

# AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

*Əlyazması hüququnda*

## **GEODİNAMİK PROSESLƏRİN TƏDQIQINDƏ ELEKTROMAQNİT MONİTORİNQİN SƏMƏRƏLİLİYİ**

**İxtisas:** 2507.01 – Geofizika, faydalı qazıntıların  
geofiziki axtarış üsulları

**Elm sahəsi:** Yer elmləri

**İddiaçı:** **Rəhman Həkim oğlu Piriyev**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün  
təqdim edilmiş dissertasiyanın

### **AVTOREFERATI**

**Bakı – 2022**

Dissertasiya işi SOCAR “Neftqazalmitədqiqatlayihə” İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbərlər: Geologiya-mineralogiya elmləri doktoru  
**Baba Manaf oğlu Qarayev**

Geologiya-mineralogiya elmləri namizədi, dosent  
**Etibar Seyfulla oğlu Novruzov**

Rəsmi opponətlər: Geologiya-mineralogiya elmləri doktoru  
**Tahir Yedigə oğlu Məmmədli**

Geologiya-mineralogiya elmləri namizədi, dosent  
**Təhminə Cəfərağa qızı Qarayeva**

Yer elmləri üzrə fəlsəfə doktoru  
**Elməddin Yaqub oğlu Abbasov**

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyinin Geologiya və Geofizika İnstitutu nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.01 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri:

AMEA-nın həqiqi üzvü, geologiya-  
mineralogiya elmləri doktoru, professor  
**Əkpər Əkpər oğlu Feyzullayev**

---

Dissertasiya şurasının elmi katibi:

Texnika elmləri namizədi, dosent  
**Dilquşa Ramzey qızı Mirzəyeva**

---

Elmi seminarın sədri:

AMEA-nın həqiqi üzvü, geologiya-  
mineralogiya elmləri doktoru, professor  
**Pərviz Ziya oğlu Məmmədov**

---

# **İŞİN ÜMUMİ SƏCİYYƏSİ**

## **Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi**

Müasir dövrümüzdə geodinamik gərginlik zonalarının tədqiqatı ilə bağlı aktual məsələlərdən biri həmin zonalarda geofiziki monitoring tədqiqatlarının aparılmasıdır. Seysmoaktiv, sürüşmə, uçqunlar və karstların inkişaf etdiyi dayanıqsız zonalarda inşa edilmiş müxtəlif obyektlərin təhlükəsizliyinin qorunması məqsədilə geofiziki monitoring tədqiqatlarının aparılması zərurəti ortaya çıxır. Əsasən real zaman rejimində litosferin və təbii mühitin tədqiqi məqsədilə aparılan monitoringlər, onların nəzəri və praktiki işləmələri Amerika, Çin, Yaponiya, Yunanıstan, Azərbaycan və digər ölkələrin alimləri tərəfindən aparılmış və hal-hazırda da onların metodikaları təkmilləşdirilməkdədir. Elektromaqnit (EM) və ya maqnitotellurik (MT) monitoring üsullarının nəzəri əsasları, onların praktiki tətbiqi, elmi zənginləşdirilməsi sahəsində xarici ölkə alimlərindən A.Tixonovun, Q.A.Sobolevin, B.S.Svetovun, D.A.Stanicanın, M.Hayakavanın, Y.A.Kopytenkonun, O.A.Molçanovun, Azərbaycan alimlərindən K.M.Kərimovun, E.S.Novruzovun, Ə.Ə.Abdullayevin və başqalarının böyük xidmətləri vardır. Bu alimlərin tədqiqatları əsasında təklif olunmuş monitoring üsulları texniki məsələlərin həllində mühüm rol oynayır. Bundan başqa, real zaman rejimi daxilində geodinamik aktiv zonaların praktiki olaraq öyrənilməsində müxtəlif xüsusiyyətə malik geoloji mühitdə aparılan tədqiqatlar zamanı həmin mühitlərlə əlaqədar kiçik amplituda malik geodinamik variasiyaların ayrılması zamanı müəyyən dərəcədə çətinliklər üzə çıxır. Bununla əlaqədar olaraq geodinamik zonalardan alınmış monitoring məlumatlarının emal olunmasında əsas qiymətləndirici amil olaraq geodinamik proseslərin modelləşdirilməsi və təhrif yaradıcı amillərin işlənməsinə diqqət yönəlməlidir.

Hal-hazırda təcrübədə tətbiq olunan monitoring üsulları və geodinamik gərginlik zonalarına nəzarət sistemləri xüsusən elmi tədqiqat işləri üçün nəzərdə tutulmuşdur. Məhz bu səbəbdən real zaman rejimində cari geodinamik proseslərin dəyişikliklərinin operativ emalını aparmaq və bununla əlaqədar tədbir görməkdə bir sıra çətinliklər yaranır. Deməli, geodinamik proseslərin EM monitoringinin elə bir sistemi yaradılmalıdır ki, aşağı tezlikli EM sahələrinin bütün xüsusiyyətlərini real zaman rejimində nəzərə alsın.

Zəlzələ katastrofik təbiət hadisələrindən biridir. Uzun illərdir ki,

tədqiqatçılar müxtəlif üsullarla bu geodinamik hadisənin tədqiqatını aparırlar. Son 100 il ərzində zəlzələlərin fəsadları nəticəsində ölənlərin sayı 2 milyonu aşmışdır. Bu səbəbən də zəlzələlərin tədqiqatı əsas məsələlərdən biridir. Ən dağıdıcı zəlzələlər baş verən ölkələrin içərisində ilk yerləri İran, Çin, Türkiyə, Yaponiya və Hindistan tutur.

EM monitoring üsullarından istifadə olunaraq zəlzələlərin proqnozlaşdırılması cəhdləri həm aktiv, həm də passiv rejimlərdə həyata keçirilir. Nisbətən əhəmiyyət kəsb edən monitoring nəticələri Çin Xalq Respublikasında əldə edilmişdir. Belə ki, orada Venera və Şlumberje şaquli elektrik zondlama qurğuları istifadə edilmişdir. Zəlzələ qabağı elektrik müqavimətinin kəskin dəyişikliyi aşkar edilmişdir. Yaponiyada elektrik müqavimətini fasiləsiz olaraq qeyd edən variometrlerin tətbiq olunması ilə laborator tədqiqatlar geniş inkişaf etmişdir. Yunanıstanda yerdə cərəyanlar yaradan elektrokinetik, elektro-kimyəvi və filtrasiya prosesləri elektrotellurik müşahidələrin əsas tədqiqat obyektinə olmuşdur. Keçmiş SSRİ məkanında proqnoz məsələlərin həllində istifadə olunan elektrik kəşfiyyatından çox zəngin təcrübə toplanmışdır. Buna baxmayaraq bu müddət ərzində biz zəlzələlərin elmi proqnozu məsələsinin həllinə yaxınlaşa bilməmişik. Bu bir sıra səbəblərdən, o cümlədən vahid proqnoz strategiyasının olmamasından asılı idi. Yer qabığına elektrik müqavimətinin dəyişməsinin ölçülməsinə əsaslanmış zəlzələ proqnozuna gəldikdə isə, yuxarıda göstərilən nümunələrdə müşahidə şəbəkəsinin, müxtəlif tədqiqatçıların istifadə etdikləri instrumental bazanın kifayət qədər inkişaf etməməsi ilə səciyyələnmişdir<sup>1</sup>. Zəlzələ qabağı EM hadisələri izləmək və onların arasında zəlzələ xəbərvericilərini aşkarlamağa cəhdlər göstərmək geodinamik proseslərin tədqiqat üsullarından biridir. Zəlzələ qabağı seysmik xəbərverici əlamətlər təkcə litosferdə deyil, atmosfer və ionosferdə də yaranır<sup>2</sup>. Bu sahədə çoxsaylı inandırıcı sübutlar mövcuddur. Hələ 2007-ci ildə Yaponiya alimi Masaşi Hayakava və Rusiya alimi Oleq Molçanov ən azı 3 səbəb göstər-

---

<sup>1</sup> Новрузов, Э.С., Пириев, Р.Х. Эффективность магнитотеллурического мониторинга при изучении геодинамических процессов // – Житикара: Горно-геологический журнал, – 2015. №3-4 (43-44), – с. 36-39.

<sup>2</sup> Hayakawa, M. “Recent Progress in Seismo Electromagnetics and Related Phenomena Special Issue” / M.Hayakawa, S.Pulinets, M.Parrot [et al.] (eds.) // Physics and Chemistry of the Earth, – 2006. 31 (4-9), – p. 129-495.

mişdir ki, bu cür tədqiqatların aparılması zəruridir. Bu səbəblərdən birincisi zəlzələ qabağı maraqlı müşahidə faktlarının aşkarlanması (UAT emissiyası), ikincisi seysmikliklə müşayiət olunan EM və digər effektlərin tədqiqatını aparan 2 nəhəng proyeksi (RIKEN və NASDA UAT müşahidə şəbəkələri) əhatə etdiyi və ən azı qısa müddətli proqnozunu tədqiq edən Yaponiya hökuməti tərəfindən qurulmuş xüsusi tədqiqat proqramları və nəhayət üçüncüsü isə zəlzələlərlə əlaqəli EM effektlərin tədqiqatı məqsədilə Fransada yaradılmış DEMETER süni peykinin həyata keçirilməsidir. Qeyd etmək lazımdır ki, son 20 ildə zəlzələlərin EM xəbərvericilərinin aşkarlanması nöqteyi nəzərdən proqnozlaşdırılması cəhdlərində vacib nəticələr əldə edilmişdir<sup>3</sup>. Göstərilən bu tədqiqatlardan alınmış nəticələr təhlil edilərək dissertasiyada öz əksini tapmışdır. Bundan başqa dissertasiyada geodinamik hadisələrdən qabaq EM sahəsində baş verən xəbərvericilər hesab olunan anomal dəyişikliklər tədqiq olunaraq onların bu hadisələrin öyrənilməsində perspektivliyi işıqlandırılıb və yeni nəticələr təqdim olunub. Qeyd olunanlara əlavə olaraq Azərbaycan geofiziklərinin aldıkları patentlər əsasında qurulmuş MTS-MTM proqram təminatı real zaman rejimində geodinamik gərginlik zonalarda monitorinq apararaq yerin təbii EM sahəsinin maqnit və elektrik təşkilədicilərinin xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi vasitəsilə 2-3 gün əvvəlcədən zəlzələlərin proqnozunu vermək cəhdlərində alınan nəticələrin mühitin admitans səciyyəsinin tədqiqi baxımından araşdırılması xüsusi maraq kəsb edir. Bununla da, dissertasiya işini aktual hesab etmək olar.

### **Tədqiqatın obyektı və predmeti**

Tədqiqatın obyektı geodinamik proseslərin təsirindən EM dalğalarının ultra aşağı tezlik (UAT) və aşağı tezlik (AT) diapazonlarında dəyişməsi qanunauyğunluqlarının öyrənilməsidir.

Tədqiqatın predmeti geodinamik zonalara nəzarətlə əlaqədar üsullar, alqoritmlər və proqramlardır.

### **Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri**

Tədqiqatın məqsədi geodinamik proseslərin MT sahələrə təsirindən alınan nəticələrin analizi və adaptiv emal proseduru ilə EM monitorinq prosesinin öyrənilməsidir.

---

<sup>3</sup> Hayakawa, M. Earthquake prediction with electromagnetic phenomena // AIP Conference Proceedings, – 01 February, – 2016.

Tədqiqatın vəzifələri aşağıdakılardır:

1. Real zaman rejimində emal sistemləri əsasında aparılmış tədqiqatların xüsusiyyətlərinin araşdırılması
2. Geodinamik zonalara nəzarət əsasında əldə edilmiş EM məlumatlarının formalaşdırılması və onların tətbiq olunması
3. Adaptiv emal üsulunun tətbiqində mühitin admitans xüsusiyyətlərinin işlənməsi.
4. Geodinamik gərginlik zonalalarının EM sahəsində təzahürünün Azərbaycan və xarici ölkələr üzrə təhlili

### **Tədqiqat metodları**

Qarşıya qoyulmuş məsələlərin həlli spektral-zaman analizi, ən kiçik kvadratlar üsulunun iterasiya variantının tətbiq olunması ilə aparılmışdır.

### **Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar**

1. Geodinamik gərginlik zonalalarına nəzarəti təmin edən xüsusi sistem və program təminatına daxil edilən mühitin admitans səciyyə-sindən istifadə etməklə alınmış təhlilin nəticələri;
2. UAT diapazonunda geomaqnit sahəsi variasiyalarının analizi və anomal səciyyəli siqnalların aşkarlanması metodikası.

### **Tədqiqatın elmi yenilikləri**

- Geoloji mühitin dinamik dəyişikliyi şərti daxilində həmin zonalarda bununla əlaqədar baş verən geodinamik proseslərin UAT və AT diapazonunda EM dalğalarının xüsusiyyətləri ilə monitoring məlumatlarının əldə edilməsi, onların emal olunması və tətbiqi metodlarına əsasən geodinamik proseslərlə əlaqəli anomal siqnalların  $\pm 100$  km episentral məsafədə aşkarlanması mümkündür.

- Real zaman rejimində geodinamik gərginlik zonalalarında EM siqnalları üzrə zəlzələlərin proqnozu cəhdlərinə əsasən EM monitoring baxımından əsas çətinlik EM xəbərvericilərin zəlzələlərdən əvvəl müxtəlif vaxtlarda peyda olmasına baxmayaraq anomal səciyyəli EM xəbərverici siqnallar  $M > 6$  olan bütün zəlzələlərdən əvvəl müşahidə edilmişdir.

- Mühitin admitans parametrinin öyrənilməsi əsasında adaptiv emal sisteminin yaradılması və tətbiqi metodikasının işlənməsinə əsasən mühitin admitans səciyyəsinin fasiləsiz olaraq öyrənilməsi və zaman intervalında impuls keçid xüsusiyyətlərinin hər bir diskret an

üçün hesablanması zəlzələlərlə əlaqədar gərginlik zonalarının ayrılmasına imkan yaradar.

- Azərbaycanda və dünyanın müxtəlif ölkələrində aparılmış EM monitorinq tədqiqatlarının nəticələri ümumiləşdirilmiş və məlum olmuşdur ki, Azərbaycan geofizikləri tərəfindən aparılmış MT tədqiqatlarda 6-106 saat zaman intervalı zəlzələlərin proqnozlaşdırılması intervalını təşkil etmiş, digər ölkələrin tədqiqatlarında isə EM xəbərvericilər zəlzələlərdən ən tezi bir neçə saat, ən gec isə bir neçə ay əvvəl üzə çıxmışdır.

### **Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti**

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti aşağıdakılardır:

- xüsusi sistem və proqram dəstinin tətbiqi ilə geodinamik gərginlik zonalarının nəzarətinin təmin edilməsi;

- EM monitorinqlə UAT diapazonunda geomaqnit sahəsinin variasiyalarının analizində anomaliyaların aşkarlanması.

### **Aprobasiyası və tətbiqi**

Dissertasiyanın başlıca elmi nəticələri və müdafiə olunan əsas müddəalar bir sıra respublika və beynəlxalq səviyyəli elmi konfranslarda, o cümlədən: Azərbaycan xalqının ümummilli lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 89-cu, 93-cü, 94-cü ildönümünə həsr olunmuş “Geologiyanın aktual problemləri” mövzusunda Respublika Elmi Konfransında (Bakı, 2012, 2016, 2017), “Mürəkkəb quruluşlu neftli-qazlı regionların öyrənilməsində geofiziki tədqiqatların kompleksləşdirilməsi” mövzusunda keçirilmiş IX Azərbaycan Beynəlxalq Geofizika Konfransında (Bakı, 2015), Azərbaycanın işğaldan azad edilmiş ərazilərinin faydalı qazıntılarına həsr olunmuş “Geologiya: problemlər, perspektivlər” mövzusunda Respublika Elmi Konfransında (Bakı, 2020) və “XXI əsrdə elmi tədqiqatlar” mövzusunda keçirilmiş 8-ci Beynəlxalq Elmi-Praktiki konfransda (Ottava, 2021) müzakirə edilmişdir.

Dissertasiyanın məzmunu 14 elmi əsərdə (8 elmi məqalədə, 4 Respublika və 2 Beynəlxalq konfrans materiallarında) öz əksini tapmışdır.

### **Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı**

SOCAR Neftqazəlmütədqiqatlayihə İnstitutu

## **Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi**

Dissertasiya 175 səhifə (229105 simvol) həcmində - girişdən (9728 simvol), 6 fəsildən (I fəsil-30913 simvol, II fəsil-25014 simvol, III fəsil-31443 simvol, IV fəsil-17767 simvol, V fəsil-14964 simvol, VI fəsil-56586 simvol), nəticələrdən (1577 simvol), 209 adda ədəbiyyat siyahısından, əlavədən, ixtisarlara və şərti işarələrdən ibarətdir. Dissertasiyada 20 şəkil, 29 qrafik, 12 cədvəl təqdim olunub.

### **İŞİN QISA MƏZMUNU**

**Giriş** hissəsində geniş şəkildə mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi verilmiş, tədqiqatın obyektini və predmetini, məqsəd və vəzifələri, tədqiqat metodları, müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar əks etdirilməklə yanaşı tədqiqatın elmi yenilikləri və praktiki əhəmiyyəti əsaslandırılmışdır.

**Birinci fəsil**də süxurların deformasiya mexanizminin təcrübi tədqiqi nəticələrinin analizi yer alır. Süxurların deformasiyasının fiziki xassələrə təsirinin təcrübi tədqiqi ilə bağlı tədqiqatlarda *Yer qabığının deformasiyası* prosesinə xəbərverici kimi nəzərdən keçirib bəzi araşdırmalar edilmişdir. Yer səthinin relyefinin anomal dəyişməsinin müşahidə olunması araşdırılan tədqiqatlar nəzərdən keçirilmişdir<sup>4</sup>. Geoloji mühitdə baş verən dağıntılar həmişə EM sahəsinin şüalanması ilə nəticələnir. Belə şüalanmanın xüsusiyyəti adətən iki istiqamətdə - süxurların daxilində çat əmələ gəlmə prosesinin aktivləşməsi və qırışıq əmələ gəlmə prosesində yaranan hərəkətin nəticəsi kimi araşdırılır. Lakin mexaniki enerjinin EM enerjisinə çevrilmə mexanizminin təbiəti lazımı səviyyədə aydın olmadığı üçün hələ də alimlərin mübahisəsinə səbəb olur. Məqsəd yaxın və uzaq zonada EM dalğaların yayılma səbəbini aydınlaşdırmaqdır. Müəyyən olunmuşdur ki, obyektin dərinliyi nə qədər azdırsa, alınan lokal anomaliyanın intensivliyi daha güclü olur. EM dalğalarının yayılmasının tektonik pozulma-qırıl-

---

<sup>4</sup> Пириев, Р.Х. Результаты экспериментальных исследований влияния деформации пород на их физические характеристики // – Тверь: Каротажник, – 2018. № 3, – с. 34-39.



ma zonasının eninə uyğun olması şərti daxilində Yer səthinə çıxma mexanizmi tədqiqat probleminin daha çətin olduğuna dəlalət edir, çünki həmin dalğaların nəm süxurlardan keçmə mexanizmi aydın deyildir. İmpuls siqnallarının uzağa yayılmasını izah etmət üçün fiziki mühitlərdə elektrodinamikanın klassik nəzəriyyəsini əsas götürə bilərik. Elektrik kəşfiyyatının dəyişən cərəyan üsullarının əksəriyyəti *aşağı tezlik pəncərəsi* diapazonundan istifadə etməklə tətbiq edilir. Çünki təsiretmə məsafəsinin artması *yüksək tezlik pəncərəsinin* yüksək tezliklər oblastına tərəf sürətlə sürüşməsinə səbəb olur, yəni radiotezlik diapazonunun yuxarı sərhəddinə doğru sürüşmə baş verir. Bu sərhəddən sonra infraqırmızı spektr yerləşir. Bu onu göstərir ki, təsiretmə məsafəsinin çox böyük qiymətlərində *yüksək tezlik pəncərəsi* artıq realizə olunmur. EM sahəsinin impulsu belə uzaqlaşmada geoloji mühit tərəfindən tam udulur<sup>5</sup>. Bu fəsilə yuxarıda qeyd olunanlardan başqa geofiziki sahələrin öyrənilməsində geodinamik amillərin nəzərə alınması, real zaman rejimində gərginlik-deformasiya şəraitinin təhlili həyata keçirilmişdir. Məlum olmuşdur ki, geofiziki sahələr öyrənilən zaman seysmogeodinamik şəraitin nəzərə alınması zəruri amillərdən biridir<sup>6</sup>.

**İkinci fəsilə** geodinamik aktiv zonalarda aparılmış EM monitorinqin aparılma üsulları yer alır. Geodinamik proseslərin EM monitorinq tədqiqatları bir-birindən fərqlənən iki fiziki proses – tektonik proseslərin təsirindən geoloji mühitin EM xüsusiyyətlərinin dəyişməsi və zəlzələlərin baş vermə ərafəsində mexanoelektrik enerjinin bilavasitə EM enerjiyə çevrilməsi əsasında aparılması mümkündür. Geodinamik proseslərin hazırlıq dövrü aktiv çat əmələgəlmə prosesləri ilə müşayiət olunur, süxurların məsaməliliyinin kəskin dəyişməsi ilə əlaqədar onları doyduran su məhlullarının paylanması nəticəsində tektonik proseslərlə əhatə olunmuş süxurların xüsusi elektrik müqavimətini dəyişdirir. Xüsusi elektrik müqavimətinin nisbi qiyməti

---

<sup>5</sup> Шуман, В.Н., Причепный, Т.И. Оптимальные режимы электромагнитных зондирующих систем с контролируемым возбуждением поля в изотропных средах с дисперсией // – Киев: Геофизический журнал, – 2004. № 4, – с. 55-62.

<sup>6</sup> Kərimov, K.M. Cənubi Xəzər meqaçökəkliyinin dərinlik quruluşu və neftlilik-qazlılığı. Əlavə vəsait. / K.M.Kərimov, H.Ö.Vəliyev – Bakı: Elm, – 2003. – 250 s.

onun strukturundan, su ilə doyumluluq dərəcəsiindən asılıdır. Dəyişikliklər geodinamik proseslərin təsiri ilə müşayiət olunan fiziki-kimyəvi şəraitdə həmin süxurların dehidratlaşmasına səbəb olur, su məhlullarının buxarlanması baş verir. Bu cür fiziki-kimyəvi proseslər həm elektrik keçiriciliyinin qiymətini, həm də cisimlərin qütbləşməsini dəyişdirir<sup>7</sup>.

AT diapazonunda təbii EM (MT) sahələrinin fəsiləsiz müşahidələri ilə eyni vaxtda geoelektrik kəsilişlərin zaman ərzində dəyişmə xüsusiyyətlərini və daxili proseslərlə əlaqədar EM monitorinqin aparılmasını öyrənmək mümkündür. Qeyd olunan diapazonda daxili geoloji proseslərin təsirindən yaranan elastiki sahə ilə EM sahəsi arasında xətti asılılığın mövcudluğunu təsvir etmək mümkündür. Bundan başqa, EM monitorinq tədqiqatlarında bilavasitə AT diapazonunda geodinamik proseslərin öyrənilməsi baxımından 10-20 km dərinliklərdə yerin geoelektrik strukturu, o cümlədən dağ süxurlarının EM xüsusiyyətlərində dəyişikliklər əks olunur. EM monitorinqin aparılma üsulları timsalında Tyan Şan seysmoaktiv zonada, Kamçatka, Kola, İzu yarımadaalarında, Quam və Tayvan adasında UAT və AT diapazonunda müxtəlif dövrlərdə müxtəlif tədqiqatçılar tərəfindən aparılmış tədqiqatlar nəzərdən keçirilmişdir<sup>8</sup>.

**III fəsilə** real zaman rejimində zəlzələlərin proqnozlaşdırılmasının xüsusiyyətləri yer alır. Geofiziki monitorinq müşahidələrində ehtizazi spektrlərin dəyişməsinin analizi müəyyən dərəcədə marağa səbəb olmuşdur. Belə ki, geofiziki tədqiqatların xüsusiyyətlərini dəqiqədən saatadək olan zaman intervalında spektrin AT diapazonuna olan marağı nəzərə alaraq spektral analizin ənənəvi üsullarından imtina edilmişdir. Spektral-zaman analizində verilənlər sırası üçün darzolaqlı adaptiv süzgəcləmənin köməyi ilə harmonik tərkib hissələrinin ayrılması üsulu yerinə yetirilmişdir. Bu üsulun üstünlüyü buraxma zolağının dəyişdirmə xüsusiyyətinin sadəliyindən, digər

---

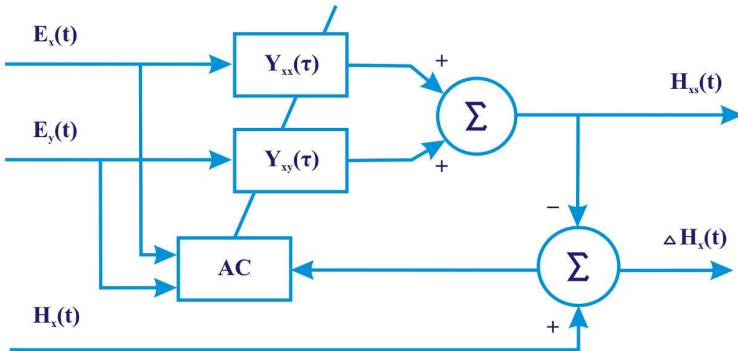
<sup>7</sup> Gershenzon, N., Bambakidis, G. Modelling of seismo-electromagnetic phenomena // Russian Journal of Earth Sciences, – 2001, – vol. 3, No 4, – p. 247-275.

<sup>8</sup> Piriye, R.H. Analysis of electromagnetic monitoring in geodynamic active areas // International Journal of Earth Science and Geophysics, Research article: Open Access, – 2018, 4:021.

harmonik tərkib hissələrin praktiki olaraq dəf olunmasından və tezliyün düzgün şəkildə izlənilməsindən ibarətdir.

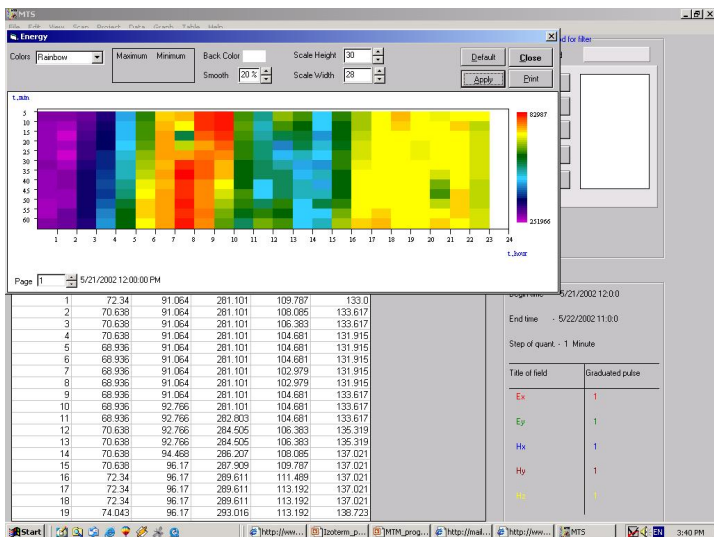
Geoelektrik kəsilişi əks etdirən MT sahənin təşkilediciləri arasında sahə və qalığ sahə geodinamik mənşəli EM sahəni müəyyən edir. Belə sahələrin zamandan asılı yaranan variasiyaları bizi geodinamik proseslər barədə məlumatlarla təmin edir. Belə ki, fasiləsiz olaraq həyata keçirilən MT monitorinqlər geniş miqyasda aparıldıqdan sonra alınmış nəticələr həmin monitorinqin informativlik dərəcəsinə əks etdirir. Fasiləsiz monitorinq işləri aparılarkən məlumatların bilavasitə zaman oblastında emalı, interpretasiyası ardıcıl yanaşma üsulu ilə məlumatların emalını həll etməyə imkan verir. MT sahənin transformasiya funksiyası geoelektrik kəsilişin və ionosferdə baş verən elektrik cərəyanları səbəbindən dəyişikliyə uğraya bilər. Maqnit sahəsinə nəzərən elektrik sahəsi geoloji mühitin xüsusiyyətlərindən asılı olaraq daha aydın dəyişikliyə məruz qalırlar. Deməli mühitin impedans xüsusiyyətindən yox, onun admitans xüsusiyyətindən istifadə etmək daha məqsədə uyğundur.

Xətti cəbri tənliklər sisteminin iterasion həlli üsulları EM üsullarına daha yaxşı uyğun gəlir. Onların məlumatların əvəz olunma üsulları vasitəsilə emal edilməsində istifadəsi mümkündür.



**Şəkil 1. Uidrou-Hoffun<sup>9</sup> təbii elektromaqnit sahəsi vektorlarının admitans yanaşması ilə xəttilik xüsusiyyətlərinə görə zaman sıralarının emal alqoritminin səciyyəsi**

<sup>9</sup> Widrow, B., Stearns, S.D. Adaptive Signal Processing // – New Jersey: Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, 07632, – 1985.



**Şəkil 2. MTM proqramının enerjinin hesablanması bloku**

Məlumatların emalı üçün seçilmiş alqoritm yuxarıdakı Şəkil 1 vasitəsilə təqdim etmək müvafiqdir. Reala yaxın (kvazireal) zamanda məlumatların emalı proqram paketi 2002-ci ildə E.S.Novruzov tərəfindən hazırlanmışdır. Həmin proqram dəstinin enerjinin yuxarıda göstərilən alqoritmlə hesablanması Şəkil 2-də verilmişdir. Beləliklə, mühitin admitans səciyyəsinin fasiləsiz olaraq öyrənilməsi və zaman oblastında impuls keçid xüsusiyyətlərinin hər bir diskret an üçün hesablanması ilə MT sahəsinin emal prosesi əsasında impedansın hesablanması, həm də geodinamik proseslərin EM sahələrinə təsiri ilə zəlzələlərlə əlaqədar gərginlik zonalarının ayrılmasına imkan verir<sup>10</sup>.

**IV fəsil**də geofiziki monitoring müşahidələrlə zəlzələlərin proqnozlaşdırılmasının tektonik əsasları yer alır. Məlumdur ki, yer qabığı litosferin bir hissəsidir və mantiyadan yuxarıda yerin bərk örtüyü hesab edilir. Litosfer isə özündə yer qabığı və onunla Moxoroviçiş sərhəddi ilə ayrılmış mantiyanın üst hissəsini təşkil edir. Bu təbə-

<sup>10</sup> Novruzov, E.S., Piriye, R.H. Maqnitotellurik monitoringlə geodinamik proseslərin öyrənilməsinə dair // – Bakı: Azərbaycanda geofizika yenilikləri, – 2015. №1-2, – s. 21-23.

qə əlaqələndirici təbəqə sayılır və onun qalınlığı müəyyən deyildir. Güman edilir ki, litosferin qalınlığı materik qabıqda 150-200 km-ə kimi, okean qabıqda isə 90 km-ə kimidir. Litosfer 12 iri və bir neçə kiçik plitələrə parçalanmışdır. Astenosfer qatı litosferdən aşağıda 50-200 km dərinlikdə yerləşən əridilmiş örtükdür. Burada əridilmiş sözü öna görə işlədilib ki, astenosfer qatının tərkibi elmə tam məlum deyil, sadəcə olaraq ərinti halında olması guman edilir. Çünki, astenosfer qatının tərkibinin təhlil edilməsi üçün nümunəyə ehtiyac vardır ki, bu da hələ ki yoxdur. Məhz bu səbəbdən elmin müasir dövründə maqmanın əridilmiş formada hansı süxurlardan ibarət olmasını təsdiqləyən təcrübi sübutlar yoxdur. Amma yenə də, astenosfer qatını şərti olaraq maqmatik fəza olaraq qəbul edilir. Müasir elm, eyni vaxtda mantiyada və nüvənin üst hissəsində mövcud olan iki növ – kimyəvi və istilik konveksiya axımının olduğunu göstərir. Mantiyada mövcud olan müxtəlif tərkibli maddələrin kəskin sıxlıqlar fərqi kimyəvi, temperatur fərqi istilik konveksiyasının hərəkətverici qüvvəsidir. Bu model, Yer daxili enerjisi ilə müəyyən olunan dünyanın elm adamları tərəfindən qəbul olunmuş nəzəriyyə əsasında təbii tektonik prosesləri izah edir. Bu litosfer plitələrin sərhədlərində bir-birilə əlaqəsi olmayan hərəkətlər nəticəsində yaranmış deformasiya qüvvələri baş vermiş bütün zəlzələlərin səbəbi olur. Bu, müasir elm səviyyəsində zəlzələnin baş vermə səbəblərinin əsas postulatıdır, yəni sübutsuz qəbul olunmuş yeganə müddədir. Lakin bu nəzəriyyə hərəkətedici qüvvələrin yaranması təbiətinə tam cavab vermir. Çünki litosfer plitələrin hərəkətinə səbəb olan *kim* və ya *nə* cavabsız qalır.

Litosfer plitələr tektonikası nəzəriyyəsinin əsas sahələrindən biri geodinamik şəraitin analiz olunması və bu şəraitin dəyişməsinə monitoring nəzarətidir. Son vaxtlar xüsusi peyklər vasitəsilə monitoring aparılır, lakin zəlzələ proqnozu sahəsində əldə olunmuş nailiyyətlər çox azdır. Buna əsas səbəb bu və ya digər geodinamik şəraitdə eyni vaxtda tam oxşar tektonik, maqmatik, seysmik və geokimyəvi proseslərin baş verməsidir.

**V fəsil**də Azərbaycanda real zaman rejimində aparılmış maqnitotellurik monitoringin tətbiqinin səciyyəsi yer alır. EM monitoringlə geodinamik prosesləri öyrənmək məqsədilə və adaptiv süzgüləmənin məqsədli funksiyasını təyin etmək üçün real zaman rejimində ən

kiçik kvadratlar üsulunun tətbiqinə əsaslanan Uidrou-Hoff iterasiya metodu seçilmişdir. MT sahənin keçiricilik funksiyaları həm geoelektrik kəsilişin, həm də ionosferin elektrik cərəyanlarının dəyişməsi təsiri ilə dəyişir. Bundan əlavə, MT sahə təşkilədiciləri daxili qeyri-elektromaqnit təbiətə malik, lakin EM sahəsi yarada bilən geodinamik sahə təşkilədiciləri ilə mürəkkəbləşir. Gələcəkdə baş verə biləcək zəlzələ ocağı ilə əlaqədar EM sahəsində həyəcanlanmalar baş verir. Bu məsələlərə aydınlıq gətirmək cəhdlərinə, eləcə də Azərbaycanda aparılmış zəlzələ xəbərvericilərinin aşkarlanmasına yönəlmiş tədqiqatlar nəzərdən keçirilmişdir. E.S.Novruzov tərəfindən tərtib edilmiş MTS-MTM proqram təminatında həyata keçirilmiş, tədqiqatlar zamanı MT sahəsinin analog laborator tipli MTL-71 stansiyası vasitəsilə əldə edilmiş yazılar kompyutərə ötürülmüş, emal edilmiş, alınan nəticələri Qrafik 1-də görə bilərik. Qrafik 2-də verilmiş günlük-günəş variasiyalarının təsirini çıxardıqdan sonra Zəncan (İran) zəlzələsindən olan effekt aydın şəkildə görünür<sup>11</sup>.

1997-2002-ci illər ərzində Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının müxbir üzvü, professor Kərim Kərimovun rəhbərliyi altında Geofizika və Mühəndis geologiyası İstehsalat Birliyi tərəfindən zəlzələ xəbərvericilərinin öyrənilməsi məqsədi ilə Yerin təbii EM sahəsinin monitorinqi aparılmış və mühüm nəticələr əldə edilmişdir. Belə ki, həmin illərdə Q.B.Ağaqlıyev və K.M.Kərimovun apardıqları tədqiqatlar göstərmişdir ki, MT sahənin dövrlüyünün dəyişmə vaxtını xarakterizə edən andan başlayaraq maqnit sahəsinin gərginlik vektorlarının zaman ərzində dəyişmə hodoqrafları gələcək zəlzələ ocağına doğru istiqamətlənir. E.S.Novruzov isə tədqiqatları nəticəsində müəyyən etmişdir ki, geodinamik gərginliyin baş verdiyi an və sonradan zəlzələ ilə nəticələnmə biləcək zona istiqamətində yayılan EM sahəsinin maqnit təşkilədicilərinin yayılma sürətinin təcili dəyişir, dalğaların bu prosesdən əvvəl müşahidə olunan koherentliyi pozulur. 2000-2003-cü illərdə K.M.Kərimov, E.S.Novruzov, Q.B.Ağaqlıyev, Ə.Ə.Abdullayev və K.Q.Məmmədhasənov Fatmayı geodinamik poli-

---

<sup>11</sup> Новрузов, Э.С., Пириев, Р.Х. Эффективность магнитотеллурического мониторинга при изучении геодинамических процессов // – Житикара: Горно-геологический журнал, – 2015. №3-4 (43-44), – с. 36-39.

qonunda aparılmış EM monitorinqin nəticələrini araşdırarkən belə qənaətə gəlmişdilər ki, dalğaların dövrliyünün pozulması geodinamik gərginlik zonaları ilə bağlı yaranan dalğalarla həmin dərinlikdən əks olunan və qeyri-bircinsliklərlə bağlı kosmik təbiətli EM dalğaların superpozisiyası nəticəsində baş verir.

Yekun olaraq onu bildirmək olar ki, 1999-2002-ci illər ərzində Fatmayı poliqonunda EM sahəsinin elektrik ( $E_x$ ,  $E_y$ ) və maqnit ( $H_x$ ,  $H_y$  və  $H_z$ ) təşkeildicilərinin fasiləsiz olaraq qeydiyyatı aparılmış, alınan nəticələrin geodinamik gərginlik zonalarında zəlzələdən qabaq, zəlzələ baş verdiyi anda və zəlzələdən sonra həmin təşkeildicilərin xüsusiyyətlərinin dəyişmə qanunauyğunluqları araşdırılmışdır (Qrafik 1). K.M.Kərimovun və Q.B.Ağaquliyevin tədqiqatlarına görə maqnit maqnit vektorlarının hodoqrafı zəlzələnin hazırlıq dövründə ocağa doğru yönələrək periodikliyi pozulmuş (Qrafik 1 və Qrafik 3), yalnız ocaqdan gələn EM dalğalarının dövrüyü  $180^\circ$  fırlanmışdır<sup>12,13</sup>.

Tədqiqatlar aparılarkən maqnit təşkeildicilərinin ( $H_x$  və  $H_y$ ) qiymətlərində zəlzələlərlə bağlı anomal dəyişikliklər 6-106 saat zaman intervalında baş vermişdir. Beləliklə, qrafiklərdən görüldüyü kimi MT sahənin variasiyalarının analizi insan həyatının geodinamik hadisələrin fəsadlarından qorunmaq məqsədilə zəlzələlərin proqnozlaşdırılmasına imkan yaradır.

Hal-hazırda Azərbaycan ərazisində seysmikliyin öyrənilməsi istiqamətində maqnitometrik, qravimetrik, geokimyəvi, seysmoproqnostik tədqiqatlar aparılır. Bu tədqiqatların içərisində maqnitometrik tədqiqatlar xüsusi diqqət cəlb edir. Belə ki, seysmoaktiv ərazilərdə güclü zəlzələlərin təsirindən geomaqnit effektin anomal dəyişmələrlə müşahidə olunduğu tədqiqatlar məlumdur<sup>14,15</sup>.

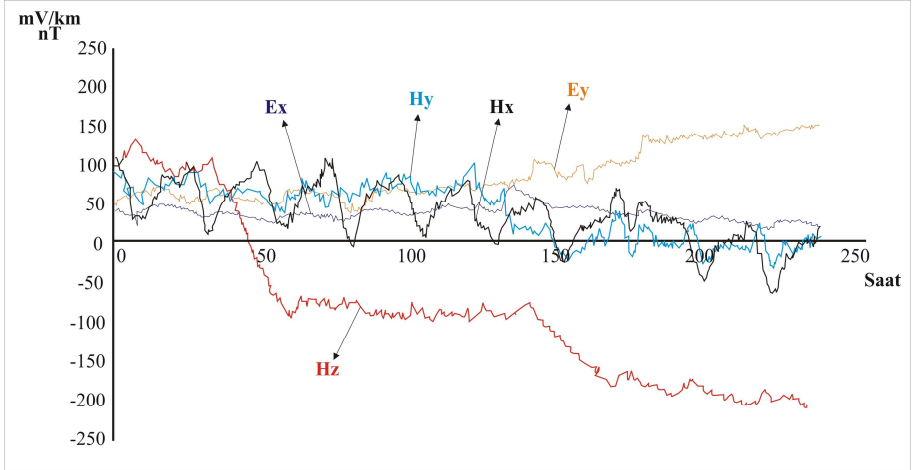
---

<sup>12</sup> Kerimov, K.M., Ağaquliyev, G.B. Storm-Term earthquake forecasting potential based on electromagnetic data // Geophysical news in Azerbaijan, – 2005, No2, – p. 5-8.

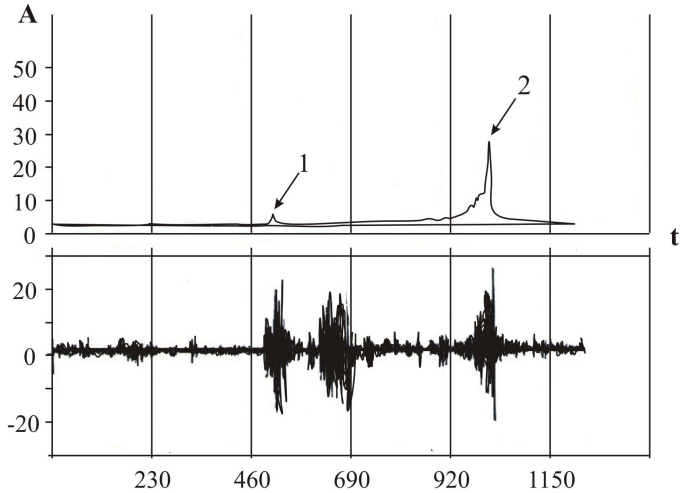
<sup>13</sup> Kerimov, K.M., Novruzov, E.S., Veliyov, H.O., Suleymanov, G.S. Earthquake forecasting method. Eurasian patent #007086, EAPO, EAPV-#14007087-14. 12.07.2006.

<sup>14</sup> Етирмишли, Г.С. Ощутимые землетрясения Азербайджана за период 2003-2018 гг. – Баку: ЭЛМ, – 2020. – 415 с.

<sup>15</sup> Rzayev, A. Features of geomagnetic effects of seismodynamic changes in the territory of Azerbaijan / A.Rzayev, H.Veliyev, A.Sultanova [et al.] // Seismoprognosis observations in the territory of Azerbaijan, – 2021. 19, – p.25-36.

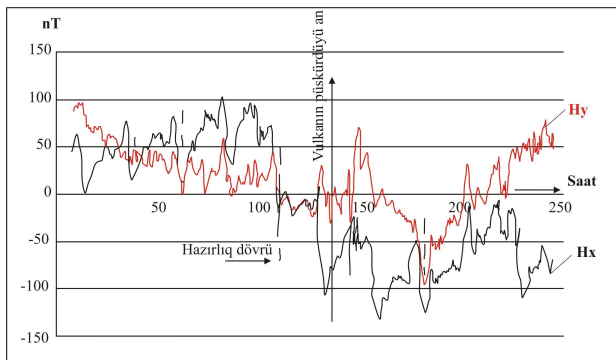


**Qrafik 1. Zəncan (İran) zəlzələsindən əvvəl və sonra qeyd olunmuş maqnitotellurik sahənin səciyyəsi (A.A.Abdullayev, Q.B.Ağaqliyev, K.M.Kərimov, K.Q.Məmmədhasənova görə)**



**Qrafik 2. Günlük-Günəş variasiyalarının təsirini nəzərə aldıqdan sonra Zəncan (İran) zəlzələsinin maqnitotellurik sahədə təzahürü: 1-zəlzələnin hazırlıq vaxtı; 2-zəlzələnin baş vermə vaxtı (E.S.Novruzova görə)**





**Qrafik 3. Keyrəki vulkanının püskürmə ərafəsində maqnitotellurik sahənin dəyişmə qrafikləri (K.M.Kərimova və Q.B.Ağaqlıyevə görə)**

Geomagnetik effektin anomal dəyişmələrinə dair toplanmış xarakterik əlamətlər zəlzələlərin xəbərverici amili kimi dünyanın geodinamik poliqlonlarında müasir maqnitometrik cihazlarla mütəmadi olaraq öyrənilir. Ümumiyyətlə, yerin daxilində baş verən zəlzələlər və digər endogen proseslərin təsirindən, eləcə də ionosferdə yaranan kəskin dəyişikliklər səbəbindən maqnit sahəsinin dəyişmələri müşahidə olunur. Zəlzələ ocaqlarında baş verən proseslərin təsirindən yaranan maqnit sahəsində dəyişmələr zaman-məkan etibarı ilə zəlzələnin xəbərverici amili kimi qiymətləndirilir. Lakin uzun illər ərzində aparılmış tədqiqatların nəticələrində qəbul olunmuş bu qanunauyğunluqlar real geoloji mühitdə qismən özünü doğrultmuşdur. Belə nəzəriyyə demək olar ki, Respublikada baş vermiş bütün zəlzələlərə şamil olunmur.

**VI fəsil** zəlzələ qabağı müşahidələr və onların zəlzələ proqnozunda tətbiqinin nəticələrinin müqayisəli təhlilini əhatə edir. Çoxsaylı insan tələfatına və ciddi iqtisadi ziyanə səbəb olan son illərdə baş vermiş zəlzələlər daha dəqiq desək güclü zəlzələlər müasir dövrdə də qarşısını almaz olmuşdur. Hazırkı dövrə qədər zəlzələ baş verməmişdən qabaq yəni onun hazırlıq dövründə baş verən proseslərin araşdırılması sahəsində alınmış nailiyyətlər və artan sivilizasiyanın gücü təbiətin gücü qarşısında aciz qalır. Təbii ki, bir sıra regionlarda uzunmüddətli və fasiləsiz işləyən monitoring sistemləri yaradılsa da, proqnoz məsələsi tam şəkildə həll edilməmiş olaraq qalır. Lakin bu sahədə irəliləyişlər də az deyildir.

Zəlzələ qabağı yer qabığında baş verən anomal hadisələri mü-

şahidə etmək və onları interpretasiya etmək istiqamətində çoxsaylı tədqiqatlar aparılmışdır. 2000-ci ilin iyul-avqust aylarında Yaponiyada baş verəcək böyük maqnituda malik zəlzələlərdən 2 ay əvvəl anomal EM siqnalları aşkar edilmişdir<sup>16</sup>. Müşahidə olunmuş bu siqnallar Yunan alimlərinin (Panayiotis Varotsos, Kessar Alexopoulos və Konstantine Nomicosun) bir gün zəlzələlərin proqnozlaşdırılmasında istifadə oluna biləcəyini göstərən mübahisəli sayılan bir sıra elmi tədqiqatlarını dəstəkləyir. Geofiziklər uzun illərdir ki, mürəkkəb gərginlik şəraitində süxurların yaydığı EM siqnalları ilə zəlzələlərin proqnozlaşdırılmasının mümkün olub-olmaması barədə çoxsaylı müzakirələr aparırlar. Zəlzələlərin öyrənilməsi ilə bağlı aparılan çoxsaylı tədqiqatlar göstərmişdir ki, EM monitoring tədqiqatları bir sıra mühüm nəticələrə gətirib çıxarmışdır. Hazırda bu sahədə çoxsaylı tədqiqatlar aparılır və onlar təkmilləşdirilir. Zənnimcə EM monitoring sahəsində tədqiqatlar zəruridir və müəyyən bir sahədə davamlı tədqiqatlar aparılırsa, daha mühüm və əhəmiyyətli nəticələr əldə edilə bilər. Azərbaycanın ərazisi tektonik ərazi hesab olunduğundan (Şəkil 3-də təsvir edilmiş xəritə aydın şəkildə bunu təsdiqləyir), burada EM monitoring tədqiqatlarının aparılması vacib şərtlərdən biridir. Zəlzələlərin hazırlıq dövründə yer təkində baş verən geodinamik proseslər haqqında müasir təsəvvürlər belə düşünməyə əsas verir ki, bu proseslər süni və təbii mənşələrə malik EM sahələrində öz əksini tapır.

Yerin dərinlik quruluşu haqqında məlumatları əldə etməyə imkan verən üsullar arasında maqnitotellurik zondlama (MTZ) aparıcı yerlərdən birini tutaraq, bu üsulla alınan məlumatların interpretasiyasının əsas nəticəsi yer qabığında və yuxarı mantiyada termodinamik şəraiti əks etdirən dərin elektrik keçiriciliyinin məkan paylanması aşkarlanmasına imkan verir.

Rusiya alimləri Potapov və Pospeyeva müəyyən etmişdilər ki, Çuyskoe zəlzələsinin (və ya Altay zəlzələsi) episentral zonasında MTZ üsulu vasitəsilə EM monitoring məlumatlarına görə, bu üsul instrumental müşahidələrin müxtəlif illərdə əldə edilən görünən xüsusi müqavimət əyrilərinin və geoelektrik modellərin nəticələrində

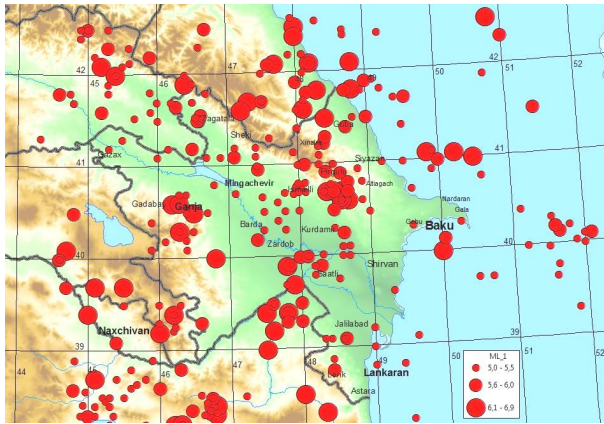
---

<sup>16</sup> Uyeda, S. Geoelectric potential changes: Possible precursors to earthquakes in Japan / S.Uyeda, T.Nagao, Y.Orihara [et al.] // Proceedings of the National Academy of Sciences, – 2000. 97, – p. 4561-4566.

fərqləri görməyə imkan verir. Bu fərqlər kifayət qədər əhəmiyyətlidir və ehtimal ki, tədqiq olunan ərazinin seysmoaktivliyinin dəyişməsi ilə bağlıdır (Qrafik 4).

Dissertasiyada Cədvəl 6.3.1-də zəlzələ xəbərverici əlamətlərin aşkarlanmasına yönəlmiş EM monitoring tədqiqatları (1996-2015) ümumiləşdirilmiş şəkildə təqdim edilmişdir.

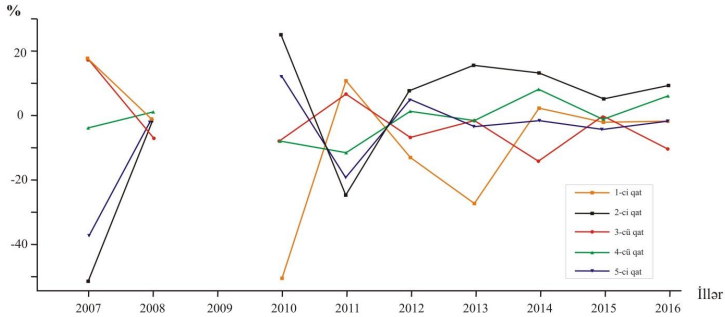
Quam və Peruda zəlzələlərdən əvvəl aparılan araşdırmaların əksəriyyəti zəlzələ xəbərvericilərinin müəyyənləşdirilməsinə yönəldilmişdir. Ümumiyyətlə, əksər hallarda müsbət nəticələr əldə edilmişdir. Bu onu göstərir ki, davamlı və ya fasiləsiz tədqiqatlar daha müsbət nəticələrə gətirib çıxara biləcəkdir<sup>17</sup>. Zəlzələlərdən əvvəl ionosferin aşağı qatında yaranan çox aşağı tezlikli (ÇAT) siqnallarında müşahidə edilmiş dəyişikliklərlə zəlzələlər arasında əlaqəyə aid bir sıra tədqiqatlar aparılmışdır. Dissertasiyada Cədvəl 6.3.2-də zəlzələ qabağı anomal dəyişikliklərin müşahidə olunduğu müxtəlif illərdə aparılmış EM monitoring tədqiqatları göstərilmişdir.



**Şəkil 3. 1947-2016-cı illərdə Azərbaycanda və ətraf ərazilərdə baş verən güclü zəlzələlərin ( $M \geq 5.0$  maqnitudlu zəlzələlər qırmızı dairələrdə göstərilmişdir) episentrlerinin paylanma xəritəsi<sup>18</sup>**

<sup>17</sup> Piriye, R. Effectiveness of electromagnetic monitoring in studying earthquakes // Geofizicheskiy Zhurnal, – 2021. Vol. 43, No. 2, – p. 166-177.

<sup>18</sup> Yetirmishli, G.J. About the seismic risk of Sabayil district of Baku / G.J.Yetirmishli, T.Y.Mammadli, R.B.Muradov [et al.] // Seismoprognozis observations in the territory of Azerbaijan, – Baku: – 2017. No 1, – p. 12-21.

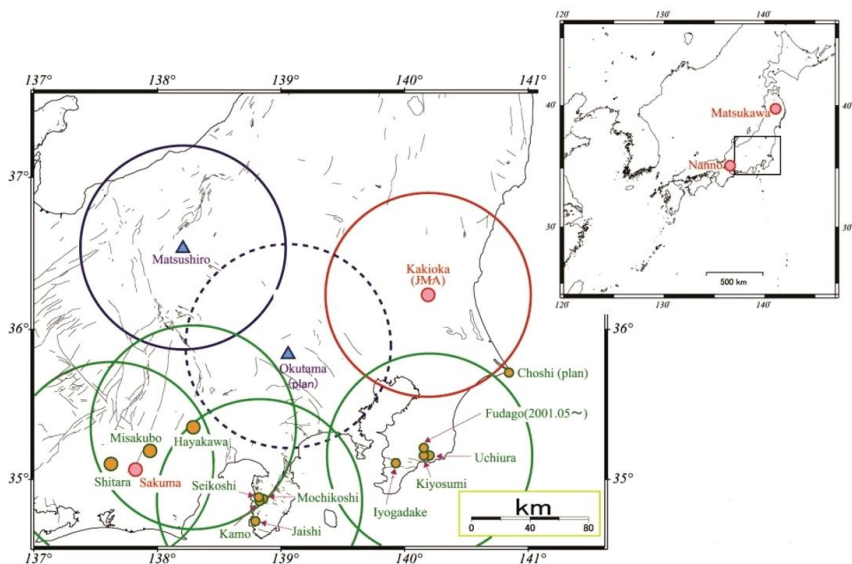


**Grafik 4. 1P1 məntəqəsində geoelektrik kəsilişin müxtəlif (1-5) təbəqələrində görünən xüsusi müqavimətin nisbi dəyişməsi<sup>19</sup>. 1-5 təbəqələri 2007-2016-cı illər ərzində müşahidə olunan görünən xüsusi müqavimətdə fərqləri göstərmək üçün rənglənmişdir**

Əvvəlki illərdə və son 5 ildə UAT diapazonunda yerinə yetirilmiş EM monitorinq tədqiqatların nəticələrinin müqayisəli təhlili aparılmışdır. Zəlzələ baş verməmişdən qabaq UAT diapazonunda EM sahə dəyişikliklərinin tədqiqi zamanı əldə edilmiş müsbət nəticələrə baxılmışdır. Güclü zəlzələlərdən qabaq zəlzələlərin effektiv UAT xəbərvericiləri aşkarlanmışdır. 1988-ci il, Spitak zəlzələsi, 1989-cu il, Loma Priyeta zəlzələsi, 1993-cü il, Quam zəlzələlərinin tədqiqi zamanı zəlzələ baş verməmişdən qabaq aşkarlanmış EM xəbərvericiləri tarixi nəticələr hesab edilir.

Zəlzələlərin tədqiqatı ilə məşğul olan Yaponiya alimi M.Hayakava 1996-2011-ci illərdə həтта Tokionun Kanto rayonunda zəlzələlərin proqnozlaşdırılmasında ionosferdə baş verən həyəcanlanmaların monitorinqinə əlavə olaraq UAT-şüalanmasının istifadəsinin mümkünlüyünü nəzərə alaraq UAT şəbəkəsi qurmuşdur (Şəkil 4).

<sup>19</sup> Потапов, В.В., Поспеева, Е.В. Электромагнитный мониторинг методом МТЗ в эпицентральной зоне Чуйского землетрясения // XIII Международный научный конгресс: Международная научная конференция «Недропользование. Добыча полезных ископаемых. Направления и технология поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология», – Новосибирск: 17-21 апреля, – 2017, – т. 3, – с. 167-171.



**Şəkil 4. KANTO-TOKAI UAT müşahidə şəbəkəsi (RIKEN-NASDA)<sup>20</sup>**

Dünyada digər UAT şəbəkələri də vardır ki, onlardan SAO UAT stansiyasını, AeroSolSys UAT Radio Monitoring Şəbəkəsini misal göstərmək olar. Əlavə olaraq ionosferdə seysmik aktivliklə əlaqəsi ola bilən həyəcanlanmaları və ya anomal dəyişiklikləri tədqiq etməkdə istifadə olunan Fransanın DEMETER (Detection of EM emission transmitted from EQ regions/ zəlzələ ərazilərindən ötürülən EM şüalanmalarının aşkarlanması) mikropeykini də qeyd etmək olar. Dissertasiyada Cədvəl 6.5.1-ə əsasən çoxsaylı tədqiqatların nəticələri DEMETER vasitəsilə əldə edilmiş ionosfer həyəcanlanmaları zəlzələlərlə əlaqəli anomaliyaların aşkarlanmasında həssaslığı baxımından faydalı olmasını təsdiq etmişdir.

Son illərdə aparılmış tədqiqatların nəticələri ilə 2015-ci ilə qədər bu istiqamətdə aparılmış tədqiqatların nəticələri arasında müqayisə aparmaq mümkündür. Müqayisə nəticəsində deyə bilərik ki, zəlzə-

<sup>20</sup> Hayakawa, M. Earthquake prediction with electromagnetic phenomena // AIP Conference Proceedings, – 01 February, – 2016.

lədən qabaq bir neçə saatdan bir neçə aya qədər kimi olan müddət ərzində UAT xəbərvericiləri özünü biruzə verir. Əsas diqqət isə zəlzələ xəbərvericiləri ilə zəlzələnin baş verməsi arasında korrelyasiyanın öyrənilməsinə yönəlmişdir. Fikrimcə real vaxt rejimində EM monitoringdə əsas məsələ ondan ibarət olmalıdır ki, monitoring sahəsi genişləndirilsin, fasiləsiz monitoring mümkün qədər çox stansiya və avadanlıqla aparılsın, stansiyadan alınan məlumatlar isə digər stansiyalarda alınan məlumatlarla düzgün interpretasiya edilsin və müqayisəli təhlil edilsin.

Aşağıda qeyd olunmuş tədqiqatların nəticələri, xüsusilə də son 5 ildə aparılmış tədqiqatların nəticələri göstərir ki, UAT xəbərvericiləri zəlzələ proqnozu məsələsində əsas yeri tutur və ən perspektivli xəbərvericilər hesab oluna bilər.

Beləliklə, zəlzələlərin UAT xəbərvericilərinin effektivliyini göstərmək üçün tədqiqatlardan alınmış müsbət nəticələri aşağıdakı kimi ümumiləşdirmək olar<sup>21</sup>:

- zəlzələ qabağı EM sahəsində anomal dəyişikliklər müşahidə olunmuşdur.

- zəlzələ qabağı anomal dəyişikliklər ən çox UAT diapazonunda müşahidə olunmuşdur.

- zəlzələ qabağı müşahidələrdə ən çox FGM və SCM maqnitometrleri istifadə olunmuşdur ki, bu da həmin maqnitometrlərin etibarlılığından və dəqiqliyindən xəbər verir.

- Fraktal və spektral analiz metodlarından uğurla istifadə edilmişdir.

*Zəlzələlərin tədqiqi (Spitak zəlzələsi, Loma-Priyeta zəlzələsi, Quam zəlzələsi və Tohoku zəlzələsi).*

Dissertasiyada Cədvəl 6.6.1-də Spitak və Cədvəl 6.6.3-də Loma Priyeta zəlzələləri üçün xəbərverici anlar zəlzələdən bir neçə saat əvvəl özünü biruzə verməsi göstərilmişdir. Quam zəlzələsinin xəbər-

---

<sup>21</sup> Пириев, Р.Х. Электромагнитные предвестники землетрясений: сравнение более ранних и недавних исследований // Scientific Collection «InterConf», (44): with the Proceedings of the 8th International Scientific and Practical Conference «Scientific Research in XXI Century». Ottawa, Canada, – 2021, p. 577-589.

verici anları Cədvəl 6.6.4-də, Tohoku meqazəlzələsinin xəbərverici anları isə Cədvəl 6.6.5-də verilmişdir.

Yer qabığında zəlzələlərin hazırlıq dövrü ilə əlaqədar baş verən və UAT EM sahəsində əks olunan əsas proseslərlə aşağıdakılarla əlaqədardır<sup>22</sup>:

- Zəlzələ mənbəyi zonasından birbaşa UAT şüalanması
- Geoelektrik keçiriciliyin dəyişməsi
- Zəlzələ ocağının zonası yaxınlığında EM dalğaların amplitudunun artmasına gətirib çıxarması.

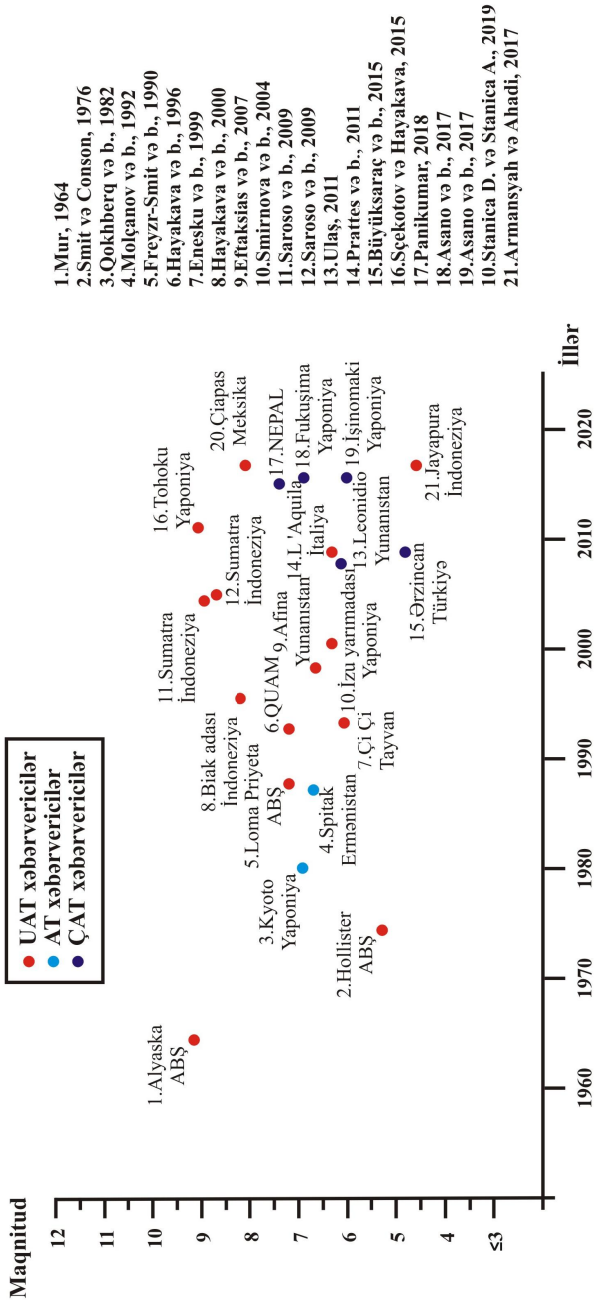
Keyli sayda alimlər müxtəlif illərdə zəlzələlərin EM xəbərvericilərinin mövcudluğunu təqdim etmişlər (Qrafik 5 və Qrafik 6)<sup>23</sup>. Tədqiqatların nəticələrini ümumiləşdirərək belə qənaətə gəlmək olar ki, UAT diapazonunda 30 km-ə qədər dərinliyi olan zəlzələlərin episentral məsafəsi  $\pm 100$  km kifayət edə bilər. Bunu qrafik şəkildə də təsvir etmək olar (Qrafik 7).

Bu fəsildə ümumiləşdirilmiş formada zəlzələlərin EM xəbərvericilərinin tədqiqi zamanı alınmış səmərəli nəticələr təqdim olundu. Yuxarıda göstərilmiş cədvəllərə nəzər yetirsək asanlıqla görə bilərik ki, UAT diapazonunda müsbət nəticələr əldə olunmuşdur. Bu səbəbdən UAT elektomaqnit yanaşması zəlzələlərin tədqiqində qısamüddətli proqnoz cəhdində ən səmərəli yanaşma hesab olunmalıdır. Lakin zəlzələlərin dəqiq proqnozlaşdırılması məsələsi tam həll edilməmiş sayılır. Çünki zəlzələdən əvvəl EM sahəsində baş verən anomal dəyişikliklər müxtəlif vaxtlarda yaranır. EM sahəsində anomal hadisələr əsasən güclü zəlzələlərdən əvvəl müşahidə olunsa da, zəlzələdən əvvəl müxtəlif vaxtlarda özünü biruzə verməsinə indiyə kimi tam aydınlıq gətirilməmişdir. Buna baxmayaraq zəlzələlərin tədqiqində EM monitorinqin effektivliyini əksər zəlzələlərdən əvvəl anomal dəyişikliklərin baş vermə faktının aşkarlanması ilə izah etmək olar.

---

<sup>22</sup> Ismaguilov V.S. ULF magnetic emissions connected with under sea bottom earthquake / V.S.Ismaguilov, Yu.A.Kopytenko, K.Hattory [et al.] // Natural Hazards and Earth System Sciences, – 2001. 1 (1-2), – p. 23-31.

<sup>23</sup> Piriye, R. Electromagnetic earthquake precursory signatures in the ULF range: perspectives of the studies // Geodynamics, – 2021. 1(30), – p. 48-57.



Qrafik 5. Müxtəlif illərdə baş vermiş zəlzələlərdən qabaq müşahidə olunmuş elektromaqnit xəbərvəricilər







## NƏTİCƏLƏR

1. Dünya təcrübəsində seysmoaktiv regionlarda aparılmış EM monitorinq tədqiqatlarının müsbət nəticələrinə aid çox sayda təcrübə misalları var. Bu istiqamətdə ən perspektiv nəticələr UAT diapazonunda alınmışdır [12].
2. UAT monitorinq şəbəkələri (KANTO-TOKAI, SAO, AeroSolSys, DEMETER) vasitəsilə əldə edilmiş məlumatlar onu göstərdi ki, zəlzələlərlə əlaqəli ionosferdə baş verən anomaliyaları aşkarlamaq mümkündür [13].
3. Mühitin admitans səciyyəsinin fasiləsiz olaraq öyrənilməsi və zaman intervalında impuls keçid xüsusiyyətlərinin hər bir diskret an üçün hesablanması, eləcə də geodinamik proseslərin EM sahələrinə təsiri zəlzələlərlə əlaqədar gərginlik zonalarının ayrılmasına imkan yaradır [2].
4. Azərbaycanda aparılmış tədqiqatlar göstərdi ki, MT sahənin dövrü-lüyünün dəyişmə vaxtını səciyyələndirən andan başlayaraq maqnit sahəsinin gərginlik vektorlarının zaman ərzində dəyişmə hodoqrafları gələcək zəlzələ ocağına doğru istiqamətlənir. Digər tərəfdən tədqiqatlarla müəyyən edilmişdir ki, geodinamik gərginliyin baş verdiyi və sonradan zəlzələ ilə nəticələnəcək zona istiqamətində yayılan EM dalğalarının yayılma sürətinin təcili dəyişir və dalğaların bu prosesdən əvvəl müşahidə olunan koherentliyi pozulur [8].
5. Zəlzələ baş verməmişdən qabaq EM sahəsində anomal dəyişikliklər baş verir. Zəlzələlərin tədqiqində EM monitorinqin effektivliyini bu dəyişikliklərin əksər zəlzələlərdən qabaq aşkarlanma faktının olması ilə izah etmək olar. Belə ki, əsasən dərinliyi 30 km-ə qədər olan zəlzələlərdən qabaq EM xəbərvericilər müşahidə edilməsi müəyyən edilmişdir [13].
6. Zəlzələlərin maqnitudu ilə episentral məsafə arasında korrelyasiya mövcuddur ki, UAT xəbərvericilərinin zəlzələ qabağı aşkarlanması üçün uyğun episentral məsafə  $\pm 100$  km müəyyən olunmuşdur [13].

## **Dissertasiyanın əsas nəticələri aşağıda göstərilən işlərdə öz əksini tapmışdır (elmi məqalə və konfrans materialları)**

1. Məmmədov, Ə.L., Piriyeu R.H. Zəlzələnin hazırlıq prosesində laboratoriya modelləşdirmənin çöl müşahidə məlumatları ilə analogiyası // Heydər Əliyevin anadan olmasının 89-cu ildönümünə həsr olunmuş “Geologiyanın aktual problemləri” mövzusunda Respublika Elmi Konfransının materialları, – Bakı: – 2012, – s. 126.
2. Novruzov, E.S., Piriyeu, R.H. Maqnitotellurik monitorinqlə geodinamik proseslərin öyrənilməsinə dair // – Bakı: Azərbaycanda geofizika yenilikləri, – 2015. №1-2, – s. 21-23.
3. Novruzov, E.S., Piriyeu, R.H. Süxurların petrofiziki xüsusiyyətlərinin riyazi modelləşdirilməsinə dair // – Bakı: Bakı Universitetinin Xəbərləri, Təbiət elmləri seriyası, – 2014. №3, – s. 178-183.
4. Piriyeu, R.H. Elektromaqnit monitorinqin səmərəliliyinə dair // Azərbaycan xalqının ümummilli lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 93-cü ildönümünə həsr olunmuş “Geologiyanın aktual problemləri” mövzusunda Respublika Elmi Konfransının materialları, – Bakı: – 2016, – s. 235.
5. Piriyeu, R.H. Geodinamik proseslərin tədqiqində elektromaqnit monitorinqin səmərəliliyi // IX Azərbaycan Beynəlxalq Geofizika Konfransı “Mürəkkəb quruluşlu neftli-qazlı regionların öyrənilməsində geofiziki tədqiqatların kompleksləşdirilməsi”, şifahi sessiya, – Bakı: – 4-6 noyabr, – 2015.
6. Piriyeu, R.H. Geoloji mühitin modelləri və onun başlıca parametrləri // Azərbaycan xalqının ümummilli lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 94-cü ildönümünə həsr olunmuş “Geologiyanın aktual problemləri” mövzusunda Respublika Elmi Konfransının materialları, – Bakı: – 17-18 may, – 2017, – s. 208-209.
7. Piriyeu, R.H. Zəlzələ qabağı müşahidələr və onların zəlzələ proqnozunda tətbiqi // Azərbaycanın işğaldan azad edilmiş ərazilərinin faydalı qazıntılarına həsr olunmuş “Geologiya: problemlər, perspektivlər” mövzusunda Respublika Elmi Konfransının materialları, – Bakı: – 29 dekabr, – 2020, – s. 82-83.
8. Новрузов, Э.С., Пириев, Р.Х. Эффективность магнитотеллурического мониторинга при изучении геодинамических

- процессов // – Житикара: Горно-геологический журнал, – 2015. № 3-4 (43-44), – с. 36-39.
9. Пириев, Р.Х. К вопросу о выявлении предвестников землетрясений по материалам МТ исследований // Иваново: Проблемы современной науки и образования, – 2017. №21(103), – с. 24-28.
  10. Пириев, Р.Х. Результаты экспериментальных исследований влияния деформации пород на их физические характеристики // – Тверь: Каротажник, – 2018. № 4 (286), – с. 60-71.
  11. Пириев, Р.Х. Электромагнитные предвестники землетрясений: сравнение более ранних и недавних исследований // Scientific Collection «InterConf», (44): with the Proceedings of the 8th International Scientific and Practical Conference «Scientific Research in XXI Century». Ottawa, Canada, – 2021, p. 577-589.
  12. Piriyeв, R. Effectiveness of electromagnetic monitoring in studying earthquakes // – Киев: Геофизический журнал, – 2021. Том. 43, № 2, – p. 166-177.
  13. Piriyeв, R. Electromagnetic earthquake precursory signatures in the ULF range: perspectives of the studies // – Lviv: Geodynamics, – 2021. 1(30), – p. 48-57.
  14. Piriyeв, R. Modelling of geodynamic objects and processes // – Oslo: Norwegian Journal of development of the International Science, – 2017. vol. 1, № 11, – p. 16-19.

### **İddiaçının şəxsi payı**

Dissertasiyada təqdim olunan əsas nəticələr müəllif tərəfindən müstəqil əldə edilmişdir. Qarşıya qoyulan elmi problemin formalaşdırılması və müdafiə müddəalarının əsaslandırılması onun özünə məxsusdur. İddiaçı tərəfindən müdafiə olunan müddəalara uyğun olaraq qarşıya qoyduğu problemin həlli üçün indiyə kimi çap olunmuş ədəbiyyat materiallarında təqdim edilmiş məlumatlarda əldə edilmiş nəticələr təhlil edilərək ümumiləşdirilmişdir. Təhlili daha da effektiv etmək üçün iddiaçı özü tərəfindən tərtib etdiyi cədvəllərdən və qrafiklərdən də istifadə etmişdir. İddiaçı [4-7, 9-14] nömrəli işləri müstəqil yerinə yetirmişdir.

Dissertasiyanın müdafiəsi \_\_\_\_\_ 2022-ci il tarixində saat \_\_\_\_\_-da Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyinin Geologiya və Geofizika İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.01 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ1143, Azərbaycan, Bakı ş., H.Cavid pr., 119.

Dissertasiya ilə Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyinin Geologiya və Geofizika İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatların elektron versiyaları Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyinin Geologiya və Geofizika İnstitutunun rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat \_\_\_\_\_ 2022-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 27.09.2022

Kağızın formatı: 60x84<sup>1/16</sup>

Həcm: 37322

Tiraj: 100