

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

© Q.İ.Calalov, B.X.Feyzullayev, 2016

QAZ-KONDENSAT QARIŞIĞININ LAYDA SÜZÜLMƏSİ ZAMANI YARANAN TERMODİNAMİK EFFEKTƏLƏRİN TEMPERATUR SAHƏSİNƏ TƏSİRİ HAQQINDA

Q.İ.Calalov, B.X.Feyzullayev

*Azərbaycan MEA Geologiya və Geofizika İnstitutu
Az1143, Bakı, H.Cavid prospekti, 119*

Məqalədə keçiriciliyə nəzərən qeyri-bircinsliliyi ilə səciyyələnən layda qaz-kondensat qarışığının quyuya qərarlaşmamış fəza süzülməsi şəraitində yaranan termodinamik effektlərin termohidrodinamik sahələrin paylanmasına təsiri məsələsi həll edilmişdir. Uyğun alqoritm və ədədi həll üsulu təklif edilmiş və proqram paketi yaradılaraq çoxsaylı riyazi eksperimentlər aparılmışdır. Flüidın süzülməsi zamanı yaranan termodinamik effektin prosesə təsiri öyrənilmişdir. Alınmış nəticələr quyu məlumatlarının etibarlılığının və dəqiqliyinin artırılması üçün istifadə oluna bilər.

Neft və qaz yataqlarının işlənilməsi zamanı flüidlərin süzülməsi prosesi termodinamik effektlərin yaranması səbəbindən qeyri-izotermik xarakter daşıyır. Bu nöqteyi-nəzərdən lay temperaturunun dəyişməsinin öyrənilməsinə maraq, hər şeydən əvvəl, quyu termometriyası ilə əlaqədardır.

Termodinamik effektlər hesabına flüidlərin temperaturunun cüzi dəyişməsinin müasir quyu termometrləri ilə qeydə alınması quyu və lay sistemi ilə əlaqədar olan bir sıra diaqnostik-praktiki məsələlərin həllinə imkan yaradır.

Çətin çıxarıla bilən ehtiyata malik yataqların işlənilməsinə nəzarət üçün bu məsələlərin tədqiqi daha aktualdır. Hazırda quyularda aparılan temperatur ölçmələri əsasında məhsuldar layları aşkarlamaq, qaz-neft kontaktının yerini, qazılan quyularda məhlulun udulma yerini, hidroyarılma zonasını və s. təyin etmək mümkündür.

Məsələli mühitdə flüidlərin süzülməsi şəraitində termodinamik effektləri nəzərə almaqla temperatur sahəsinin təyininə və bunun əsasında layların istismar xarakteristikalarının qiymətləndirilməsinə çoxlu sayda tədqiqat işləri həsr edilmişdir (Чекалюк, 1965; Развитие..., 1969; Карачинский, 1975; Вахитов и др., 1984; Алишаев и др., 1985; Абасов и др., 1993; Рамазанов, 2004; Рамазанов и Паршин, 2006; Филиппов, 2006; Филиппов и Ахметова, 2006;). Qeyd edilənlərə əsasən, demək olar ki, çoxfazlı flüidın qərarlaşmamış süzülməsi

şəraitində yataqların işlənilməsi zamanı istilik-kütlə köçürülmə prosesləri ilə müşahidə edilən termodinamik effektlərin araşdırılması bir sıra praktiki məsələlərin həllində mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Məqalədə lay təzyiqi kondensatladoyma təzyiqindən aşağı olan keçiriciliyə nəzərən qeyri-bircins qaz-kondensat yataqlarının işlənilməsi prosesində yaranan termodinamik effektlərin lay temperaturunun dəyişməsinə təsiri məsələsi araşdırılmışdır.

Məsələnin qoyuluşu

Fərz edək ki, keçiriciliyə görə qeyri-bircins R_k radiuslu silindrikformalı kürəvi qaz-kondensat layı R_q radiuslu mərkəzi quyu $Q_q(t)$ debiti ilə istismar olunur. Layın işlənilmədən əvvəl başlanğıc təzyiqi və temperaturu uyğun olaraq p_0 , T_0 , kondensatla doyumu isə S_0 -dir.

Qəbul olunur ki:

- quyu açılma dərəcəsinə, xarakterinə nəzərən tamdır və kifayət qədər böyük uzunluğa malik horizontal layın tam qalınlığını əhatə edir;
- layın sərhədi, tavanı və dabanı keçirilməzdir;
- qaz və maye kondensatın süzülməsi Darsi qanununa tabedir;
- flüidın və məsaməli mühitin temperaturu layın istənilən nöqtəsində eynidir;

- layda temperatur dəyişməsinin lay və mayeni səciyyələndirən parametrlərə təsiri nəzərə alınmır;

- kondensat və qaz fazalarının özlülüyü və sıxlığı yalnız təzyiqdən asılıdır;

- layın tavan və dabanından istilik ötürülməsinin lay temperaturunun dəyişməsinə təsiri nəzərə alınmır;

- layın temperatur sahəsinə mühitin istilik-keçirmə xüsusiyyətlərinin və barotermik effektin təsiri nəzərə alınır.

Qəbul edilmiş fərziyyələr daxilində qoyulmuş məsələnin həlli aşağıdakı qeyri-xətti xüsusi törəməli diferensial tənliklər sisteminin verilmiş şərtlər daxilində həllinə gətirilir (Чекалюк, 1965; Развитие..., 1969; Карачинский, 1975; Азиз и Сеттари, 1982; Вахитов и др., 1984; Алишаев и др., 1985; Филиппов, 2006; Филиппов и Ахметова, 2006; Фейзуллаев, 2011):

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

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

$$C^* \frac{\partial T}{\partial t} + \sum_{i=1}^2 c_i \rho_i \mathcal{G}_i \frac{\partial T}{\partial r} + \sum_{i=1}^2 c_i \rho_i \mathcal{G}_i \varepsilon_i \frac{\partial p}{\partial r} - m \sum_{i=1}^2 s_i c_i \rho_i \eta_i \frac{\partial p}{\partial t} = \\ = \lambda^* \left[\frac{1}{r} \left(\frac{\partial}{\partial r} (r \frac{\partial T}{\partial r}) \right) + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right], \quad i = 1, 2, \quad (3)$$

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

$$2\pi k(r, z) \psi(p, s) r \frac{\partial p}{\partial r} \Big|_{r=R_q} = -Q_q(t), \quad (5)$$

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

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

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

$$-\lambda^* \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=R_q} = \alpha(T - T_q), \quad T(r, z, t)|_{r=R_k} = T_0, \quad (9)$$

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

burada (1),(2) qaz-kondensat qarışığının süzülməsinin binar modeli çərçivəsində hərəkət tənlikləri; (3) – fazalara nəzərən enerji tənlikləri;

$$\psi(p, s) = \left[\frac{F_q(s) p \beta [1 - c(p) \bar{\gamma}(p)]}{\mu_q(p) z(p) p_{at}} + \frac{F_k(s) S_k(p)}{\mu_k(p) a_k(p)} \right];$$

$$\varphi(p, s) = \left[\frac{F_q(s) p c(p) \beta}{\mu_q(p) z(p) p_{at}} + \frac{F_k(s)}{\mu_k(p) a_k(p)} \right];$$

$$\Phi(p, s) = Q(p) + sN(p);$$

$$N(p) = m \left[\frac{S_k(p)}{a_k(p)} - \frac{p \beta [1 - c(p) \bar{\gamma}(p)]}{z(p) p_{at}} \right];$$

$$Q(p) = m \frac{p \beta [1 - c(p) \bar{\gamma}(p)]}{z(p) p_{at}};$$

$$\delta(p, s) = M(p) + sB(p);$$

$$B(p) = m \left[\frac{1}{a_k(p)} - \frac{p \beta c(p)}{z(p) p_{at}} \right];$$

$$M(p) = m \frac{p \beta c(p)}{z(p) p_{at}};$$

$$C^* = m \sum_{i=1}^2 s_i c_i \rho_i + (1 - m) c_l \rho_l;$$

$$\lambda^* = m \sum_{i=1}^2 s_i \lambda_i + (1 - m) \lambda_l; \quad \sum_{i=1}^2 s_i = 1;$$

$p(r, z, t)$ - təzyiq; $s(r, z, t)$ - kondensatladoyma;

$T(r, z, t)$ - temperatur; $F_q(s)$ и $F_k(s)$ - uyğun olaraq qaz və maye fazanın nəzəri faza keçiricilikləri; $c(p)$ - qaz fazasında kondensatın

miqdarı; $\bar{\gamma}(p)$ - normal şəraitdə kondensatın maye və qaz fazalarındakı həcmi çəkirlərinin nisbəti; $S_k(p)$ - qazın mayədə həllolma miqdarı; $a_k(p)$ - maye fazanın həcmi əmsalı; m - süxurun məsaməlik əmsalı; k - süxurun mütləq keçiricilik əmsalı; t - zaman; p_{at} - atmosfer təzyiqi; β və $z(p)$ - uyğun olaraq temperatur düzəlişi və qaz fazasının sıxılma əmsalları; $\mu_q(p)$ və $\mu_k(p)$ - uyğun olaraq qaz və maye fazalarının özlülülkləri; r, z - fəza koordinatları; $i = 1$ - kondensata aid olunan indeks; $i = 2$ - qaza aid olunan indeks; C_i - fazalara nəzərən xüsusi istilik tutumu; ε_i - Coul-

Tomson əmsalı; $\mathcal{G}_i$ - i -ci fazanın süzülmə sürəti; ρ_i - fazaların sıxlığı; α - lay ilə quyu divarı arasında istilikötürmə intensivliyini xarakterizə edən əmsal; λ_i - i -ci fazanın istilikkeçirməsi; C^* - ümumi istilik tutumu; λ^* - ümumi istilikkeçirmə əmsalı; η_i - i -ci fazanın adiabatiklik əmsalı; ρ_l - lay süxurunun sıxlığı; t - zaman.

Məsələnin gedişatı üçün ədədi həll üsulundan istifadə etmək məqsədilə (1)-(3) tənliklər sistemini sadə çevirmələrdən sonra aşağıdakı kimi yazaq:

$$(Q'(p) + sN'(p)) \frac{\partial p}{\partial t} + N(p) \frac{\partial s}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[k(r, z) \psi(p, s) r \frac{\partial p}{\partial r} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[k(r, z) \psi(p, s) \frac{\partial p}{\partial z} \right], \quad (11)$$

$$\begin{aligned} & \frac{N(p)}{B(p)} \cdot \left\{ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[k(r, z) \phi(p, s) r \frac{\partial p}{\partial r} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[k(r, z) \phi(p, s) \frac{\partial p}{\partial z} \right] \right\} - \\ & - \left\{ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[k(r, z) \psi(p, s) r \frac{\partial p}{\partial r} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[k(r, z) \psi(p, s) \frac{\partial p}{\partial z} \right] \right\} = \\ & = \left[\frac{N(p)}{B(p)} (M'(p) + sB'(p)) - (Q'(p) + sN'(p)) \right] \frac{\partial p}{\partial t}, \quad (12) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C^* \frac{\partial T}{\partial t} + \gamma(p) \frac{\partial p}{\partial r} \frac{\partial T}{\partial r} + \chi(p) \left(\frac{\partial p}{\partial r} \right)^2 - \omega(p) \frac{\partial p}{\partial t} = \\ = \lambda^* \left[\frac{1}{r} \left(\frac{\partial}{\partial r} (r \frac{\partial T}{\partial r}) \right) + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right], \quad i=1,2, \quad (13) \end{aligned}$$

burada

$$\begin{aligned} \gamma(p) &= \sum_{i=1}^2 c_i \rho_i \frac{k f_i}{\mu_i}, \\ \chi(p) &= \sum_{i=1}^2 c_i \rho_i \varepsilon_i \frac{k f_i}{\mu_i}, \quad \omega(p) = m \sum_{i=1}^2 s_i c_i \rho_i \eta_i. \end{aligned}$$

(11) və (12) tənliklərinə qeyri-aşkar, (13) tənliyinə isə aşkar həll sxemi tətbiq etsək, aşağıdakıları alarıq (Азиз и Сеттари, 1982; Фейзуллаев, 2011):

$$\begin{aligned} & \frac{N_{e,j}^n}{B_{e,j}^n} \left\{ \frac{1}{r_e} \frac{1}{\Delta r_e} \left[r_{e+1} k_{e+1/2,j}^n \phi_{e+1/2,j}^{n+1} \frac{p_{e+1,j}^{n+1} - p_{e,j}^{n+1}}{\Delta r_{e+1/2}} - \right. \right. \\ & - r_e k_{e-1/2,j}^n \phi_{e-1/2,j}^{n+1} \cdot \frac{p_{e,j}^{n+1} - p_{e-1,j}^{n+1}}{\Delta r_{e-1/2}} \left. \right] + \frac{1}{\Delta z_j} \left[k_{e,j+1/2}^n \phi_{e,j+1/2}^{n+1} \frac{p_{e,j+1}^{n+1} - p_{e,j}^{n+1}}{\Delta z_{j+1/2}} - \right. \\ & \left. \left. - k_{e,j-1/2}^n \phi_{e,j-1/2}^{n+1} \frac{p_{e,j}^{n+1} - p_{e,j-1}^{n+1}}{\Delta z_{j-1/2}} \right] \right\} - \left\{ \frac{1}{r_e} \frac{1}{\Delta r_e} \left[r_{e+1} k_{e+1/2,j}^n \psi_{e+1/2,j}^{n+1} \frac{p_{e+1,j}^{n+1} - p_{e,j}^{n+1}}{\Delta r_{e+1/2}} - \right. \right. \\ & \left. \left. - k_{e,j-1/2}^n \psi_{e,j-1/2}^{n+1} \frac{p_{e,j}^{n+1} - p_{e,j-1}^{n+1}}{\Delta z_{j-1/2}} \right] \right\} = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & - r_e k_{e-1/2,j}^n \psi_{e-1/2,j}^{n+1} \cdot \frac{p_{e,j}^{n+1} - p_{e-1,j}^{n+1}}{\Delta r_{e-1/2}} \left. \right] + \frac{1}{\Delta z_j} \left[k_{e,j+1/2}^n \psi_{e,j+1/2}^{n+1} \frac{p_{e,j+1}^{n+1} - p_{e,j}^{n+1}}{\Delta z_{j+1/2}} - \right. \\ & \left. - k_{e,j-1/2}^n \psi_{e,j-1/2}^{n+1} \frac{p_{e,j}^{n+1} - p_{e,j-1}^{n+1}}{\Delta z_{j-1/2}} \right] \left. \right\} = \\ & = \left[\frac{N_{e,j}^n}{B_{e,j}^n} \cdot (s_{e,j}^n \cdot B_{e,j}^n + M_{e,j}^n) - (Q_{e,j}^n + s_{e,j}^n N_{e,j}^n) \right] \frac{p_{e,j}^{n+1} - p_{e,j}^n}{\tau}, \quad (14) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \frac{s_{e,j}^{n+1} - s_{e,j}^n}{\tau} = \frac{1}{B_{e,j}^n} \left\{ \frac{1}{r_e} \frac{1}{\Delta r_e} \left[r_{e+1} k_{e+1/2,j}^n \phi_{e+1/2,j}^{n+1} \frac{p_{e+1,j}^{n+1} - p_{e,j}^{n+1}}{\Delta r_{e+1/2}} - \right. \right. \\ & - r_e k_{e-1/2,j}^n \phi_{e-1/2,j}^{n+1} \cdot \frac{p_{e,j}^{n+1} - p_{e-1,j}^{n+1}}{\Delta r_{e-1/2}} \left. \right] + \frac{1}{\Delta z_j} \left[k_{e,j+1/2}^n \phi_{e,j+1/2}^{n+1} \frac{p_{e,j+1}^{n+1} - p_{e,j}^{n+1}}{\Delta z_{j+1/2}} - \right. \\ & \left. - k_{e,j-1/2}^n \phi_{e,j-1/2}^{n+1} \frac{p_{e,j}^{n+1} - p_{e,j-1}^{n+1}}{\Delta z_{j-1/2}} \right] - (M_{e,j}^n + s_{e,j}^n B_{e,j}^n) \frac{p_{e,j}^{n+1} - p_{e,j}^n}{\tau} \right\}, \quad (15) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & C_{e,j}^* \frac{T_{e,j}^{n+1} - T_{e,j}^n}{\tau} + \gamma_{e,j}^n \frac{p_{e+1,j}^{n+1} - p_{e,j}^{n+1}}{\Delta r_e} \cdot \frac{T_{e+1,j}^{n+1} - T_{e,j}^{n+1}}{\Delta r_e} + \\ & + \chi_{e,j}^n \left(\frac{p_{e+1,j}^{n+1} - p_{e,j}^{n+1}}{\Delta r_e} \right)^2 - \omega_{e,j}^n \left(\frac{p_{e+1,j}^{n+1} - p_{e,j}^{n+1}}{\tau} \right) = \\ & = \lambda_{e,j}^n \left\{ \frac{1}{r_e} \left[r_{e+1} \frac{T_{e+1,j}^{n+1} - T_{e,j}^{n+1}}{\Delta r_{e+1/2}} - r_{e-1} \frac{T_{e,j}^{n+1} - T_{e-1,j}^{n+1}}{\Delta r_{e-1/2}} \right] - \frac{T_{e,j+1}^{n+1} - 2T_{e,j}^{n+1} + T_{e,j-1}^{n+1}}{\Delta z_j^2} \right\}. \quad (16) \end{aligned}$$

(4)-(10) sərhəd və başlanğıc şərtləri isə aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$p_{e,j}^0 = p_0, \quad s_{e,j}^0 = s_0, \quad (17)$$

$$2\pi k_{e,j}^n \psi_{e,j}^n (p_{1,j}^n - p_{0,j}^n) = -Q_q(n\tau), \quad (18)$$

$$p_{N_r,j}^n = p_{N_r-1,j}^n, \quad s_{N_r,j}^n = s_{N_r-1,j}^n, \quad (19)$$

$$p_{e,0}^n = p_{e,1}^n, \quad p_{e,N_z}^n = p_{e,N_z-1}^n, \quad (20)$$

$$T_{e,j}^0 = T_0, \quad (21)$$

$$\lambda_{0,j}^* (T_{1,j}^n - T_{0,j}^n) = R_q \alpha (T_{e,j}^n - T_q^n), \quad T_{e,N_r}^n = T_0, \quad (22)$$

$$T_{e,0}^n = T_{e,1}^n, \quad T_{e,N_z}^n = T_{e,N_z-1}^n, \quad (23)$$

$$\tau = \frac{t_n}{n}, \quad n=1,2,3,\dots,N_\tau, \quad r_{e+1/2} = r_e + \frac{1}{2} \Delta r_{e+1/2},$$

$$\Delta r_{e+1/2} = r_{e+1} - r_e,$$

$$\Delta r_e = \frac{1}{2} (\Delta r_{e+1/2} + \Delta r_{e-1/2}), \quad e = \overline{1, N_r};$$

$$z_{j+1/2} = z_j + \frac{1}{2} \Delta z_{j+1/2},$$

$$\Delta z_{j+1/2} = z_{j+1} - z_j,$$

$$\Delta z_j = \frac{1}{2} (\Delta z_{j+1/2} + \Delta z_{j-1/2}), \quad j = \overline{1, N_z},$$

Göstərilən alqoritm əsasında layın mütləq keçiriciliyinin $k(r, z) = k_0 e^{z/H}$ qanununa tabe olduğunu qəbul edərək, aşağıda verilən ilkin məlumatlar əsasında (cədvəl) proqram tərtib edilmiş və riyazi eksperimentlər aparılmışdır.

Hesablama nəticələrinin analizi

Ədədi eksperimentlərin bəzi nəticələrinin qrafiki təsviri 1-6-cı şəkillərdə verilir. 1-ci şəkildə temperaturun məsafədən asılı olaraq dəyişməsinin ümumi istilik tutumunun müxtəlif qiymətlərində asılılıq qrafikləri əks etdirilmişdir. Qrafiklərdən göründüyü kimi, bütün variantlarda quyuətrafi zonada temperaturun kəskin azalması müşahidə

edilir. Ümumi istilik tutumunun kiçik qiymətlərində isə temperatur anomaliyası daha qabarıq şəkildə müşahidə edilir ki, bu da quyuətrafi zonada kondensatladoymanın kəskin şəkildə azalması ilə əlaqədardır (2-ci şəkil). Coul-Tomson effektinin qiymətinin dəyişməsi ilə müşahidə edilən temperatur anomaliyası özünü daha çox quyuətrafi zonada biruzə verir və ε_i ($i=1,2$) parametrlərinin qiymətləri artdıqca, temperaturlar arasındakı fərq $\varepsilon_i = 0$ variantı ilə müqayisədə təqribən 1,4-2,4% təşkil edir (3-cü şəkil). İstismar prosesində temperaturun bir qiymətinə kondensatladoymanın ikili qiyməti uyğun gəlir (4-cü şəkil) və bu anomaliya Coul-Tomson effektinin müxtəlif qiymətlərində özünü müəyyən fərqlə göstərir.

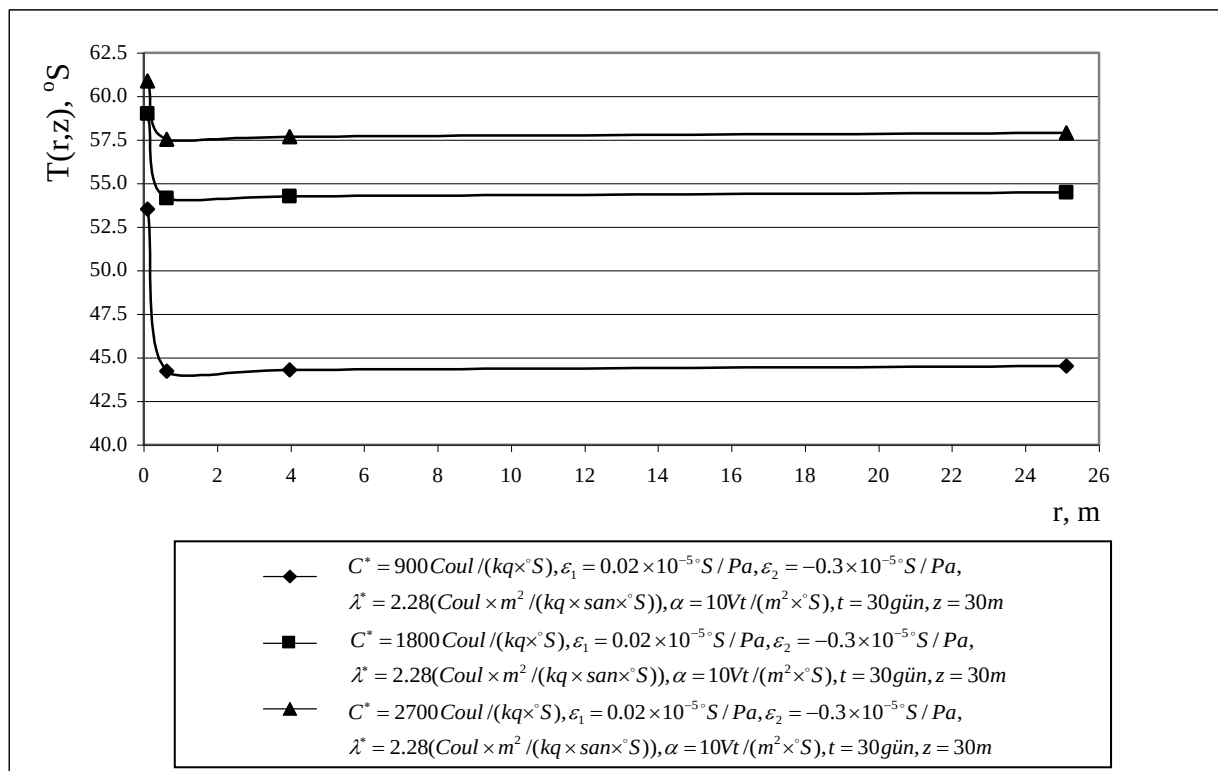
Fiziki kəmiyyətlər	Ölçü vahidləri	Ədədi qiymətləri və ifadələri
1	2	3
T_0	°S	65
p_0	MPa	40
s_0		0
Q_q	m ³ /gün	$1 \cdot 10^6$
m_0		0.2
R_k	m	1000
H	m	60
R_q	m	0.1
λ^*	Coul·m ² /(kq·san·°S)	2.28
C^*	Coul/(kq·°S)	1800
c_1	Coul/(kq·°S)	1880
c_2	Coul/(kq·°S)	3200
ε_1	°S/Pa	$0,02 \cdot 10^{-5}$
ε_2	°S/Pa	$-0,3 \cdot 10^{-5}$
η_1	°S/Pa	$0,03 \cdot 10^{-5}$
η_2	°S/Pa	$-0,2 \cdot 10^{-5}$
α	Vt/(m ² ·°S)	10
k_0	m ²	$0,05 \cdot 10^{-12}$
ρ_1	kq/m ³	691.997
ρ_2	kq/m ³	230,66
ρ_l	kq/m ³	2200
$\mu_q(p)$	mPa·s	$0.0126 + 0.257 \cdot 10^{-4} p + 0.1633 \cdot 10^{-7} p^2$
$\mu_k(p)$	mPa·s	$0.6 - 0.3295 \cdot 10^{-2} p + 0.1044 \cdot 10^{-4} p^2 - 0.1558 \cdot 10^{-7} p^3 + 0.85 \cdot 10^{-11} p^4$

1	2	3
$z(p)$		$1.0 - 0.1162 \cdot 10^{-2} p + 0.3744 \cdot 10^{-5} p^2 -$ $- 0.2965 \cdot 10^{-9} p^3 - 0.1975 \cdot 10^{-11} p^4$
$c(p)$	m^3 / m^3	$0.637 \cdot 10^{-4} - 0.5057 \cdot 10^{-6} p + 0.6265 \cdot 10^{-8} p^2 -$ $- 0.1595 \cdot 10^{-10} p^3 + 0.13 \cdot 10^{-13} p^4$
$a_k(p)$		$1.116 + 0.1157 \cdot 10^{-2} p + 0.23674 \cdot 10^{-6} p^2$
$S_k(p)$	m^3 / m^3	$0.814286p$
$\bar{\gamma}(p)$		$194899 - 0.42974 \cdot 10^{-1} p + 0.1335 \cdot 10^{-4} p^2 -$ $- 0.6053 \cdot 10^{-6} p^3 + 0.622 \cdot 10^{-9} p^4$
$F_q(s)$		$-0.0396s^3 + 0.8978s^2 - 1.7303s + 0.867$
$F_k(s)$		$0.8712s^2 - 0.0326s + 0.0045$

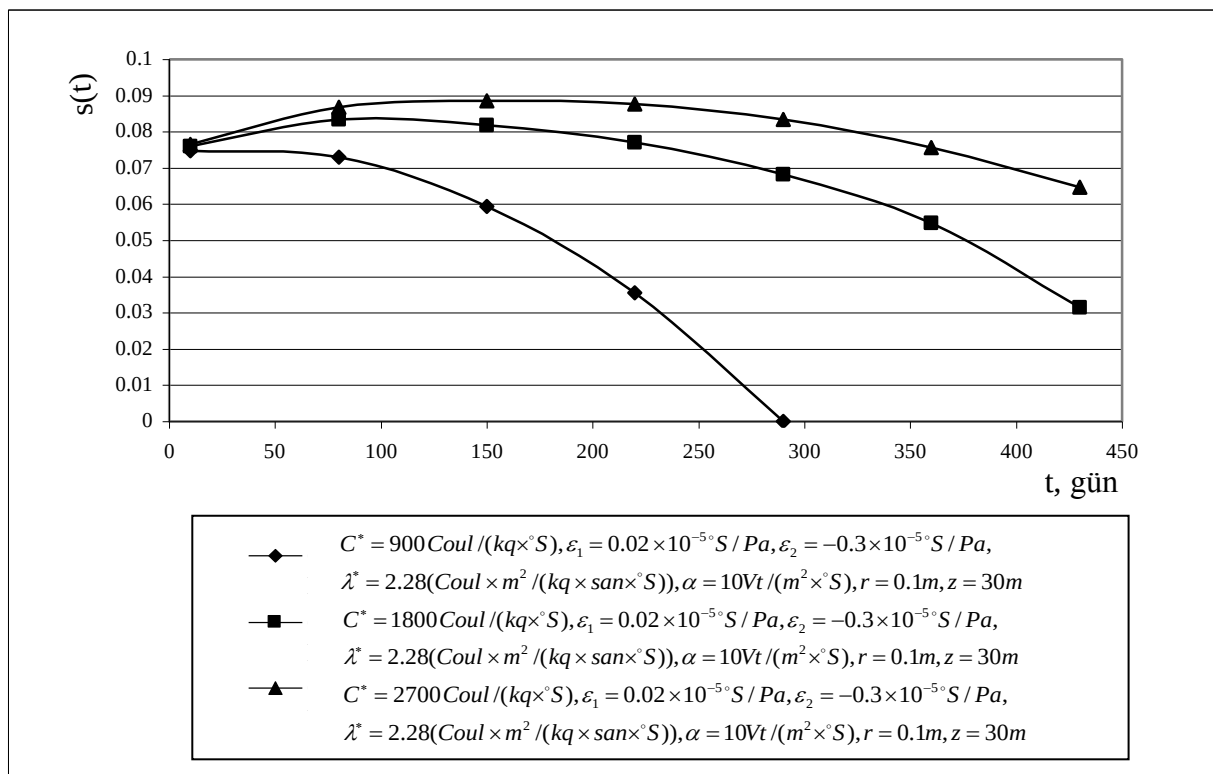
5-ci şəkildə ümumi istilikkeçirmə əmsalının qiymətindən asılı olaraq layın çıxışında temperaturun zamandan asılılıq qrafikləri verilmişdir. İstilikkeçirmə parametrlərinin qiymətinin artması zamanın böyük qiymətlərində temperaturun azalmasına gətirib çıxarır. Bütün baxılan hallarda kondensatın debiti temperaturun azalması ilə azalır və layın çıxışında bu azalma istismarın $t = 450$ günündə ilkin qiyməti ilə müqayisədə 20-25% təşkil edir ki, bu da quyuətrafi zonada retroqrad kondensatın çökməsi,

maye sütununun yaranması və süzülməyə qarşı müqavimətin artması ilə səciyyələnir.

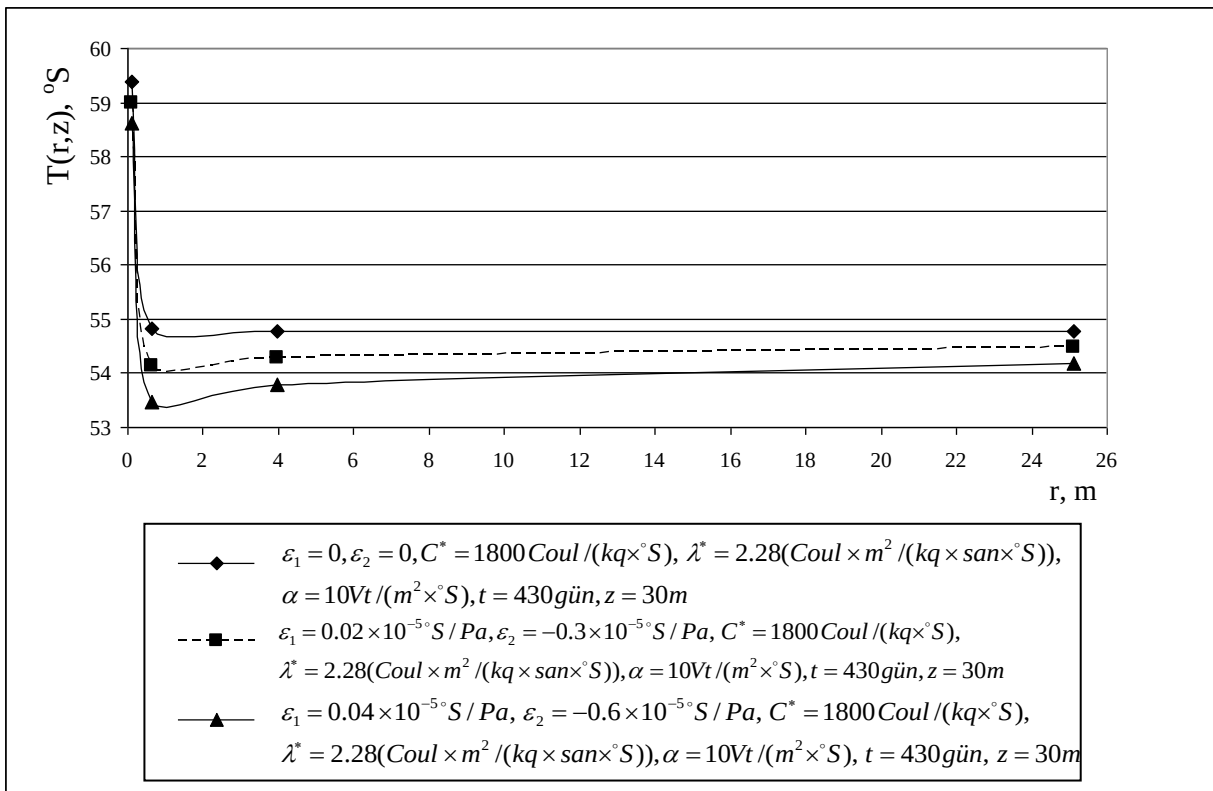
Layın çıxışında quyu ilə lay arasında istilik mübadiləsi əmsalı flüidın temperaturunun istismar zamanından asılı olaraq düşməsinə quyu ilə lay arasında istilik mübadiləsi olmadığı halla müqayisədə ləngidir (6-cı b şəkil), nəticə etibarilə quyuətrafi zonada maye kondensatın toplanması prosesi zəifləyir (6-cı a şəkil) və kondensata görə hasilatın düşmə tempi azalır.



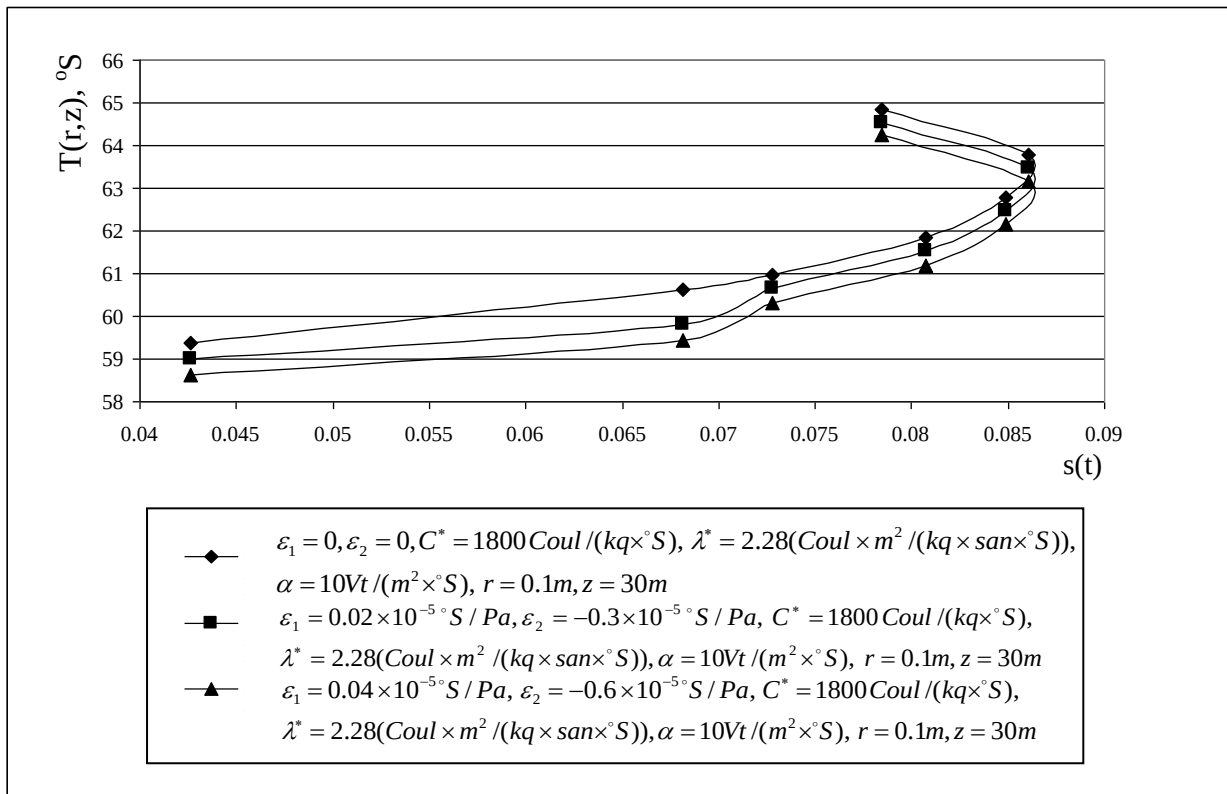
1-ci şəkil. Flüidın temperaturunun ümumi istilik tutumunun müxtəlif qiymətlərində məsafədən asılı olaraq dəyişməsi



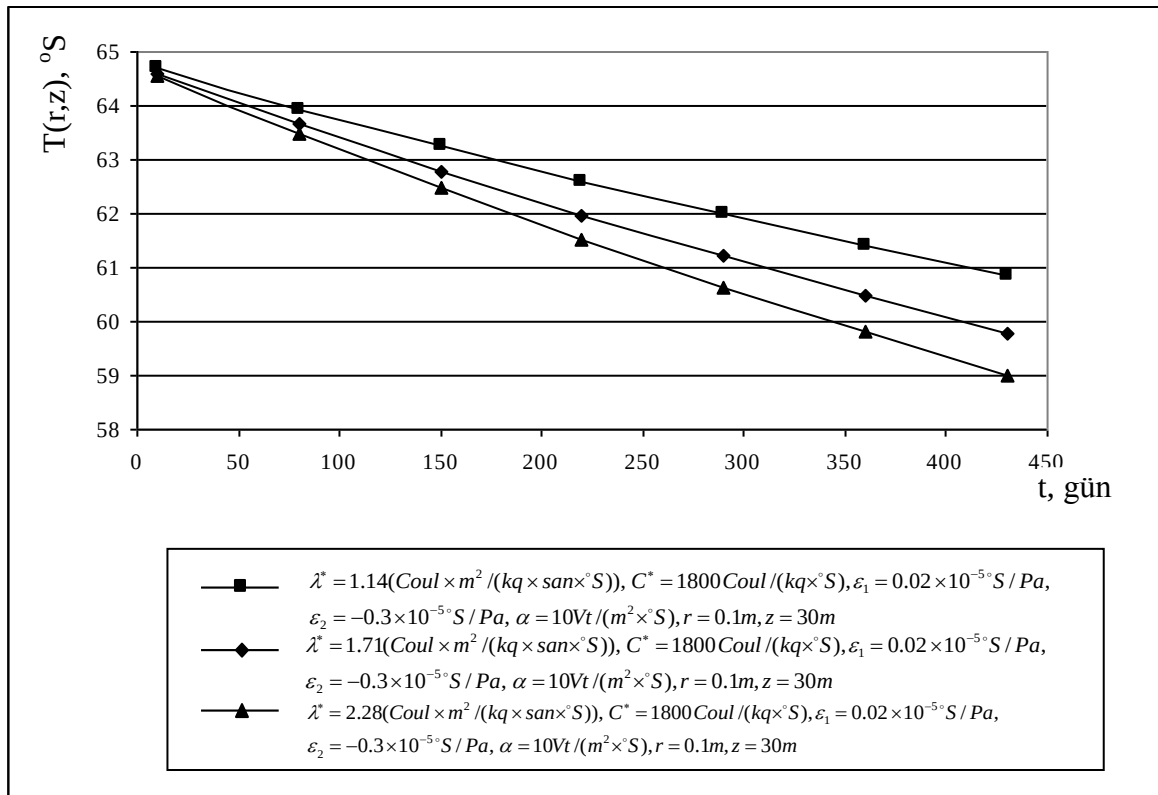
2-ci şəkil. Kondensatladoymanın zamandan asılılığı



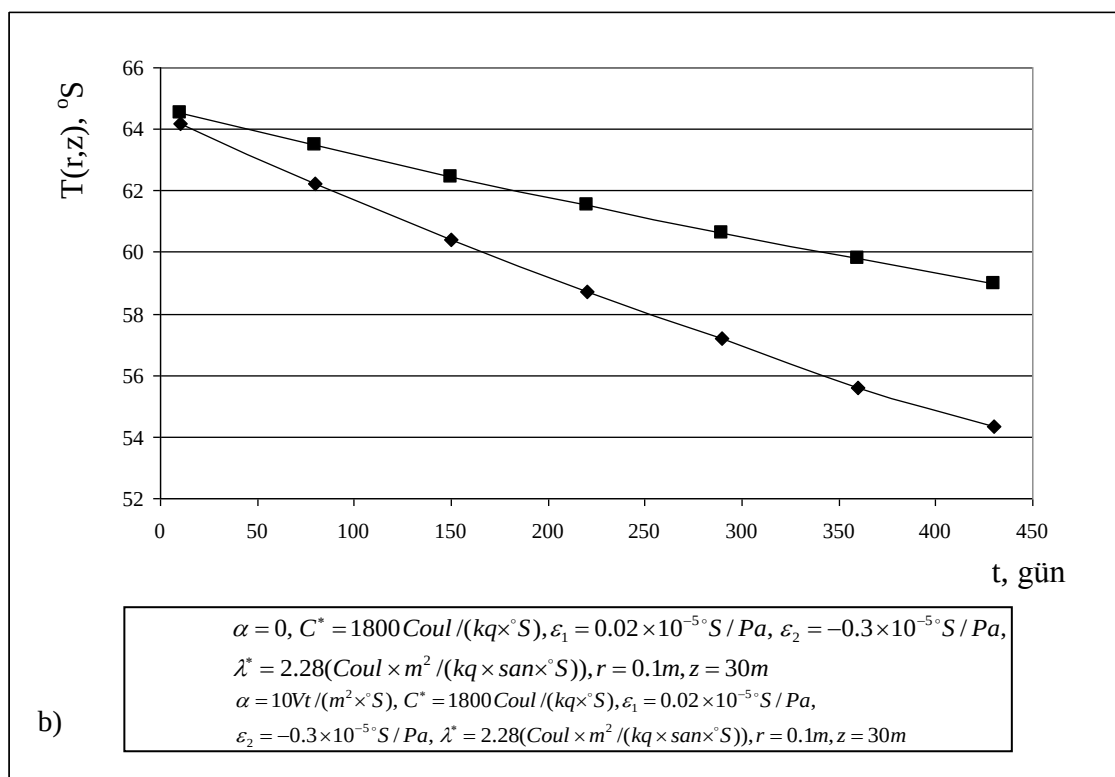
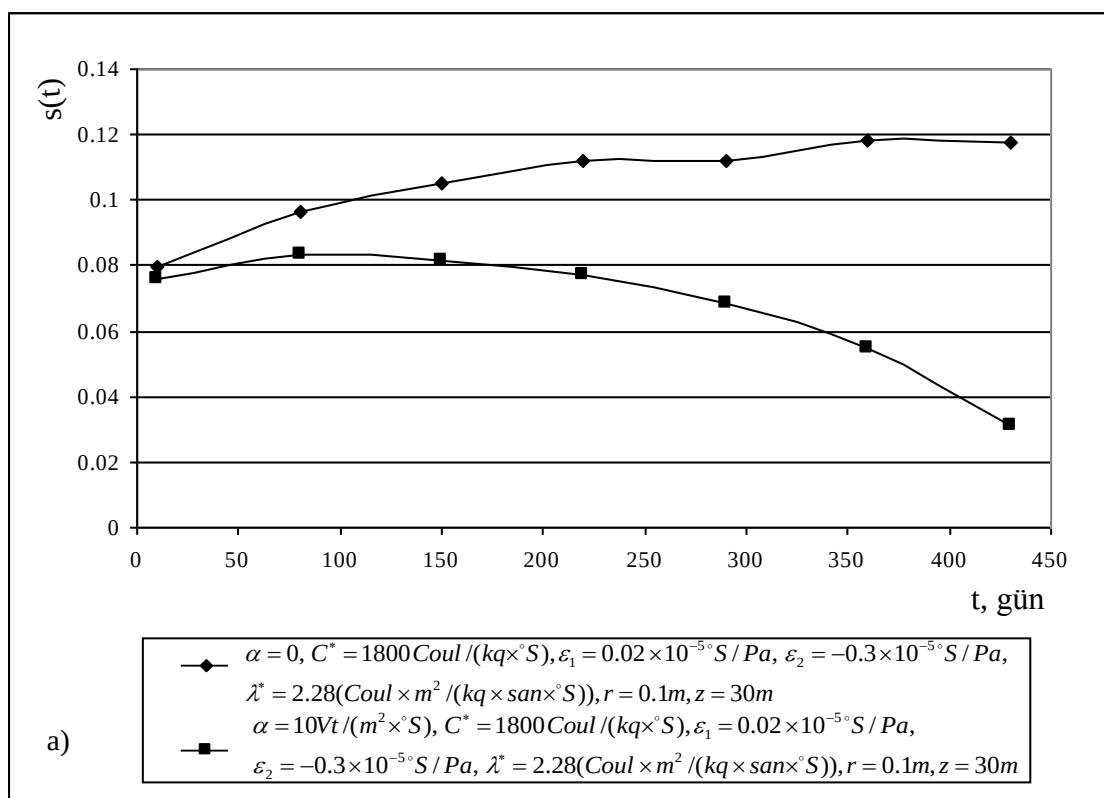
3-cü şəkil. Flüidin temperaturunun Coul-Tomson əmsalının müxtəlif qiymətlərində məsafədən asılılığı



4-cü şəkil. Layın çıxışında flüidin temperaturunun kondensatladoymadan asılılığı



5-ci şəkil. Layın çıxışında flüidin temperaturunun ümumi istilikkeçirmə əmsalının müxtəlif qiymətlərində zamandan asılılığı



6-cı şəkil. Layın çıxışında kondensatladoymanın (a) və flüidin temperaturunun (b) istilik mübadiləsi əmsalının müxtəlif qiymətlərində zamandan asılılığı

Nəticə

– Qeyri-bircins layda qaz-kondensat qarışığının quyuya qərarlaşmamış fəza süzülməsi şəraitində yaranan termodinamik effektləri, istilik selinin konvektiv və konduktiv daşınmasını və faza keçid prosesində yaranan istiliyi nəzərə alan hidrotermodinamik model təklif edilmiş və ədədi hesab alqoritmı işlənilmişdir. Modelə daxil olan parametrlərin prosesə təsiri öyrənilmişdir.

– Aparılmış parametrik tədqiqatlar nəticəsində Coul-Tomson effektinin, ümumi istilik tutumu parametrlərinin, flüidın adiabatik əmsalının və ümumi istilikkeçirmə əmsalının layda temperaturun dəyişməsinə fərqli təsirləri olduğu aşkar edilmiş və bunların quyuyu termometriyası ilə bağlı tərs məsələlərin həllində nəzərə alınması vacibdir.

ƏDƏBİYYAT

АБАСОВ, М.Т., АЗИМОВ, Э.Х., КУЛИЕВ, А.М. 1993. Гидротермодинамические исследования скважин глубокозалегающих месторождений. Азернешр. Баку. 177 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 нефтяных месторождений. Недра. Москва. 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.
РАЗВИТИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ТЕОРИИ ФИЛЬТРАЦИИ В СССР. 1969. Недра. Москва. 545 с.
РАМАЗАНОВ, А.Ш. 2004. Теоретические основы термогидродинамических методов исследования нефтяных пластов. Автореферат дис. на соиск. уч.степ. д.т.н. Уфа. 269 с.
РАМАЗАНОВ, А.Ш., ПАРШИН, А.В. 2006. Температурное поле в нефте-водонасыщенном пласте с учетом разгазирования нефти. *Нефтегазовое дело*, 1-17.
ФЕЙЗУЛЛАЕВ, Х.А. 2011. Совершенствование моделирования гидрогазодинамических основ разработки глубокозалегающих газоконденсатных месторождений. Дис. на соиск. ... уч.степ.д.т.н. Баку. 303 с.
ФИЛИППОВ, А.И. 2002. Термодинамика фильтрационных нефтегазовых потоков. Стерлитамак. 200 с.
ФИЛИППОВ, 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.

Мəqaləyə Azərbaycan MEA-nın müxbir üzvü E.M.Ramazanova rəy vermişdir.