

## NDËRTIMI I NJË MODELI TË FUSHËS ELEKTRIKE DHE MAGNETIKE NË MJEDISE QË PARAQESIN VETI TË NDRYSHME OKSIDO- -REDUKTUESE

B. DUKA

### Hyrje

Në vetitë e shkëmbinjve të nëntokës, si rezultat i proceseve të ndryshme fiziko-kimike, mund të lindin ndryshime gjeokimike. Kështu, p.sh., vetitë oksido-reduktuese të shkëmbinjve mund të pësojnë ndryshime në hapësirë, të cilat bëhen burim i lindjes së një fushe elektrike, që i mbivendoset fushës elektrike natyrore të Tokës [1, 2].

Edhe në kushte laboratorike është provuar [1] se kontakti i mjediseve elektro-përcjellëse me oksido-reduktueshmëri të ndryshme, shkakton lindjen e një fushe elektrike të matshme në sipërfaqe të këtyre mjediseve.

Qëllimi i këtij artikulli është ndërtimi i një modeli fiziko-matematik për të shprehur analitikisht burimin e fushës elektrike, si dhe për të gjetur përhapjen e fushës elektrike dhe magnetike, kur njihet ky burim.

Lidhja midis  $E^a$  dhe  $E_h$  për një rast të thjeshtë.

Përfytyrojmë një mjedis, në të cilin elementi i vetëm oksidoreduktues (me valencë të ndryshueshme) është hekuri ( $Fe^{2+} \rightleftharpoons Fe^{3+} + e^-$ ). Gjendja oksido-reduktuese e mjedisit do të karakterizohet nga potenciali oksido-reduktues:

$$E_h = E_h^0 + \frac{RT}{F} \ln \frac{a_{Fe^{3+}}}{a_{Fe^{2+}}} \quad (1-1)$$

ku  $a_{Fe^{3+}}$ ,  $a_{Fe^{2+}}$  - përqëndrimet e formave të oksiduara dhe të reduktuara të Fe.

Kur ky potencial është i njëjtë në të gjithë vëllimin e mjedisit, raporti  $\frac{a_{Fe^{3+}}}{a_{Fe^{2+}}}$  do të jetë konstant në të gjithë mjedisin. Në qoftë se ky potencial

ndryshon, psh, sipas drejtimit  $x(E_h(x))$ , atëhere raporti  $\frac{a_{Fe^{3+}}}{a_{Fe^{2+}}} = f(x)$ .

Kur si rezultat i veprimit të jashtëm, në hapësirë vendoset një shpërndarje e caktuar e joneve  $Fe^{3+}$  dhe  $Fe^{2+}$ , atëhere  $E_h(x)$  nuk varet nga koha. Duke pasur parasysh që shpërndarja e këtyre joneve në fushën e forcave të jashtme është shpërndarja e Boltzmanit, atëhere mbi jonin  $Fe^{3+}$  vepron forca:

$$F_1 = \frac{kT}{a_{Fe^{3+}}} \frac{d a_{Fe^{3+}}}{dx} \quad (1.2)$$

ndërsa mbi jonin  $Fe^{2+}$  forca:

$$F_2 = \frac{kT}{a_{Fe^{2+}}} \frac{d a_{Fe^{2+}}}{dx} \quad (1.3)$$



Intensiteti i fushës së forcave që krijojnë veprim i jashtëm do të jetë:

$$E^a = \frac{F_1 - F_2}{e} = \frac{KT}{e} \left( \frac{1}{a_{\text{Fe}^{3+}}} \frac{d a_{\text{Fe}^{3+}}}{dx} - \frac{1}{a_{\text{Fe}^{2+}}} \frac{d a_{\text{Fe}^{2+}}}{dx} \right) =$$

$$= \frac{d}{dx} \left( \frac{kT}{e} \ln \frac{a_{\text{Fe}^{3+}}}{a_{\text{Fe}^{2+}}} \right) = \frac{dE_h}{dx} \quad (1.4)$$

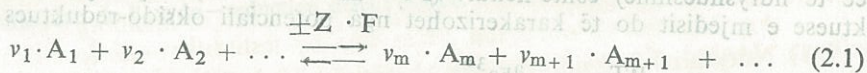
Pra, intensiteti i fushës së forcave të anshme është gradienti i potencialit të oksido-reduktimit.

## 2) Lidhja midis $E^a$ dhe $E_h$ për rastin e përgjithshëm

Kur oksidoreduktueshmëria ndryshon me hop, pra kur kalojmë nga një mjedis më i oksiduar në një mjedis më të reduktuar, burimi i fushës elektrike mund të përfytyrohet në formën e një cipe të dyfishtë elektrike në kufirin që ndan të dy mjediset [2]. Kur oksidoreduktueshmëria e mjedisit ndryshon në mënyrë të vazhduar në hapësirë (siç ndodh më shumë në natyrë), atëherë burimin e fushës elektrike do ta përfytyrojmë në formën e një fushe forcash të anshme elektromotore.

Të gjejmë intensitetin e fushës së këtyre forcave:

Shqyrtojmë një tretësirë në temperaturë e shtypje konstante, por me oksidoreduktueshmëri të ndryshme në pika të ndryshme të vëllimit të saj. Ajo është një sistem elektrokimik i përbërë (në të mund të ndodhin shumë reaksione oksido-reduktimi, midis elementeve me valencë të ndryshme si Fe, S, O, C etj). Të tilla janë tretësirat që ngopin porët e shkëmbinjve. Në një sistem të tillë elektrokimik zhillohet reaksioni i kthyeshem izotermik [3].



Ky reaksion zhvillohet në mënyrë të njejtë në të gjithë sistemin, por përqëndrimet e elementeve që reagojnë  $A_i$  janë të ndryshme në pika të ndryshme të sistemit.

Nga ky sistem marrim një vëllim relativisht të vogël, brenda të cilit përqëndrimet e elementeve  $A_i$  mund t'i konsiderojmë konstante. Shënojmë  $\Delta G_{T,P}$  ndryshimin e entalpisë së lirë të këtij vëllimi gjatë zhvillimit të reaksionit (2.1), në shtypje e temperaturë konstante, në një drejtim, kur hyjnë në reaksion  $\nu_1$  mole të elementit  $A_1$ ,  $\nu_2$  mole të elementit  $A_2$  etj. dhe dalin  $\nu_m$  mole të elementit  $A_m$ ,  $\nu_{m+1}$  mole të elementit  $A_{m+1}$  etj.

Meqenëse ky zhvillim i reaksionit elektrokimik (2.1) është i lidhur me zhvendosjen e ngarkesës së plotë ( $\pm ZF$ ) nga disa elemente në disa të tjera, atëherë ndryshimi i potencialit termodinamik ( $\Delta G_{T,P}$ ) është i barabartë me punën, me shenjë minus, që kryhet për zhvendosjen e ngarkesave:

$$-\Delta G_{T,P} = (\pm Z \cdot F) \cdot E_h \quad (2.2)$$

ku  $E_h$  – parametri intensiv brenda vëllimit në studim, i cili ka përmasat e potencialit.

Nga shprehja e përgjithshme për potencialin termodinamik [3]:

$$G_{T,P} = \sum_i \mu_i \cdot \Delta n_i$$



ku  $\mu_i$  - potenciali kimik i elementit të i-të, që për kushtet e ekuilibrit shkruhet:

$$\mu_i = \mu_i^0 + RT \ln a_i \quad (2.4)$$

dhe  $\Delta n_i = \nu_i$  - ndryshimi i numrit të moleve të elementit të i-të, gjejmë:

$$\Delta G_{T,P} = \sum_i \mu_i^0 \cdot \nu_i + \sum_i RT \cdot \nu_i \cdot \ln a_i \quad (2.5)$$

Pasi zëvendësojmë (2.2) në (2.5) dhe diferencojmë, gjejmë:

$$-(\pm ZF) \cdot dE_h = d(\sum_i \mu_i \cdot \nu_i + \sum_i RT \cdot \nu_i \cdot \ln a_i) \quad (2.6)$$

Meqenëse termi i parë i anës së djathtë nuk varet nga koordinata (reaksioni zhvillohet në mënyrë të njëjtë në të gjithë sistemin), atëherë:

$$(\pm ZF) \cdot dE_h = d(-\sum_i RT \cdot \nu_i \cdot \ln a_i) \quad (2.7)$$

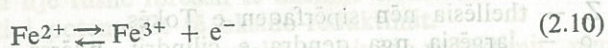
Prej kësaj del puna që kryhet për zhvendosjen e njësisë së ngarkesës në njësinë e rrugës, e cila jep intensitetin e fushës së forcave të anshme:

$$E^a = \text{grad } E_h \quad (2.8)$$

$$\text{ku } E_h = - \frac{RT}{(\pm ZF)} \cdot \nu_i \cdot \ln a_i = - \frac{RT}{(\pm ZF)} \ln \frac{a_{A_1}^{\nu_1} \cdot a_{A_2}^{\nu_2} \dots}{a_{A_m}^{\nu_m} \cdot a_{A_{m+1}}^{\nu_{m+1}} \dots} =$$

$$= \frac{RT}{(\pm ZF)} \ln \frac{a_{A_m}^{\nu_m} \cdot a_{A_{m+1}}^{\nu_{m+1}}}{a_{A_1}^{\nu_1} \cdot a_{A_2}^{\nu_2}} \quad (2.9)$$

Duke e zbatuar këtë përfundim, psh në reaksionin e thjeshtë të oksido-reduktimit të hekurit



del se  $E_a = \text{grad } E_h$ ,

ku  $E_h = \frac{RT}{F} \ln \frac{a_{\text{Fe}^{3+}}}{a_{\text{Fe}^{2+}}}$  - potenciali i zakonshëm i oksido-reduktimit (me afërsinë e një konstanteje) i çiftit  $\text{Fe}^{3+}$  e  $\text{Fe}^{2+}$ .

### 3. Njehsimi i potencialit të fushës elektrike, që krijon një shpërndarje të caktuar të gjendjes së oksidoreduktueshmërisë së mjedisit

Ndryshimi i oksidoreduktueshmërisë së mjedisit shkakton një rrymë elektrike (difuzioni i joneve), që ka prirje të barazojë gjendjen në gjithë vëllimin e sistemit.

Në qoftë se me anën e një faktori të jashtëm mbajmë të pandryshuar në kohë këtë ndryshim të oksido-reduktueshmërisë në hapësirë, atëherë mjedisi në vendet ku është më i oksiduar ngarkohet pozitivisht në krahasim me vendet ku është më i reduktuar. Kjo shpërndarje e ngarkesës krijon një fushë elektrike të qëndrueshme, e cila i zhvendos ngarkesat në drejtim të kundërt me drejtimin me të cilin i zhvendos fusha e forcave të anshme elektromotore.



Për njehsimin e potencialit të fushës elektrike që vendoset, nisemi nga ligji i Omit:

$$\vec{j} = \gamma(\vec{E} + \vec{E}^a) \quad (3.1)$$

ku

$$\gamma(x, y, z) - \text{përcjellshmëria e mjedisit.}$$

Meqenëse fusha është elektrostacionare, atëherë:

$$\text{rot } \vec{E} = 0 \quad (3.2)$$

$$\vec{E} = -\text{grad } U \quad (3.3)$$

ku  $U$  është potenciali i fushës elektrike. Duke zëvendësuar (3.2) e (3.3) në (3.1) gjejmë:

$$\vec{j} = -\gamma \cdot \text{grad } U + \gamma \cdot \vec{E}^a \quad (3.4)$$

Duke zbatuar në (3.4) ligjin e ruajtjes së ngarkesës  $\text{div } \vec{j} = 0$ , gjejmë:

$$\text{div}(\gamma \cdot \text{grad } U) = \text{div}(\gamma \cdot \vec{E}^a) \quad (3.5)$$

Duke zëvendësuar këtu (2.8) gjejmë:

$$\text{div}(\gamma \cdot \text{grad } U) = \text{div}(\gamma \cdot \text{grad } E_n)^* \quad (3.6)$$

Ekuacionin (3.6) e zgjidhëm me metodën numerike të elementeve të fundme [4], për një mjedis me shpërndarje të njohur të oksidoreduktueshmërisë, me kusht kufitar që potenciali bëhet zero shumë larg burimit të forcave të anshme. Si mjedis të tillë zgjidhëm rajonin «B», ku janë kryer studime gjeokimike. Sipas [5] potenciali i oksido-reduktimit në këtë rajon ndryshon në këtë mënyrë:

$E_n = K(Z - H) \cdot (a - \rho) + c$ , për shkëmbinjtë brenda kolonës vertikale cilindrike me rreze  $a$  dhe thellësi  $H$ ,  
ku  $Z$  - thellësia nën sipërfaqen e Tokës,

$\rho$  - largësia nga qendra e cilindrit, ndërsa

$E_n = c$  - një konstante për shkëmbinjtë jashtë cilindrit.

Shpërndarjen e potencialit të fushës elektrike të njehsuar në këtë mënyrë e krahasuam me anomalinë e fushës elektrike të vrojtuar në këtë rajon. Rezultatet e njehsimeve përputhen mjaft mirë me ato të matura, qoftë nga forma, qoftë nga madhësia e potencialit. Kjo përputhje vërteton modelin teorik të ndërtuar [5].

#### 4. Anomalia e fushës magnetike

Fusha elektrike e qëndrueshme shkakton rryma elektrike të qëndrueshme në mjedisin përcjellës. Ashtu si çdo rrymë, edhe këto krijojnë fushën magnetike të tyre, e cila, në kushtet natyrore, i mbivendoset fushës magnetike të Tokës, duke i krijuar asaj anomali. Njehsimin e kësaj anomalie e kryem në këtë mënyrë:

\*) Nga ky barazim nuk duhet të nxjerrim përfundimin që potenciali i fushës elektrike përputhet me potencialin e oksido-reduktimit. Siç dihet, potenciali i oksido-reduktimit ndryshon në një vëllim të fundëm, ndërsa potenciali i fushës elektrike ndryshon në të gjithë hapësirën.



duke njohur vlerat e potencialit të fushës elektrike nga zgjidhja e ekuacionit (3.6), vlerat e potencialit të oksido-reduktimit, si dhe vlerat e rezistencës specifike të mjedisit në çdo pikë, gjejmë dendësinë e rrymave:

$$\vec{j} = \gamma (\vec{E} + \vec{E}^a) = -\gamma \cdot (\text{grad } U - \text{grad } E_h) \quad (4.1)$$

Duke njohur shpërndarjen e rrymave, gjejmë intensitetin e fushës magnetike [6]:

$$\vec{H} = \frac{1}{4\pi} \iiint \frac{\vec{j} \times \vec{r}}{r^3} dv \quad (4.2)$$

Integralin (4.2) e njehsuam me metoda numerike.

Fusha elektrike që njehsuam për rajonin «B», ka simetri ndaj rrotullimit rreth boshtit të cilindrit vertikal. Sipas [7], kur fusha elektrike ka këtë simetri, përbërësit  $H_x$  dhe  $H_z$ , të intensitetit të njehsuar në profile që kalojnë nga qendra e cilindrit (OX), janë zero. Pra, fusha magnetike e njehsuar në profilin (OX) ka vetëm përbërës horizontal të drejtuar pingul me profilin. Forma e grafikut të intensitetit të njehsuar si dhe madhësia e tij ngjan mjaft me formën e përbërësit horizontal të anomalisë së fushës magnetike të matur në rajonin «B». Nga kjo matje duket se anomalia e fushës magnetike ka edhe përbërës vertikal, sepse përhapja e vrojtuar e fushës elektrike në këtë rajon nuk ka simetrimin e modelit teorik të ndërtuar [5].

#### Përfundime

- 1) Ndryshimi i oksido-reduktueshmërisë së mjedisit, i cili mbahet i pandryshuar në kohë, shkakton një fushë forcash të anshme elektromotore, intensiteti i së cilës është gradienti i potencialit të oksido-reduktimit.
- 2) Duke njohur shpërndarjen e potencialit të oksido-reduktimit, mund të gjendet shpërndarja e fushës elektrike pasi të zgjidhet ekuacioni (3.6).
- 3) Duke njohur shpërndarjen e potencialit të fushës elektrike dhe të potencialit të oksido-reduktimit, gjendet shpërndarja e përbërësve të ndryshëm të intensitetit të fushës magnetike.

#### Përmbledhje

Në këtë artikull trajtohet lindja e fushës elektrike e magnetike në një mjedis me oksido-reduktueshmëri që ndryshon në hapësirë, por jo në kohë; shprehet analitikisht burimi i këtyre fushave dhe gjendet përhapja e tyre kur njihet shpërndarja e oksidoreduktueshmërisë.

Katedra e fizikës së përgjithshme

Paraqitur në Redaksi më 27.5.1981)



## Bibliografi

- 1) Pirson J.S. — «Surface electrical measurement aid to exploration»  
The Oil and Gas Journal. Octobre 1969. Vol. 67, Nr. 43 p. 108.
- 2) Pirson J.S. — «Unified magneto-electro-telluric exploration» The Oil and Gas Journal,  
March 1974 vol. 72, Nr. 11, p. 138.
- 3) Antropov L. J. Teorjetičeskaja elektrohimiija. Moskva 1969 (f. 141, 143).
- 4) Tole Dh. «Algoritmi dhe programi për përcaktimin e fushave stacionare me metodën e  
elementeve të fundëm». Programoteka e Q.M.LL. Tiranë 1976.
- 5) Frashëri. A., Liço R. «Modeli teorik i përhapjes së fushës elektrike natyrore mbi shtra-  
Duka B., Frashëri N. timet e naftës e të gazit». Nafta dhe gazi Nr. 1, 1981 (f. 16)
- 6) Jakson J.D. — Klasiçeskaja elektrodinamika Moskva 1965 (f. 160).
- 7) Frashëri A; Duka B. «Llogaritja e anomalisë magnetike që krijojnë rrymat e një sferë  
Frashëri N, të polarizuar». Buletini i Shkencave të Natyrës Nr. 2, Tiranë 1981 (f.39)

## Résumé

LA CONSTRUCTION D'UNE MODÈLE DU CHAMP ÉLECTRIQUE ET MAGNÉTIQUE  
DANS DES MILIEUX PRÉSENTANT DES PROPRIÉTÉS DIFFÉRENTES D'OKSIDO-  
REDUCTION.

Dans cet article on présente la naissance du champs électrique et du champs magnétique dans les milieux à «oxydo-reduction» variable dans l'espace, et non variable dans le temps; on exprime analytiquement l'intensité de la source de ces champs et l'on determine leur distribution en fonction de l'oxydo-reduction dans l'espace.