

YÜKSƏK TEZLİKLİ ELEKTRİK SAHƏSİNDƏ TORPAĞIN DİELEKTRİK NÜFUZLUĞUNUN TƏCRÜBİ NƏTİCƏLƏRİNİN NƏZƏRİ İZAHİ

Ç.Q.Gülaliev

*Azərbaycan MEA H.Ə.Əliyev adına Coğrafiya İnstitutu
AZ1143, Bakı, H.Cavid prospekti, 31*

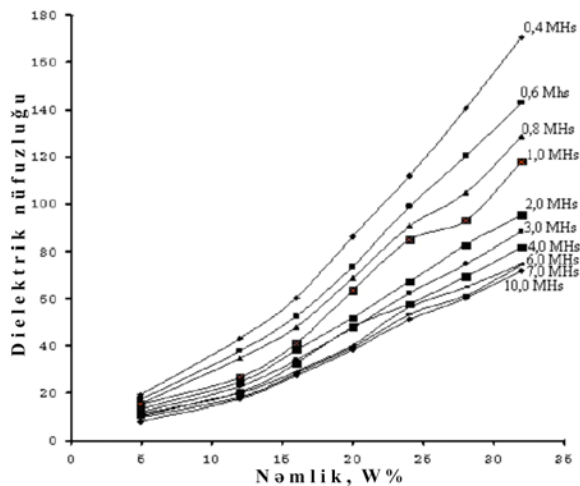
Məqalədə bir çox (dağ-çəmən, sarı gilli, dağ-qəhvəyi, boz-qəhvəyi (şabalıdı), çəmən-boz, suvarılan boz-çəmən və s.) torpaq növlərində elektrik sahəsinin müxtəlif (0,4 MHz - 10,0 MHz) tezlik intervalında dielektrik nüfuzluğunun onun rütubətlənmə dərəcəsindən asılılığının təcrübə yolu ilə öyrənilməsi bildirilir. Tədqiqatlar nəticəsində məlum olmuşdur ki, fiksə olunmuş temperatur, həcmi çəki və elektrik sahəsinin müxtəlif tezliyində torpağın dielektrik nüfuzluğunun onun rütubətlənmə dərəcəsindən asılılığının forması qismən bir-birinə oxşayır. Amma ədədi qiymətlər onlar bir-birindən kifayət qədər fərqlənir. Bu oxşarlıqları nəzərə alaraq və qarşıya qoyulan məqsəddə çatmaq üçün məqalədə bir torpaq nümunəsi təmsalında tədqiqat işi aparılmışdır. Alınan təcrübə nəticələri riyazi statistika yolu ilə təhlil edilərək torpağın dielektrik nüfuzluğu ilə onun rütubətlənmə dərəcəsi arasında asılılığı ifadə edən empirik düstur müəyyən edilmişdir. Məqalədə təcrübə nəticələri həmin düsturun uyğunluğu araşdırılaraq, onun nəzəri izahı təhlil edilmişdir. Aldığımız təcrübə nəticələri və təhlil etdiyimiz riyazi düstur onu göstərir ki, elektrik sahəsinin yüksək tezliyi intervalında torpaqların dielektrik nüfuzluğunu ölçərkən meydana çıxan biləcəklər polyarlaşmalar nəzərə alınmalıdır. Ona görə də təklif olunur ki, kütləvi şəkildə istehsal olunacaq elektrikli nəmlik ölçən cihazların hazırlanmasında müəyyən edilmiş riyazi ifadə nəzərə alınсын.

Əkinçiliyin inkişafı ilə əlaqədar torpaqda suyun miqdarının və hərəkət dinamikasının öyrənilməsi həmişə diqqət mərkəzində olmuşdur. Ona görə də torpaqda rütubətin miqdarının tez bir zamanda və dəqiq öyrənilməsi üçün alimlər həmişə axtarışda olmuşlar. Bununla yanaşı hazırda mövcud olan cihaz və üsullardan istifadə edərək torpaq nəmliyi təyin olunur. Bu üsullardan biri də elektrik üsulu ilə nəmliyin öyrənilməsidir. Elektrik-nəmlik ölçən cihazlar mövcud olsa da onların ölçmələrində müəyyən qeyri-dəqiqlik mövcuddur. Odur ki, onlardan geniş istifadə olunmur. Bu da ondan irəli gəlir ki, torpağın kompleks şəkildə elektrik xassələri öyrənilməmişdir. xüsusilə də torpaq nəmliyi ilə onun dielektrik nüfuzluğu arasında mümkün əlaqələr geniş şəkildə şərh edilməmişdir. Göstərilən çatışmazlığın aradan qaldırılmasına kömək məqsədilə tərəfmizdən bir neçə (dağ-çəmən, sarı gilli, dağ-qəhvəyi, boz-qəhvəyi (şabalıdı), çəmən-boz, suvarılan boz-çəmən və s.) torpaq növləri üzərində dielektrik nüfuzluğunun (ϵ') torpaq nəmliyindən (w) və elektrik sahəsinin tezliyindən (f) asılılığı təcrübə yolla öyrənilmişdir. Müxtəlif ərazilərdən götürülmüş torpaq nümunələri laboratoriya şəraitində torpaqşünaslıq elmində qəbul edilmiş üsullara uyğun təcrübələrə hazırlanmışdır. Torpaqların dielektrik nüfuzluğunu öyrənmək üçün xüsusi rejim daxilində L-2 elektrik körpü cihazından, gücləndiricidən, ultra termostatdan və

model qurğudan istifadə edilmişdir (Поздняков, Гюлалев, 2004). Nümunədə temperaturun sabitliyinə əminlik üçün həssas termometr, onun mərkəzinə yerləşdirilir. Təcrübənin sonunda üç təkrarla, termostat-çəki üsulu ilə rütubətin əvvəlki qiymətinə uyğunluğu yoxlanmışdır (Поздняков, Гюлалев, 2004r).

Təcrübələr elektromaqnit dalğasının 0,4-10,0 MHz tezlik intervalları daxilində aparılmışdır. Torpaq nümunələrinin həcmi çəkisi 1,12-1,4 q/sm³ daxilində götürülmüşdür. Bütün təcrübə boyu nümunələrin temperaturu 20⁰ C saxlanılmışdır. Torpaq nümunələrinin rütubətləndirilməsi tərəfmizdən quru hava şəraitindən başlayaraq tarla rütubət tutumu həddi daxilində xüsusi qaydada yerinə-yetirilmişdir.

Tədqiqatın nəticəsi göstərmişdir ki, fiksə olunmuş temperatur, həcmi çəki və tezlikdə torpağın dielektrik nüfuzluğunun onun rütubətlənmə dərəcəsindən asılılıq ayrılmasının forması qismən bir-birinə oxşayır. Amma ədədi qiymətlər bir-birindən kifayət qədər fərqlənirlər. Bu oxşarlıqları nəzərə alaraq və məqalədə qarşıya qoyulan məqsədin izahı üçün bir torpaq nümunəsi təmsalında tədqiqatın nəticəsini aydınlaşdırmağa çalışmışıq. Bu məqsədlə nümunə üçün çəmən-boz torpaq növü götürülmüşdür. Çəmən-boz torpağın dielektrik nüfuzluğunun onun rütubətlənmə dərəcəsindən asılılığı şəkildə göstərilmişdir.



Çəmən-boz torpağın dielektrik nüfuzluğunun rütubətlənmə dərəcəsiindən asılılığı

Sonda tədqiqat işlərinin nəticələri riyazi statistika yolu ilə ümumiləşdirilərək onlar arasında mümkün olan korrelyativ əlaqələr tapılmışdır. Bu əlaqə aşağıdakı riyazi düsturla ifadə olunur.

$$\frac{\varepsilon'_i - 1}{\varepsilon'_k - 1} = \frac{W_i}{W_k} \quad (1)$$

Torpağın dielektrik nüfuzluğunun rütubətlənmə dərəcəsiindən asılı olaraq dəyişmə əyrisi xaraktercə eyni olsa da, elektrik sahəsinin tezliyindən asılı olaraq dielektrik nüfuzluğunun qiymətlərinə görə bir-birindən fərqlidir. Bir torpaq üçün ε' rütubətdən çox asılı olduğu halda, digərində bu asılılığın dəyişməsi o qədər də intensiv deyildir. Bu onunla izah olunur ki, torpaqlar fiziki-kimyəvi xassələrinə görə bir-birindən fərqlənirlər. Qrafikdən görünür ki, dielektrik nüfuzluğunun rütubətdən asılılığı 0,4 MHz tezlik intervalında 10,0 MHz intervalındakı asılılığa nisbətən daha böyükdür. Buradan aydın olur ki, kiçik tezlikli elektromaqnit dalğaları sahəsində nümunədən elektrik cərəyanı keçərkən müxtəlif polyarlaşma effektləri meydana çıxaraq dielektrik nüfuzluğunun qiymətinin artmasına yardımçı olur. Amma bu hal yüksək tezlikli elektrik sahəsində tamamilə əksinədir. Yəni tezliyin qiymətinin yüksəlməsi ilə ε' qiymətinin azalması müşahidə olunur. Bu onunla izah olunur ki, yüksək tezlikli elektrik sahəsində dipollar sahənin keçiriciliyinə mane olmağa macal tapa bilmir. Bu halın bəzən də müxtəlif fiziki izahları da olur.

Çünki torpaq landşaftın çox mürəkkəb komponentidir. Onun dielektrik nüfuzluğunun təcrübi yollarla öyrənilməsi texniki cəhətdən çox çətin olduğu üçün indiyə qədər dünya alimləri tərəfindən ε kompleks şəkildə öyrənilməmişdir. Ancaq ədəbiyyat materiallarında az da olsa riyazi üsullarla bu boşluğun doldurulmasına cəhdlər göstərildiyi müşahidə olunur (Черняк, 1964; Троицкий, 1974; Берлингер, 1973; və s.). Son nəticə olaraq məlum olmuşdur ki, o tədqiqatlar da torpaqların dielektrik nüfuzluğunun həqiqi qiymətini ifadə edə bilmir. Çünki torpaq elmi baxımdan üç fazalı – mineral (üzvi), maye və qaz tərkibli kompozision material kimi qəbul edildiyindən onun üç halının eyni vaxtda dielektrik nüfuzluğu kompleks şəkildə öyrənilməsi tələb olunur.

Uzunmüddətli tədqiqatlar nəticəsində məlum olmuşdur ki, elektrik sahəsində torpaqların dielektrik nüfuzluğunu öyrənərkən müxtəlif polyarlaşma effektləri ortalığa çıxır ki, bu da torpağın dielektrik nüfuzluğunun həqiqi qiymətinə uyğun olmur. Ona görə yuxarıda sadalanan çatışmazlıqları nəzərə alaraq, təcrübə apararkən elə tezlik intervalı seçməyə çalışmışıq ki, burada mümkün olan polyarlaşma effektləri aradan çıxsın (Троицкий, Гюлалыев, Герайзаде, 1983, 1986; Поздняков, Гюлалыев, 2004). Yəni burada nəzərə almışıq ki, torpağın disperslik dərəcəsi yüksəldikcə, məlum olduğu kimi, onun kolloidal halı da yüksəlir. Torpaq kolloidlərinin istər mineral, istərsə də üzvi hissəsinin çoxunun yükü mənfi olduğu üçün elektrik sahəsində onların hərəkət dinamikası tamamilə fərqli olur. Yəni mitsellanın daxili hissəsi onun maddəsinin əsas kütləsini təşkil edən torpaq aqreqatlarından ibarət olduğu üçün nüvə kristallik quruluşa malikdir. Onu əhatə edən molekulyar təbəqə isə iqiqat elektron təbəqəsidir. Buradan görünür ki, torpaq molekulları dissosiasiya etdikdə torpaq ionlarından bir qismi nüvəyə yapışaraq onun dielektrik nüfuzluğunun dəyişməsinə səbəb olur.

Qrafikdən də göründüyü kimi elektrik sahəsinin aşağı tezlik intervalında dielektrik nüfuzluğu (ε') ədədi kəmiyyətcə böyük qiymət almışdır. Bu onunla izah olunur ki, aşağı tezlik intervalında elektrik sahəsinin tezliyi bütün növ polyarlaşmaların meydana çıxmasına səbəb olur (Поздняков, Гюлалыев, 2004). Daha doğrusu, elektrik sahəsinin təsiri nəticəsində mitsellada bir-biri ilə müxtəlif növ qüvvə ilə birləşmiş üç tərkib hissənin, yəni kolloid halda olan maddənin özündən ibarət daxili nüvəsi, hissəciyin yü-

künü təyin edən qeyri-mütəhərrik ikiqat təbəqənin daxili örtüyü, əks elektrik yükünə malik ionlardan ibarət diffuzion təbəqə ümumilikdə dielektrik nüfuzluğunun qiymətinə təsir edərək onun artmasına səbəb olmuşdur. Dipolların güclü polyarlaşması nəticəsində yuxarıda göstərdiyimiz xüsusi şərt daxilində ε' özünün maksimum qiymətini alır. Elektrik sahəsi tezliyinin sonrakı artımı isə ε' qiymətinin azalması ilə müşahidə olunur. Bu yüksək tezlikli elektrik sahəsində polyarlaşma effektlərinin aradan çıxması ilə təsdiqlənir. Nəticədə aldığımız bu qanunauyğunluq tədqiqat apardığımız bütün torpaq növlərinə aid olduğu üçün aşağıdakı cədvəldə boz-çəmən torpaq növü nümunəsində (1) eyniliyi və dielektrik nüfuzluğunun elektrik sahəsinin tezliyindən və torpaq nəmliyindən asılılığı göstərilib.

Cədvəldən göründüyü kimi, elektrik sahəsinin aşağı tezlik intervalında ε' -nin qiyməti f -dən asılı olaraq sürətlə azalır. Tezliyin sonrakı artımı ε' nisbətən sabit kəmiyyətə yaxınlaşmasına təsadüf edir. Dielektrik nüfuzluğunun torpaq nəmliyindən asılılığı isə eksponensial qanunauyğunluqla nəmlik faizinin artması ilə artır.

Aldığımız nəticələrə uyğun dielektrik nüfuzluğu ilə torpaq nəmliyi arasında əlaqənin fiziki izahına çalışaq. Daha doğrusu, bu əlaqə (1) düsturu ilə ifadə olunduğu üçün bu riyazi ifadə-

nin doğruluğunun izahını verək. Bu halı aydınlaşdırmaq üçün həmin kəmiyyətlərin müxtəlif qiymətləri tutuşdurulmuşdur (cədvəl):

$$\Delta \varepsilon'_{ik} = \varepsilon'_i - \varepsilon'_k$$

Onların nisbəti isə $S_{ik} = \varepsilon'_i / \varepsilon'_k$ şəkilində göstərilmişdir. Burada ε'_i və ε'_k torpaq nəmliyinin W_i və W_k halına uyğun dielektrik nüfuzluğudur.

Məlum olmuşdur ki, elektrik sahəsinin 0,4 MHS tezliyindən başlayaraq onun sonrakı artımı ε'_{ik} azalması ilə müşahidə olunur. 1,0-2,0 MHS tezlik intervalında isə S_{ik} təxminən sabit qalır, yəni $\varepsilon'(f)$ asılı olmur. 1,0-2,0 MHS və ondan yuxarı tezlik intervalına keçidlə əlaqədar olaraq məlum olmuşdur ki, elektrik sahəsi tezliyinin artımı (1) ifadəsinə uyğun olur. Bu ifadə onu göstərir ki, sağ tərəfdəki nisbət vahid həcmdəki torpağın həcmi çəkisi ilə eyniləşir:

$$\frac{W_i}{W_k} = \frac{m_{bi}}{m_{bk}} \quad (2)$$

(1) ifadəsinin eyniliyi cədvəli

W, %	Tezlik, f MHS									
	0,4	0,6	0,8	1,0	2,0	3,0	4,0	6,0	7,0	10,0
	Dielektrik nüfuzluğu, ε'									
32,0	170,4	143,1	128,9	117,9	95,4	88,4	81,9	74,9	74,4	71,9
28,0	140,6	120,4	104,9	92,9	82,9	74,9	69,4	64,9	61,4	60,4
24,0	111,9	98,9	90,4	84,9	67,4	62,4	57,9	56,4	53,4	51,4
20,0	86,2	73,7	68,9	63,6	51,9	47,6	47,9	40,4	39,4	38,4
16,0	60,2	52,7	47,9	41,0	38,3	34,1	32,6	29,2	28,5	27,4
12,0	43,0	37,9	34,9	26,5	24,7	22,9	20,2	20,0	18,1	17,4
4,9	19,4	17,1	15,5	15,0	13,5	11,9	11,1	10,4	9,9	8,0
R	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
$(\varepsilon'_i - 1) : (\varepsilon'_k - 1) = W_i / W_k$										
1,14	1,21	1,19	1,23	1,27	1,15	1,18	1,18	1,10	1,22	1,19
1,17	1,26	1,22	1,16	1,09	1,23	1,20	1,20	1,15	1,15	1,18
1,20	1,30	1,34	1,31	1,33	1,30	1,31	1,21	1,40	1,36	1,34
1,25	1,43	1,40	1,44	1,55	1,36	1,40	1,47	1,38	1,38	1,40
1,33	1,40	1,39	1,37	1,55	1,55	1,50	1,61	1,46	1,57	1,57
R	0,9	0,9	0,8	0,8	1	1	1	0,9	0,9	0,8
P	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	<0,05	<0,05	<0,05	>0,05	>0,05	>0,05

Vahid həcmdə W_i və W_k uyğun olaraq su molekullarının miqdarını n_i və n_k ilə işarə etsək və eyni zamanda, $m_b = \xi_n$ (ξ_n – su molekulunun kütləsidir) olarsa onda yuxarıda göstərdiyimiz bərabərlik aşağıdakı formanı alır:

$$\frac{m_{bi}}{m_{bk}} = \frac{n_i}{n_k} \quad (3)$$

Bu bərabərliyin sağ tərəfini α polyarlaşma əmsalına vursaq və qəbul etsək ki, χ dielektrik qavrayıcılığıdır, onda $n_\alpha = \chi \varepsilon'_{n-1}$ halında

$$\frac{\varepsilon'_{bi} - 1}{\varepsilon'_{bk} - 1} = \frac{m_i}{m_k} \quad (4)$$

olur. Yuxarıdakı 1; 2 və 3 bərabərliklərini tutuşdursaq,

$$\frac{\varepsilon'_{bi} - 1}{\varepsilon'_{bk} - 1} = \frac{W_i}{W_k} \quad (5)$$

ifadəsini almış olarıq. Nəzərdən keçirdiyimiz yuxarıdakı ifadələri qəbul olunmuş (Берлиннер, 1973) Xippel düsturu ilə ifadə etsək, onda həmin düstura görə ε^v aşağıdakı şəkildə olur:

$$\varepsilon'^v = \varepsilon_q'^{V_q} \cdot \varepsilon_b'^{V_b} \cdot \varepsilon_T'^{V_T} \cdot \varepsilon_C'^{V_C} \cdot \varepsilon_N'^{V_N} \quad (6)$$

Burada ε'^v - nəmli torpaq sistemlərinin dielektrik nüfuzluğu; ε_q' ; ε_b' ; ε_T' - torpaqların bərk, maye və qaz halına uyğun dielektrik nüfuzluğu; ε_C' - təcrübə müddətində mümkün olan bütün polyarizasiya növlərinə uyğun adsorbsiya qatının dielektrik nüfuzluğu; ε_N' - məhlulda ionların məhdud halda hərəkətinə uyğun orta dielektrik nüfuzluğu; $V_q; V_b; V_T; V_C; V_N$ - göstərilən fazalara uyğun doymuş məhlulun həcmidir. Nəzəri cəhətdən (6) düsturundan istifadə edərək

$$\frac{\varepsilon'_i}{\varepsilon'_k} = \frac{\varepsilon_q'^{V_{qi}} \varepsilon_b'^{V_{bi}} \varepsilon_T'^{V_{Ti}} \varepsilon_C'^{V_{Ci}} \varepsilon_N'^{V_{Ni}}}{\varepsilon_q'^{V_{qk}} \varepsilon_b'^{V_{bk}} \varepsilon_T'^{V_{Tk}} \varepsilon_C'^{V_{Ck}} \varepsilon_N'^{V_{Nk}}} \quad (7)$$

yazmaq olar.

Ayındır ki, $\varepsilon_b'^{V_b} = \varepsilon_{bi}' \cdot \varepsilon_b'^{V_{bk}} = \varepsilon_{bk}'$ və $\varepsilon_q' = 1$.

Əgər qəbul etsək ki, torpaqda nəmlik həddi dəyişmişir, onda göstərilən ifadə belə olur:

$$V_{Ti} = V_{Tk}; V_{Ci} = V_{Ck} \quad (8)$$

Buradan

$$\frac{\varepsilon'_i}{\varepsilon'_k} = \frac{\varepsilon_{bi}' \cdot \varepsilon'^{V_{Ni}}}{\varepsilon_{bk}' \cdot \varepsilon'^{V_{Ni}}} \quad (9)$$

almış oluruq.

Nəzərə alsaq ki, yüksək tezlikli elektrik sahəsində $\varepsilon'_N \approx 1$, onda (9) aşağıdakı şəkildə düşür:

$$\frac{\varepsilon'_i}{\varepsilon'_k} = \frac{\varepsilon_{bi}'}{\varepsilon_{bk}'} \quad (10)$$

Bu ifadə ədədi qiymətcə vahiddən böyük olarsa, onu

$$\frac{\varepsilon'_i - 1}{\varepsilon'_k - 1} = \frac{\varepsilon_{bi}' - 1}{\varepsilon_{bk}' - 1} \quad (11)$$

şəkildə də yazmaq olar. Əvvəldə olduğu kimi, ifadələrdə yerdəyişmə aparsaq

$$\frac{\varepsilon'_i - 1}{\varepsilon'_k - 1} = \frac{W_i}{W_k} \quad (12)$$

ifadəsini almış olarıq. Bu ifadə də (1) ifadəsilə eynigüclü olduğunu göstərir. Həmin ifadənin təcrübi nəticələri cədvəldə göstərilmişdir. Buradan görünür ki, torpağın dielektrik nüfuzluğu ilə onun nəmliyi arasında xətti asılılıq mövcuddur. Əgər $\varepsilon'_N \approx 1$ və torpaqda nəmliyin paylanması adsorbsiya nəmliyi daxilindədirsə, bu halda (1) ifadəsi artıq elektrik sahəsi tezliyindən asılı olmur.

Aldığımız təcrübi nəticələrdən və təhlil etdiyimiz riyazi düsturdan aydın olur ki, elektrik sahəsinin yüksək tezlik intervalında tədqiq etdiyimiz torpaqların dielektrik nüfuzluğunda meydana çıxacaq polyarlaşmalar nəzərə alınmışdır. Ona görə də təklif olunur ki, kütləvi şəkildə istehsal olunacaq elektrikli nəmlik ölçən cihazların hazırlanmasında (12) ifadəsi nəzərə alınсын.

Onu da qeyd etmək lazımdır ki, alınan nəticələrdən torpaqların təsnifləşdirilməsinin də-

qiqləşdirilməsində, ərazinin meliorativ cəhətdən qiymətləndirilməsində, geokimyəvi göstəricilərin aydınlaşdırılmasında, elektrofiziki göstəricilərə uyğun torpaq xəritələrinin tərtibində istifadə oluna bilər.

ƏDƏBİYYAT

- БЕРЛИНЕР, М.А. 1973. Измерения влажности. Энергия. Москва. 400.
- ПОЗДНЯКОВ, А.И., ГЮЛАЛЫЕВ, Ч.Г. 2004. Электрофизические свойства некоторых почв. Москва-Баку. 240.
- ТРОИЦКИЙ, Н.Б., ГЮЛАЛЫЕВ, Ч.Г., ГЕРАЙЗАДЕ, А.П. 1983. Эквивалентная схема замещения в диэлектрических измерениях почв. *Изв. АН Азерб.ССР, серия биол. наук*, 6, 28-34.
- ТРОИЦКИЙ, Н.Б. 1974. Диэлектрические свойства и влажность почв. Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. тех. наук. Ленинград. 18.
- ТРОИЦКИЙ, Н.Б., ГЮЛАЛЫЕВ, Ч.Г., ГЕРАЙЗАДЕ, А.П. 1986. Зависимость диэлектрической проницаемости почв от влажности. *Доклады ВАСХНИЛ*, 7, 39-41.
- ЧЕРНЯК, Г.Я. 1964. Диэлектрические методы исследования влажности пород. Недра. Москва. 128.

Мəqaləyə Azərbaycan MEA müxbir üzvü P.Z.Məmmədov rəy vermişdir