

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ

BAKİ DÖVLƏT UNİVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

SEVİNC RAMİZ QIZI RƏSULOVA

**NEFT CİRKLƏNMƏLƏRİNDƏ YAYILMALARIN TƏDQIQI VƏ
ONLARIN RİYAZİ MODELLEŞDİRİLMƏSİ**

2003.01 - Maye, qaz və plazma mexanikası

Riyaziyyat üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim olunmuş
dissertasiyanın

AVTOREFERATI

BAKİ - 2013

Dissertasiya işi Azərbaycan Elmlər Akademiyası Riyaziyyat və Mexanika İnstitutunda yerinə yetirilmişdir

Elmi rəhbər:

texnika elmləri doktoru,
RTEA-nın akademiki Q.M.Pənahov

**Rəsmi
opponentlər**

fizika-riyaziyyat elmləri doktoru,
professor R.Y.Əmənzadə

fizika-riyaziyyat elmləri namizədi,
dosent M.S.Aslanov

Aparıcı təşkilat:

Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyası ("Neft yataqlarının işlənməsi və istismarı" kafedrası)

Dissertasiyanın müdafiəsi "24" sentyabr 2013-cü il saat 14.00 da Bakı Dövlət Universitetinin nəzdindəki FD.02. 016 Dissertasiya Şurasının iclasında olacaqdır.

Ünvan: Az 1148, Bakı şəhəri, Z.Xəlilov küçəsi, 23.

Dissertasiya işi ilə Bakı Dövlət Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat göndərilib "18" iyun 2013 il.

FD. 02.016. Dissertasiya

Şurasının elmi katibi,

r.e.d., professor

N.Q. Əhmədov

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Neft əvəzolunmaz təbii sərhət olmaqla bərabər, istismar, nəql, işlənmə və istifadədə ətraf mühitlə təmasda olur.

Müxtəlif tərkiblərdə neft məhsulları atmosferə, su hövzələrinə, torpağa düşdükdə onları çirkləndirir və sanitar-gigiyenik xüsusiyyətlərini pisləşdirir.

Çirklənmələrin proqnozu və süxurların təmizlənməsinin mümkün yollarının analizini aparmaq üçün, bu fazanın yayılma xarakteristikasının bilinməsi vacibdir.

Bu yayılma, çirklənmənin ilkin hərəkətində süxura daxil olunma mərhələsinin təyininə imkan yaradır.

Karbohidrogenlərin yayılma prosesinin tədqiqi, onların süxura daxil olması və müxtəlif mayelərlə əksinə yer sətrinə çıxardılmasında yaranan fəsadların aradan qaldırılması və həmçinin bu sistemlərin struktur xüsusiyyətlərinin tənzimlənməsi, çirklənmədə prioritet istiqamətlərdən sayılır.

Neft məhsulları ilə çirklənmələrdə anomal özlülükdə reoloji modellərin nəzərə alınması, onların yayılma dinamikası üçün xüsusi təsir metodlarının seçilməsinin işlənməsinə imkan yaradır.

Belə modellər baxılan hadisədə reallığa çox yaxın olub, onun daha dəqiq təsvirini verir.

Ona görə də işdə baxılan karbohidrogen dağılmalarında yayılmaların tədqiqi, bu proseslərin riyazi modelləşdirilməsi və ekoloji fəsadların aradan qaldırılması üçün metodların işlənməsi məsələləri aktualdır.

İşin məqsədi karbohidrogen dağılmalarında çirklənmələrin yayılması və onların aradan qaldırılma metodları üçün riyazi modellərin işlənməsindən ibarətdir.

Əsas tədqiqat məsələləri aşağıdakılardır:

- özlülüğü dəyişilən neft yayılmalarının ədədi modelləşdirilməsi;
- neft çirklənmələrinin süxurlara daxil olması, onun su və həlledicilərlə sıxışdırma proseslərinin tədqiqi;
- naməlum su - neft sərhəd hərəkət məsələsinin həlli;
- çirkləndirici dağılmalarının özlülükdə anomallıq xüsusiyyətlərinin tədqiqi.

Tədqiqatların elmi yeniliyi aşağıdakılardan ibarətdir:

- özlülüğü dəyişilən neftlərin yayılması prosesinin ədədi modelləşdirməsi həyata keçirilmişdir;

- neft çirklənmələrinin süxurlara infiltrasiyası və qarışıq zonanı nəzərə almaqla onun su ilə sıxışdırılması məsələsinə baxılmışdır;

- naməlum funksiya olan su ilə doymanın paylanması, xüsusi törəməli hiperbolik Bakley-Leveret tənliyinin həlli kimi tapılmışdır;

- məsaməli mühitə daxil olmuş çirkləndiricinin sıxışdırılmasında müxtəlif zonalarda təzyiq paylanması və həlledicinin konsentrasiyası qiymətləndirilmişdir;

- məsaməli mühitdə hərəkət edən iki mayeni ayıran sərhədi müəyyən edən funksiyanın formasını $\xi_0^{(k)}$ və $\xi_1^{(k)}$ uyğun köklərini, a və μ_0 parametrlərinin məlum qiymətlərində Teylor sırasına ayırmaqla təyin etməyin mümkün olması göstərilmişdir;

- karbohidrogen çirklənmələrində anomal özlülük xarakteristikalarının tənzimlənməsinin mümkünlüyü göstərilmiş və eksperimental təsdiq edilmişdir.

Tənzimlənmə əlavələri üçün optimal konsentrasiyalar müəyyənəldirilmişdir.

Alınan nəticələrin doğruluğu laboratoriya eksperimentlərinin təhlilində statistik metodlardan istifadə edilməsinə, alınmış tənliklərin və tənliklər sisteminin həlli sxeminin dəqiqliyinin yoxlanmasına, nəticələrin digər tədqiqatçıların nəticələri ilə analoji olmasına əsaslanır. Aparılan tədqiqatlar həmçinin standart metod və standart laboratoriya gürğularında həyata keçirilmişdir.

Praktiki əhəmiyyəti. Dissertasiyada alınan bəzi tədqiqat nəticələri Azərbaycan MEA Riyaziyyat və Mexanika İnstitutunun “Maye və qaz mexanikası” şöbəsində yerinə yetirilən elmi tədqiqatların tematik planına daxildir. İşlənmiş eksperimental elmi tədqiqatların metodikası müxtəlif rejimlərlə süzülmədə, su və həlledicilərlə sıxışdırmada hərəkət sxeminin işlənməsi üçün təklif oluna bilər.

Alınan asılılıqlar çirklənmiş süxurların effektiv təmizlənməsi üçün vurulan mayelərin müxtəlif rejimlərinin hesabları üçün istifadə oluna bilər.

Neft çirklənmələrin tiksotropluq xüsusiyyətlərinin tənzimlənməsi üçün metodika təklif olunaraq əsaslandırılmışdır.

İşin aprobasiyası. Dissertasiya işinin əsas elmi nəticələri AMEA-nin həqiqi üzvü, əməkdar elm xadimi, professor, A.C. Hacıyevin 70-illiyinə

həsr olunmuş riyaziyyat və mexanika üzrə XIII Beynəlxalq konfransda (2007), AMEA RMİ-nun 50 illiyinə həsr olunmuş riyaziyyat və mexanika üzrə Beynəlxalq konfransda (2009), AMEA RMİ riyaziyyat və informasiya texnologiyaları problemlərinə həsr olunmuş Beynəlxalq konfransda (2013) müzakirə edilmiş və bəyənilmişdir.

Dissertasiyanın nəşri öz əksini 10 elmi məqalədə tapmışdır.

Dissertasiya işinin strukturu və həcmi. Dissertasiya işi ümumi xarakteristikadan, üç fəsildən, nəticədən, istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısından və əlavədən ibarətdir.

İşin ümumi həcmi 130 səhifədən ibarət olmaqla özündə 18 şəkil, 3 cədvəl və 127 adda ədəbiyyatı birləşdirir.

İŞİN MƏZMUNU

Birinci fəsildə dissertasiyanın mövzusuna yaxın olub, yer səthinə və su üzərinə dağılmalarda yayılmaları riyazi əsaslandırılan çoxsahəli işlərin qısa xülasəsi, və işdə tədqiqatların əsas məqsədi formalaşdırılaraq verilir.

Neft məhsullarının dağılmalarında lazımı məsələlərdən biri yayılma radiusunun zamandan asılı dəyişilməsinin tapılmasından ibarətdir.

Bu istigamətdə bir çox tədqiqatçıların, o cümlədən B.V.Arxiyov, J.J. Boqdanov, V.N. Koterova, X.F.Əzizov, S.J.Abraxina, R.S.Qurbanov, Q.M. Pənahov, M.A. Rəşidov, S.M. Səttarov və başqaların işlərini qeyd etmək olar.

Neft dağılmasının keçiriciliyi olmayan səthdə yayılması bir ölçülü şəraitdə $z = h(x, t)$ şəklində axtarılır. Burada $h(x, t)$ - dağılmanın hündürlüyü, x - axın boyu koordinatdır. $h(x, t)$ üçün alırıq:

$$\frac{\partial h}{\partial t} = k \frac{\partial}{\partial x} \left(h^3 \frac{\partial h}{\partial x} \right); \quad \text{burada } k = \frac{\rho g}{6\mu}, \quad \rho = \text{const}, \quad \mu = \text{const}. \quad (1)$$

(1) tənliyi üçün başlanğıc və sərhəd şərtləri

$$h(x, t) = B\delta(x), \quad (B = \frac{Q}{l})$$

$$\left. \frac{\partial h}{\partial x} \right|_{x=0} = 0, \quad (h(-x, t) = h(x, t)) \quad (2)$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} h(x, t) dx = B = \text{Const}$$

şəklindədir.

Burada $\delta(x)$ - delta funksiyadır.

(1) - (2)-nin həlli avtomodeldir və aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$h(x, t) = At^{-m} \psi(\xi), \xi = \frac{x}{\varphi(t)}$$

A, m – naməlum əmsallar; $\varphi(t), \psi(t)$, - naməlum funksiyalardır və

$\psi(-\xi) = \psi(\xi), \psi(0) = 1, \psi'(0) = 0$ -dir.

Sərbəst səth üzərində mayenin yayılması tənliyinin həlli aşağıdakı kimidir:

$$h(x, t) = \frac{\Gamma\left(1 + \frac{5}{6}\right)}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{3}\right)\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)} \cdot \frac{Q}{lx_\phi} \left\{ \begin{array}{ll} \left[t - \frac{|x|^2}{x_\phi^2} \right]^{\frac{1}{3}}, & |x| \leq x_\phi \\ 0, & |x| > x_\phi \end{array} \right\}, \quad (3)$$

$\Gamma(x) = \int_0^\infty \lambda^{x-1} e^{-\lambda} d\lambda$ - qamma funksiyadır,

$$x_\phi = \left[\frac{\Gamma\left(1 + \frac{5}{6}\right)}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{3}\right)\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)} \right]^{\frac{3}{5}} \cdot \left(\frac{Q}{l} \right)^{\frac{1}{2}} \left[\frac{5\sqrt{Q\rho g t}}{9\mu\sqrt{l}} \right]^{\frac{1}{5}}. \quad (4)$$

Neftlərdə qeyrinyuton xüsusiyyətin yaranması onun tərkibində yüksəkmolekulyar komponentlərin olması ilə əlaqədardır. Belə neftlərdə özlülük sabit olmayıb təsir edilən gərginlikdən asılıdır.

Kiçik sürüşmə gərginliklərində effektiv özlülük, dağılmamış struktura malik neftin özlülüyündən az olur. Sürüşmə gərginliyinin artması ilə effektiv özlülük azalır və tamamilə dağılmış struktura malik neftin özlülüyünə bərabər olur. $h(r, t)$ dağılma hündürlüyündən asılı olaraq neft özlülüyün dəyişməsi aşağıdakı qanuna uyğunluqla baş verir:

$$\mu(r, t) = \mu_\infty + (\mu_0 - \mu_\infty) \exp \left[-\frac{h(r, t)}{h_0(r, 0)} \right], \quad (5)$$

Burada $0 < \mu_\infty < \mu_0, 0 < r \leq r_0, 0 \leq t \leq T$.

Q - həcmli, ρ - xüsusi şəkili və μ - özlülüklü neft dağılmasının, $h(r,t)$ dağılma hündürlüyünün zamandan asılı dəyişməsi aşağıdakı diferensial tənliyin həllindən təyin edilir:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (rhV) = -\alpha h, \quad (6)$$

burada $V(r,t) = -\frac{\rho g}{6} \frac{h^2}{\mu} \frac{\partial h}{\partial r}$ - dir.

(6) tənliyi

$$\frac{\partial h}{\partial t} + a(r) \frac{\partial u}{\partial r} = b(r,t) \quad (7)$$

şəklinə gətirilir

Qeyd edək ki,

$$a(r) = -\frac{\rho g}{6} \frac{1}{r}, \quad b(r,t) = -\alpha h(r,t), \quad u(r,t) = \frac{rh^3(r,t)}{\mu(r,t)} \frac{\partial h(r,t)}{\partial r} \quad (8)$$

(8)-də $\rho = \text{const}$ – neftin xüsusi çəkisi, μ – radial r koordinatından və t zamanından asılı olan özlülük, g - sərbəst düşmə təcili, $v(x,t)$ - vertikal boyu yayılmada orta sürətdir.

(6) tənliyi $h(r,t)|_{t=0} = h(r,0) = h_0(r)$, $0 < r \leq r_0$ başlanğıc şərtləri daxilində həll olunur.

$h_0(r,t)$ -nin requlyalığı üçün

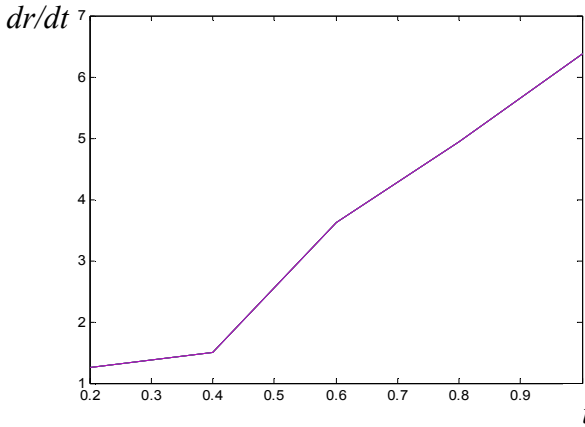
$$\lim_{\alpha \rightarrow 0} h_0(r,t) = h_0(r,t) \quad (9)$$

şərti ödənilməlidir.

Bu halda $h_0(r,t)$, tənliyin ümumiləşmiş həllidir.

Tənlik sonlu fərqlər metodu ilə $D(r,t) = \{0 < r \leq r_0, 0 \leq t \leq T\}$ oblastında tədqiq olunur. Dəyişən özlülüklü neft dağılmalarında radial yayılma modeli məsələsi, ədədi həll ilə reallaşdırılır. Bərk səth üzrə neftin radial yayılması qanunauyğunluğunun təyini üçün, sərhəd radiusunun zamandan asılılığı hesablanmışdır.

Burada alınan nəticələr Şək. 1 göstərilmişdir.



Şək. 1. Dəyişən özlülüklü neft yayılmasında radiusun zamandan asılılığı

Sonra neft çirklənmələrinin su üzərində yayılması məsələsinə baxılmışdır.

Sü üzərinə neft çirklənmələrinin dağılması problemləri ilə bir çox müəlliflər məşğul olmuşlar. Bu sahədə B.V.Arxirov, İ.E.Koçerqin, K.A.Korotenko və başqa tədqiqatçıların işlərini göstərmək olar.

Göstərilən hadisənin tam riyazi modeli üç mühit nəzərə alınmaqla özlü maye hidrodinamikasının 3 ölçülü tənlikləri əsasında aşağıdakı şəkildə yazılır:

$$\begin{aligned}
 & -gh \frac{\partial h}{\partial x} \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho_w} \right) + \tau_x - f(u_{x0} - U_x) = 0, \\
 & -gh \frac{\partial h}{\partial y} \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho_w} \right) + \tau_y - f(u_{y0} - U_y) = 0 \\
 & u_x = U_x - \tau_x / f \\
 & u_y = U_y - \tau_y / f \\
 & K(h) = ah^2 \\
 & a = (1 - \rho_0 / \rho_w) g / f
 \end{aligned} \tag{10}$$

Burada u_{x0} və u_{y0} - neftin axımında effektiv sürət komponentləri, $K(h)$ - neft qatının h qalınlığından, kvadratik şəkildə asılı olan diffuziya əmsalıdır.

Tənliyin həllində, zamana və fəzaya görə lazımı qədər kiçik addımlı konservativ aşkar fərqlər sxeminə əsaslanan ədədi metoddan istifadə olunmuşdur.

İkinci fəsildə çirkləndirici dağılmaların süxurlara daxil olması və onların aradan qaldırılması metodları ilə əlaqədar məsələlərə baxılmışdır.

Bu fəsin birinci yarımfəsilində karbohidrogen çirkləndiricilərinin məsaməli mühitdə düz qərarlaşmış hərəkətinə baxılmışdır.

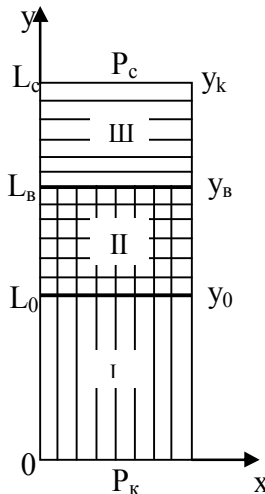
Çirklənmələrin məsaməli mühitə daxil olması tədqiq olunmuş, belə rejimdə neftin süzülməsində sərbəst səthdə təzyiq öz ağırlıq güvvəsi ilə və yaxud kapilyar qaldırmadakı təzyiqin qiymətinə uyğun götürülür.

İkinci yarımfəsildə karbohidrogen çirklənmələrin qarışmayan mayelərlə sıxışdırıb çıxarılma məsələsinə baxılmışdır.

Məsaməli mühitdə bir fazadan ikinciyə keçid zonası nəzərə alınmaqla, iki mayenin süzülməsi məsələsi tədqiq olunmuşdur.

Qarışığın keçid zonasında axma əmsalı xətti qanunla dəyişilən qəbul olunur.

Məsələnin həllində bircins mayenin süxurda süzülməsində nəzərə alınan təzyiq paylanması metodikasındakı düzxətlik prinsipindən və maye axınının kəsilməməzliyindən istifadə olunur (mayenin ağırlıq güvvəsi nəzərə alınmır).



Şək. 2 t zamanında neft və su ilə doymuş süxur

$\overline{D} = \{0 \leq y \leq y_0(t), y_0(t) \leq y \leq y_1(t), y_1(t) \leq y \leq L_1\}$ oblastında t zamanında aşağıdakı riyazi məsələ qoyulur:

$$\frac{\partial}{\partial y} \left[f(S) \frac{\partial P}{\partial y} \right] = 0, \quad (11)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P_1(y, t) \Big|_{y=0} = P_k, \\ P_1(y, t) \Big|_{y=y_0(t)} = P_2(y, t) \Big|_{y=y_0(t)}, \\ P_2(y, t) \Big|_{y=y_1(t)} = P_3(y, t) \Big|_{y=y_1(t)}, \\ P_3(y, t) \Big|_{y=L_1} = P_c. \end{array} \right. \quad (12)$$

Doyma funksiyası $f(S)$ xətti qanunla dəyişildikdə, yəni:

$$f(S(y, t)) = a(t)y + b(t)$$

$$a(t) = \frac{C(y_1) - C(y_0)}{y_1(t) - y_0(t)}, \quad b(t) = \frac{C(y_0)y_1(t) - C(y_1)y_0(t)}{y_1(t) - y_0(t)}$$

olduqda, tənliyin yuxarıdakı oblastda həlli aşağıdakı kimi alınır:

$$\begin{aligned} P_1(y, t) &= P_k - \mu(t)y, \quad y \in [0, y_0(t)] \\ P_2(y, t) &= P_k - \mu(t) \left[\frac{C(y_0)}{a(t)} \ln \frac{a(t)y + b(t)}{C(y_0)} + y_0(t) \right], \quad y \in [y_0(t), y_1(t)] \end{aligned} \quad (13)$$

$$P_3(y, t) = P_c + \varepsilon^{-1} \mu(t)(L - y), \quad y \in [y_1(t), L],$$

burada

$$\mu(t) = \frac{\varepsilon(P_k - P_c)}{L_1 - y_1(t) + \varepsilon y_1(t) + \varepsilon[y_1(t) - y_0(t)]S(\varepsilon)}$$

$$S(\varepsilon) = \frac{\ln \varepsilon}{\varepsilon - 1} - 1; \quad \varepsilon = \frac{C(y_1)}{C(y_0)}, \quad S(\varepsilon) > 0, \quad \varepsilon < 1 \text{ olduqda.}$$

$$C(y_0) = \frac{k}{\mu_1}; \quad C(y_1) = \frac{k}{\mu_2}.$$

Beləliklə, keçid zonası nəzərə almaqla, mayelərin birölçülü süzülmə məsələsində təzyiq paylanması təyini üçün analitik ifadə alınır.

$S(y, t)$ su ilə doyma funksiyasının paylanması məlum olmadığından
o,

$$\frac{\partial S}{\partial t} + \Phi(S, \mu_0) \frac{\partial S}{\partial y} = 0, \quad (14)$$

bir tərtibli xüsusi törəməli kvazixətti hiperbolik Bakley-Leveret tənliyinin

$$S(y, t) \Big|_{t=t_0} = \varphi(y), \quad (15)$$

$$S(y, t) \Big|_{y=0} = S_1 = \text{const}, \quad S(y, t) \Big|_{y=L} = S_2, \quad (16)$$

başlanğıc və sərhəd şərtlərini ödəyən həlli kimi təyin edilir.

Burada, $\mu_0 = \mu_1 / \mu_2$, $\Phi(S, \mu_0)$ - Bakley-Leveret funksiyasının törəməsidir.

Sərhəd ayırıcısında kəsişmə nöqtələrinin vəziyyətinin müəyyən edilməsi

$$\chi_k \frac{\partial F_k}{\partial t} + V(t) \frac{\partial F_k}{\partial y} = 0 \quad (17)$$

Kelvin xətti hiperbolik tənliyinin

$$F_k(y, t) \Big|_{t=0} = F_k^0(y), k = 0, 1$$

başlanğıc şərtlərini ödəyən həlli kimi tapılır.

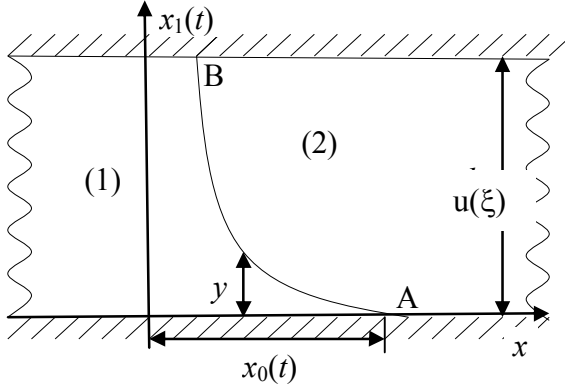
Burada $\chi_k = m / \Phi(S_k, \mu_0)$ $S_0 = 1, S_1 = 0$ -dir.

Daha sonra işdə süzülmə sürəti və süxurdan maye çirkəndiricinin susuz çıxardılması müddətinin tapılması məsələsi həll olunur.

İşdə həmçinin bir mayenin digər maye ilə düzxətli sıxışdırılmasında ayırıcı sərhəddin hərəkət məsələsinə baxılmışdır.

Bir mayenin digərinə daxil olma dərəcəsini xarakterizə edib, kəsişmədə ayırıcı sərhəddin tavan və daban hissələrində A və B nöqtələrinin (Şək. 3) hərəkətini göstərmək üçün ξ_0 və ξ_1 - kəmiyyətlərini təyin etməklə səkkizinci dərəcəli çoxhədli şəkildə analitik ifadə alınmışdır.

Mayelərdə ayırıcı konturun $u(\xi)$ funksiyasının qrafiki Şək.3-də göstərildiyi kimidir:



Şək. 3 Mayeləri ayıran konturun hərəkətinin $u(\xi)$ funksiyası

Məsələ

$$\left(\frac{\xi}{2} - \frac{a}{[1 + (\mu_0 - 1)u]^2} \right) \frac{du}{d\xi} + \frac{d}{d\xi} \left(\frac{u(1-u)}{1 + (\mu_0 - 1)u} \right) \frac{du}{d\xi} = 0 \quad (18)$$

tənliyini ödəyən və naməlum $\xi = \xi_0$, $u = 0$ və $\xi = \xi_1$, $u = 1$ nöqtələrindən keçən $u(\xi)$ integral əyrisinin tapılması məsələsinə gətirilir.

Burada, $a = const$, məsaməli mühitə (laya) vurulan mayenin sərfi, $\mu_0 = \frac{\mu_2}{\mu_1}$, μ_1 aşağı mayenin (daha ağır) özlülüyü, μ_2 - yuxarı mayenin özlülüyü, ξ_0 və ξ_1 - naməlum kamiyyətlər, u və ξ - ölçüsüz parametrlər, $u = \frac{y}{h}$, $\xi = \frac{x}{\sqrt{\chi t}}$, $\left(\chi = \frac{k\Delta\gamma h}{m\mu_1} \right)$, k - keçirilicik, $\Delta\gamma$ - sıxlıqların fərqi, h - layın qalınlığı, m - məsaməlilikdir.

(18) tənliyini ardıcıl differensiallamaqla

$$\frac{u(1-u)}{1+(\mu_0-1)} \frac{d^2u}{d\xi^2} + \frac{[1+(\mu_0-1)u](1-2u)-(u-u^2)(\mu_0-1)}{[1+(\mu_0-1)u]^2} \left(\frac{du}{d\xi} \right)^2 + \left[\frac{\varepsilon}{2} - \frac{a}{[1+(\mu_0-1)u]^2} \right] \frac{du}{d\xi} = 0, \quad (19)$$

və

$$2 \frac{a(\mu_0-1)-\mu_0}{[1+(\mu_0-1)u]^3} \frac{du}{d\xi} \left(\frac{du}{d\xi} \right)^2 + \left\{ \frac{\xi}{2} - \frac{a-[3-6u-3(\mu_0-1)u^2]}{[1+(\mu_0-1)u]^2} \frac{du}{d\xi} \right\} \frac{d^2u}{d\xi^2} + \frac{1}{2} \frac{du}{d\xi} - \frac{u(1-u)}{1+(\mu_0-1)u} \frac{d^3u}{d\xi^3} = 0, \quad (20)$$

birinci və ikinci dərəcəli törəmələri təyin edilir. $u(\xi_0)=u_0=0$, $u(\xi_1)=u_1=1$ və həmçinin $\lim_{\xi \rightarrow \xi_0} (1-u)u''=0$, $\lim_{\xi \rightarrow \xi_1} (uu''')=0$ olduğunu fərz etməklə (19) və (20) tənliklərindən alırıq:

$\xi = \xi_0$ olduqda:

$$u_0=0, \quad u'_0=a-\frac{\varepsilon_0}{2}, \quad u''_0=\left(a-\frac{\mu_0\varepsilon_0}{2}\right)\left(a-\frac{\varepsilon}{4}\right)-\frac{1}{4}, \quad (21)$$

$\xi = \xi_1$ olduqda:

$$u_1=1, \quad u'_1=\frac{\mu_0\xi_1}{2}-\frac{a}{\mu_0}, \quad u''_1=-\frac{1}{4}\mu_0\xi_1^2+\frac{a}{2}\left(1+\frac{1}{\mu_0}\right)\xi_1+\frac{1}{4}\mu_0-\frac{a^2}{\mu_0^2} \quad (22)$$

Burada $\mu_0 \neq 0$ -dir.

ξ_0 və ξ_1 nöqtələrinin $u(\xi)$ integral əyrisinin üzərində olmasını nəzərə alıb, bu funksiyanı həmin nöqtələr ətrafında Teylor sırasına ayıraraq, ξ - nin eyni dərəcəli əmsallarını bərabər götürməklə müəyyən çevirmələrdən sonra ξ_0 və ξ_1 nöqtələrini təyin etmək üçün ifadələr alınır.

ξ_0 -ın a və μ_0 parametrlərindən asılı qiyməti üçün son nəticə

$$A_0\xi_0^8 + A_1\xi_0^7 + A_2\xi_0^6 + A_3\xi_0^5 + A_4\xi_0^4 + A_5\xi_0^3 + A_6\xi_0^2 + A_7\xi_0 + A_8 = 0$$

tənliyindən müəyyən edilir.

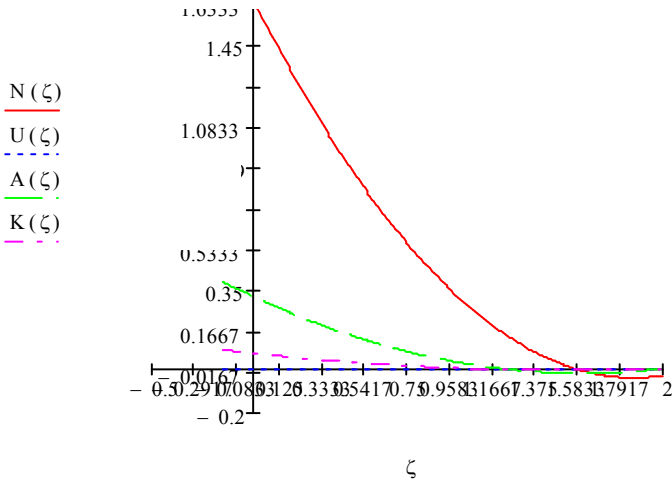
a və μ_0 parametrlərinə müxtəlif qiymətlər verməklə, səkkizinci dərəcəli xətti cəbri tənlik alınır və həmin tənlikdən $\xi_0^{(k)} \left(k = \overline{1,8} \right)$ -nin uyğun qiymətləri üçün $\xi_1^{(k)}$ kökləri təyin edilir.

Uyğun $\xi_0^{(k)}$, $\xi_1^{(k)}$ köklərini funksiyanın Teylor sırasına ayrılışında yazmaqla $\xi_0^{(k)}$ və $\xi_1^{(k)}$ parametrlərinin müəyyən qiymətlərində mayeləri ayıran konturun hərəkətini ifadə edən $u(\xi_k)$ funksiyanın formasını almaq olar.

Burada köklərin seçilməsi aşağıdakı fiziki şərtlərə əsaslanır:

1. $\xi_0^{(k)}$ $\xi_1^{(k)}$ – müsbət və $\xi_0 > \xi_1 = 0$ olmalıdır.
2. u'_0 və u'_1 törəmələri $\xi = \xi_0$, $u_0 = 0$ və $\xi = \xi_1$, $u_1 = 1$ nöqtələrində mənfidir.
3. $\xi_1 < \xi < \xi_0$ intervalında $0 < u < 1$ olmalıdır.

Burada ξ_0 , ξ_1 , $u(\xi)$ kəmiyyətlərini bilməklə bütün hesabatlari aparmaq olar. Məsələn, təzyiqlər fərqi və ixtiyarı iki sahə arasındakı maye sərfini. Hesablama eksperimentləri MATCAD proqramından istifadə edilməklə aparılmış və U -nun ξ -dən asılılıqları qurulmuşdur.



Şək. 4. U funksiyanın ξ -dən asılılığı

Sonra işdə, karbohidrogen dağılmalarının həlledicilərlə sıxışdırılmasına baxılmışdır. Neftin düzxətli süxurdan həlledicilərlə sıxışdırılması tənliyi aşağıdakı şəkildədir:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial y} \left(D \frac{\partial C}{\partial y} \right) - \omega \frac{\partial C}{\partial y}. \quad (23)$$

Qeyd edək ki, C - həlledicinin neft-həlledici qarışığında xüsusi konsentrasiyası; D - diffuziya əmsalı; $\omega = v / m$, v - süzülmə sürəti; m - süxurun məsaməliliyidir.

$\xi = y - \omega t$ $\tau = t$ dəyişənləri ilə təyin olunan dəyişən koordinat sistemində, (23) tənliyi aşağıdakı formaya düşür

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial \xi} \left(D \frac{\partial C}{\partial \xi} \right). \quad (24)$$

Qatışıqda həlledici konsentrasiyanın paylanması aşağıdakı şəkildə olur:

$$C(\xi, \tau) = a_1 + a_2 \frac{\xi}{\lambda(\tau)} + a_3 \frac{\xi^3}{\lambda(\tau)^3} \quad (25)$$

Aşağıdakı sərhəd şərtlərini ödədək:

$$C(0, \tau) = 0,5 ; \quad C(-\lambda, \tau) = 0 ; \quad C(\lambda, \tau) = 1 ,$$

$$\frac{\partial C(\pm \lambda, \tau)}{\partial \xi} = 0. \quad (26)$$

(26) şərtlərini ödətməklə alırıq:

$$a_1 = 0,5, \quad a_1 - a_2 - a_3 = 1, \quad a_1 + a_2 + a_3 = 0 \quad (27)$$

$$a_2 = -0,75 ; \quad a_3 = 0,25$$

Nəticədə, həll

$$C(\xi, \tau) = 0,25 \left[2 - 3 \frac{\xi}{\lambda(\tau)} + a_3 \frac{\xi^3}{\lambda(\tau)^3} \right] \quad (28)$$

şəklində təyin edilir.

Həlldən həmçinin $\xi = \pm \lambda$ olduqda $\frac{\partial C}{\partial \xi} = 0$ ifadəsi alınır.

Üçüncü fəsildə heterogen karbohidrogen mayelərində özlülükdə anomallığa baxılmışdır. Son zamanlar neftlərdə qeyrinyuton xüsusiyyətlər aktiv öyrənilmişdir.

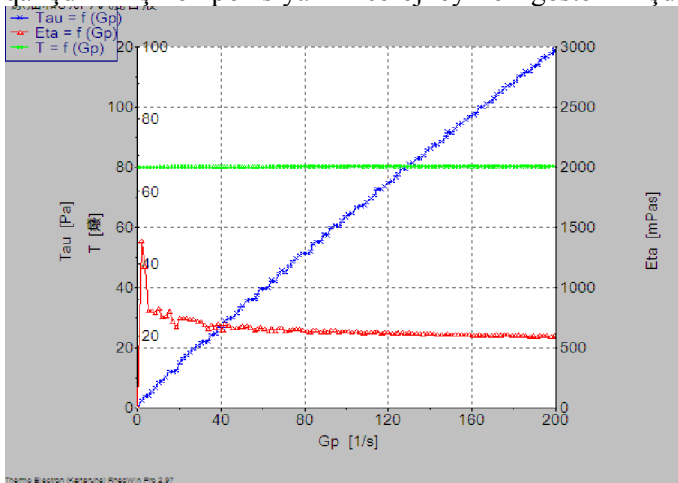
Bu istiqamətdə L.S.Leybenzon, A.A.İlyuşin, A.X.Mirzəcanzadə, Q.V. Vinoqradov, V.N.Şelkaçev, Q.İ.Barenblat və digər alimlərin məktəbləri mövcuddur.

Özlülükdə anomallıq qeyrinyuton sistemlərin reologiyasının ilk tədqiqatlarında müəyyən olunmuşdur.

Tədqiqatlardan aydın olmuşdur ki, effektiv özlülük sürüşmə gərginliyi τ və $\dot{\gamma}$ sürətindən asılı olub, adi halda τ artması ilə η özlülüyn qiyməti azalır. Anomal özlülükdə γ nisbətən tez dəyişilir.

Bir çox eksperimentlərin nəticələri göstərmişdir ki, neft-polimer qarışıqlarda reoloji parametrlərdə dəyişkənlik mövcuddur. Belə nəticələrə həmçinin dissertasiya işində aparılan bir çox tədqiqatları aid etmək olar. Laboratoriyada neft və neftpolimer kompozisiyaların reoloji xüsusiyyətləri tədqiq olunmuşdur. Burada 0,1%-li poliakrilamidin 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 % neftin həcmində olmaqla eksperimentlər aparılmışdır.

Şəkildə 3,0% həcmində neftlə birlikdə 0,1%-li poliakrilamidin suda məhlulu qarışdırılmış kompozisiyanın reoloji əyriləri göstərilmişdir.



Şək. 5 Neftpolimer kompozisiyanın reoloji əyriləri

Eksperimentlərin ikinci hissəsində kompozisiyaların bərk səth üzərində yayılması dinamikasına baxılmışdır. Bu məqsədlə müxtəlif

faizlərdə polimer əlavə olunmuş mayelərin sürət və sərhəd dəyişilmə radiusu AzNİİ konusundan istifadə edilməklə tədqiq olunmuşdur.

Alınan asılılıqlar göstərir ki, tədqiq olunmuş neftpolimer nümunələri tiksotropluq xarakteri ilə seçilir.

İşdə, bu tiksotropluq xarakteristikada struktur əlaqələrin dağılması və yaxud bərpası, qeyri xətti kinetik tənlik şəklində verilməsinin vacibliyi göstərilmiş və müxtəlif şərtlər daxilində həlləri tədqiq olunmuşdur.

Dissertasiya işinin axırında ümumiləşdirilmiş nəticələr formalaşdırılmışdır.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR

1. Bərk səth üzərində neft dağılmasının riyazi modeli reallaşdırılmış və $t \rightarrow \infty$ olduqda yayılma radiusunun $R_{\max}$ son qiymət alınması müəyyənəşdirilmişdir.

2. Neftlərdə qeyrinyuton xüsusiyyətlər nəzərə alınmaqla ilk dəfə belə mayelərdə radiusun yayılma dinamikasına baxılmışdır.

3. Aparılan tədqiqatlar nəticəsində qeyrinyuton mayelərdə radiusun yayılma dinamikasının qanunauyğunluğu S şəkilli olduğu müəyyənəşdirilmişdir. Dəyişən özlülüklü neft dağılmalarında radial yayılma məsələsi ədədi üsulla həll olunmuş və hesabların aparılması üçün proqram algoritmi işlənib hazırlanmışdır.

4. Hərəkət etməyən su üzərinə mərkəzi-simmetrik dağılmış neftin yayılması məsələsinin həlli üçün ədədi üsul işlənib hazırlanmışdır.

5. Çirkləndirici mayelərin süxura süzülməsi və onun sıxışdırılması həll olunmuşdur.

6. Məsələli mühitə daxil olunmuş çirklənmələrin qarışmayan mayelərlə sıxışdırıb aradan qaldırılması metodlarının nəticələri verilmişdir.

7. Sıxışdırma zamanı çirkləndiricinin çıxarılmasının müxtəlif zonalarında və konturun $y=y(t)$ ilkin vəziyyətindən yer səthinə hərəkətində təzyiqlər qiymətləndirilmişdir.

8. Məsələli mühitdə iki maye sərhədinin hərəkəti ilə əlaqədar məsələyə baxılmış, a və μ_0 parametrlərinin uyğun qiymətlərində funksiyanı Teylor sırasına ayıraraq, hər bir cütlik üçün uyğun köklər tapılmışdır.

9. MATCAD proqram təminatından istifadə edərək, hesablama eksperimentlərinin alqoritmi təklif olunmuş, U və ξ sərhəd funksiyası üçün qrafiklər qurulmuşdur.

10. Məsələli mühitə daxil olmuş çirklənmələrin müxtəlif zonalarından sıxışdırılmasında konsentrasiyanın paylanması prosesi riyazi modelləşdirilmişdir.

11. Polimer məhlulun müəyyən konsentrasiya diapazonunda neft-polimer qarışığında fluktuasiya səbəbinin, heterogen kompozisiyalarda tiksotropluğu da dinamiki proseslə yarandığı göstərilmişdir. Bu prosesin kinetik modeli verilmişdir. Karbohidrogen mayelərdə struktur tarazlıq, neft dağılmalarında fəsadların aradan qaldırılmasında istifadə oluna bilər.

Dissertasiya işinin əsas nəticələri aşağıdakı işlərdə dərc olunmuşdur:

1. Панахов Г.М., Агаева Г.Р., Расулова С.Р. Реохимическая активация водоцементных смесей газогенерирующими агентами // Proceedings of NAS of Azerb., V. XXVI, 2007, pp. 159-160.

2. Панахов Г.М., Аббасов Г.М., Расулова С.Р. Численное решение задачи динамики растекания нефтяного пятна с переменной вязкостью / Тезисы XIII международной конференции по математике и механике, ИММ НАН Азерб., 2007, с. 127.

3. Панахов Г.М., Аббасов Г.М., Расулова С.Р. Численное моделирование задачи радиального растекания нефтяного разлива с переменной вязкостью // Transactions of NAS of Azerb., V. XXVII, №7. 2007, с. 217-220.

4. Панахов Г.М., Аббасов Г.М., Расулова С.Р. Численное моделирование одномерной задачи проникновения нефти в водонасыщенные грунты / АМЕА RMI 50 illiyinə həsr olunmuş riyaziyyat və mexanika üzrə Beynəlxalq konfransın tezisləri, Bakı, 2009, s. 256-257.

5. Расулова С.Р. О проникновении нефтяных разливов в грунты и их устранение вытеснением воды // Механика машиностроения, Баку, 2010, с. 25-28.

6. Панахов Г.М., Аббасов Г.М., Расулова С.Р. Об одном решении задачи растекания нефтяного разлива с переменной вязкостью приближенными методами // Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi Azərbaycan Texniki Universiteti. ELMİ ƏSƏRLƏR (fundamental elmlər) №3, VIII (31), Bakı, 2009, с. 81-84.

7. Панахов Г.М., Аббасов Э.М., Агаева Г.Р., Алиев Г.А., Расулова С.Р. Воздействие на пласт системами на основе природных газогенерирующих минералов // Азербайджанское Нефтяное Хозяйство, №8, 2012, с.20-25.

8. Расулова С.Р., Агаева Г.Р. О проникновении загрязненных разливов в грунты и их устранение вытеснением // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело», №3, Выпуск 3, Уфа. 2012, с. 399-405.

9. Аббасов Г.М., Расулова С.Р. Численное исследование фильтрации жидкостей в пористой среде с подвижными границами // Межвузовский научно-технический журнал «Теоретическая и прикладная механика», №1, Баку. 2012, с. 106-112.

10. Расулова С.Р. движение границы раздела жидкостей при прямолинейном вытеснении одной жидкости другой // Научные труды Азербайджанской Государственной Морской Академии, Баку. №2, 2013, с. 52-56.

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАСТЕКАНИЯ НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ
И ИХ МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

АБСТРАКТ

В диссертационной работе исследуются проблемы растекания разливов жидких углеводородов по твердой поверхности, математическое моделирование процесса и разработка методов предотвращения негативного воздействия таких загрязнений на окружающую среду.

В исследованиях решаются следующие задачи:

- численное моделирование радиального распространения разливов с переменной вязкостью;
- исследование проникновения нефтяных загрязнений в почву и очистки загрязненного грунта путем вытеснения углеводородов водой и растворителями;
- исследование задачи движения вязких жидкостей с неизвестными границами;
- исследование вязкостных аномалий нефтяных разливов.

Расчетные зависимости, предложенные в работе, позволяют определить вертикальную инфильтрацию при различных режимах движения жидкости в почве, а также эффективность отмыва углеводородов из загрязненных участков. Экспериментально подтверждена возможность регулирования аномальными вязкостными характеристиками углеводородных загрязнений, а также определены оптимальные концентрации регулирующих добавок.

SEVİNC RAMİZ RASULOVA

STUDY AND MATHEMATICAL SIMULATION OF OIL SPILLS SPREADING

SUMMARY

The dissertation work discusses the research problem of spreading spills of liquid hydrocarbons, the mathematical simulation of the process and the development of methods to prevent the environmental impact.

In the studies the following tasks are solved:

- the numerical simulation of the radial spreading of the spill with a variable viscosity;
- the penetration of oil pollution in the soil and removing contaminated soil by displacing it by water and a solvent;
- the problem of the motion of viscous fluids with unknown boundaries of mobile water-oil mixture;
- viscosity characteristics of contaminated spills was investigated.

Dependences proposed in the paper according to the calculations of parameters allow to calculate vertical infiltration under different modes of fluid movement in the soil, as well as the effectiveness of washing it. Studies show experimentally confirmed possibility of regulating the abnormal viscosity characteristics of hydrocarbon contamination and the optimal concentrations of regulating additives.