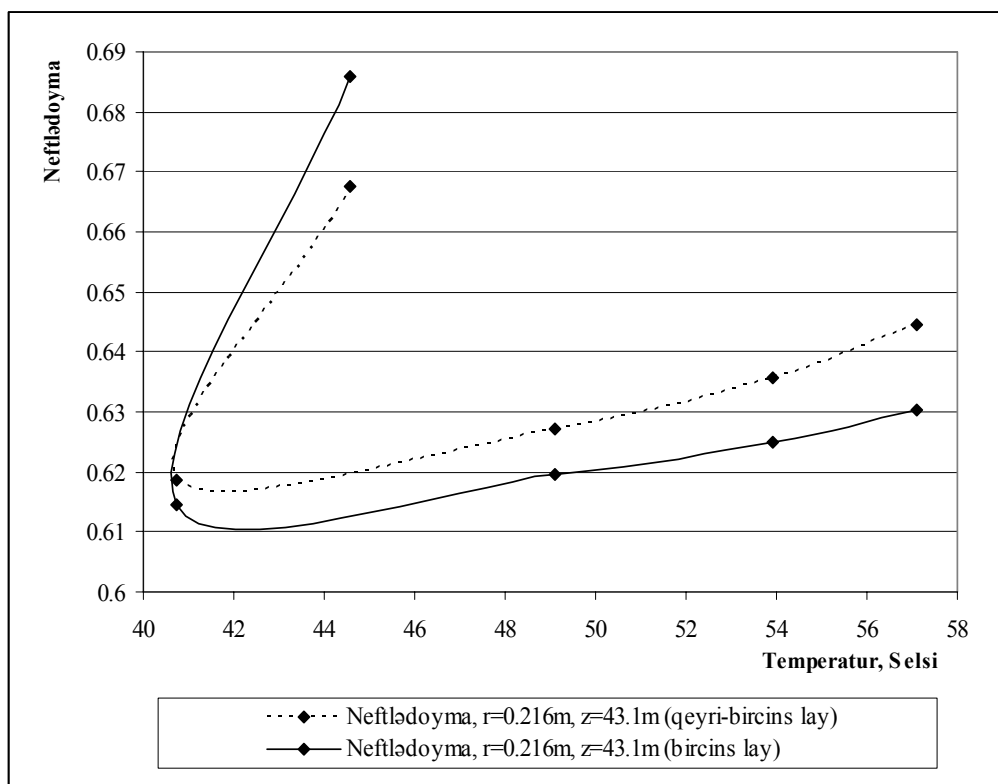
Neft hasilatının zamandan asılı olaraq dəyişməsinə də uyğun şəkildə eyni tendensiya özünü göstərir, lakin qeyri-bircins layda bircins layla müqayisədə temperaturun zəif düşməsi hasilatın neftə görə daha yüksək olmasını təmin edir (4-cü şəkil).



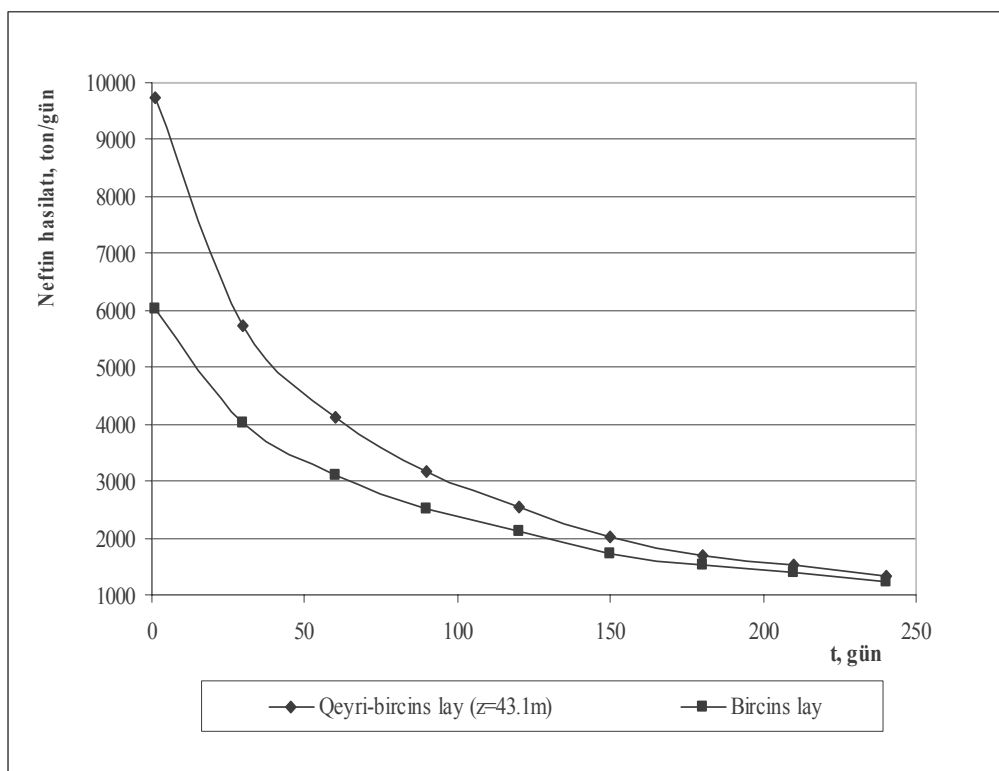
1-ci şəkil. Temperaturun zamandan asılı olaraq dəyişməsi



2-ci şəkil. Layda temperaturun qaz amilindən asılı olaraq dəyişməsi



3-cü şəkil. Quyuda neftlədoymanın temperaturdan asılı olaraq dəyişməsi



4-cü şəkil. Neft hasilatının zamandan asılı olaraq dəyişməsi

NƏTİCƏ

– Lay təzyiqi neftin qazladoyma təzyiqindən aşağı olan qeyri-bircins yataqların işlənməsi prosesində, flüidın fəza axını şəraitində mayenin qazsızlaşması və drossel effektlərini nəzərə alan hidrotermodinamik model təklif edilmiş və ədədi hesablama sxemi işlənilmişdir.

– Alınmış nəticələr fəza süzülməsi zamanı temperatur sahəsinin formalaşması haqqında mövcud olan məlumatları tamamlayır və quyu məlumatlarının interpretasiyasının etibarlılığının və dəqiqliyinin artırılması üçün istifadə edilə bilər.

ƏDƏBİYYAT

- АБАСОВ, М.Т., АЗИМОВ, Э.Х., КУЛИЕВ, А.М. 1993. Гидротермодинамические исследования скважин глубоководных месторождений. Баку. 176 с.
 АЗИЗ, Х., СЕТТАРИ, Э. 1982. Математическое моделирование пластовых систем. Недра. Москва. 407 с.
 АЛИШАЕВ, М.Г., РОЗЕНБЕРГ, М.Д., ТЕСЛЮК, Е.В. 1985. Неизотермическая фильтрация при разработке нефтя-

- ных месторождений. Москва. Недра. 271 с.
 ВАХИТОВ, Г.Г., ГАТТЕНБЕРГЕР, Ю.П., ЛУТКОВ, В.А. 1984. Геотермические методы контроля за разработкой нефтяных месторождений. Недра. Москва. 240 с.
 КАРАЧИНСКИЙ, В.Е. 1975. Методы геотермодинамики залежей газа и нефти. Недра. Москва. 168 с.
 РАМАЗАНОВ, А.Ш. 2004. Теоретические основы термодинамических методов исследования нефтяных пластов. Дисс. на соиск. ... докт. техн. наук, Уфа, 269 с.
 РАМАЗАНОВ, А.Ш., ПАРШИН, А.В. 2006. Температурное поле в нефти-водо-насыщенном пласте с учетом разгазирования нефти. <http://www.ogbus.ru>, *Нефтегазовое дело*, 1-17.
 ФИЛИПШОВ, А.И., ФИЛИПШОВ, С.А. 2002. Термодинамика фильтрационных нефтегазовых потоков. СГПИ. Стерлитамак. 200 с.
 ФИЛИПШОВ, А.И., АХМЕТОВА, О.В. 2011. Температурное поле в пласте и скважине. Гилем. Уфа. 329 с.
 ЧЕКАЛЮК, Э.Б. 1965. Термодинамика нефтяного пласта. Недра. Москва. 238 с.
 ФЕЙЗУЛЛАЕВ, Х.А. 2011. Совершенствование моделирования гидрогазодинамических основ разработки глубоководных газоконденсатных месторождений: Дисс. на соиск. ... докт. техн. наук. НАНА ИГ. 303 с.

Maqalaya Azərbaycan MEA-nın müxbir üzvü T.Ş.Salavatov rəy vermişdir.