

**AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI  
GEOLOGİYA VƏ GEOFİZİKA İNSTİTUTU**

---

*Əlyazma hüququnda*

**BABAYEV QULAM RÜSTƏM OĞLU**

**BAKI ŞƏHƏRİ ƏRAZISI QRUNTUNUN GÜCLÜ  
TİTRƏYİŞLƏRİNİN MİKROSEYSMİK MƏLUMATLARA VƏ  
HİSS EDİLƏN SSENAR ZƏLZƏLƏLƏRİN PARAMETRLƏRİNƏ  
ƏSASƏN MODELLEŞDİRİLMƏSİ**

2507.01 - Geofizika, faydalı qazıntıların  
geofiziki axtarış üsulları

Yer elmləri üzrə elmlər doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün  
təqdim edilmiş dissertasiyanın

**A V T O R E F E R A T I**

**BAKI – 2017**

İş Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının (AMEA) Geologiya və Geofizika İnstitutunda (GGİ) yerinə yetirilmişdir.

***Elmi məsləhətçilər:***

**Fəxrəddin Əbülfət oğlu Qədirov**, AMEA-nın akademiki, geologiya-minerologiya elmləri doktoru, professor

**Qurban Cəlal oğlu Yetirmişli**, AMEA müxbir üzvü, geologiya-minerologiya elmləri doktoru

***Rəsmi opponətlər:***

**Əhmədov T.R.**, g.-m.e.d., professor

**Qarayev B.M.**, g.-m.e.d., professor

**Çelidze T.L.**, f.-r.e.d., Gürcüstan EA-nın akademiki

***Aparıcı təşkilat:*** Ukrayna MEA-nın S.İ.Subbotin adına  
Geofizika İnstitutu

Müdafiə “29” sentyabr 2017-ci il tarixində saat “14:30” radələrində Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Geologiya və Geofizika İnstitutu nəzdində D01.081 Dissertasiya Şurasının iclasında olacaq.

**Ünvan:** H.Cavid prospekti, 119, Bakı, AZ1143Azərbaycan  
Faks: (99412)5372285; e-mail: gia@azdata.net

Dissertasiya ilə AMEA Geologiya və Geofizika İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat «\_\_\_\_\_» avqust 2017-ci il tarixində göndərilmişdir.

D01.081 Dissertasiya Şurasının  
elmi katibi,  
texniki elmlər üzrə  
fəlsəfə doktoru,



Mirzəyeva D.R.

## GİRİŞ

**Tədqiqatın mövzusunun aktuallığı.** Qruntun güclü titrəyişlərinin öyrənilməsi və qiymətləndirilməsi integrasiya olunmuş məsələdir ki, burada seysmogeodinamik, mühəndisi və geofiziki tədqiqatların bütün nəticələrini nəzərə almaq zəruridir. Bu zaman makroseysmik və mikroseyismik parametrləri nəzərə almaq, mövcud seysmiklik kataloqları materialları əsasında ərazinin tarixi seysmikliyini öyrənmək, zəlzələlərin maksimal mümkün maqnitudalarını qiymətləndirmək və zəlzələlərin təkrarlanma periodlarını öyrənmək vacibdir. Çünki seysmikliyin öyrənilməsində daha uzun zaman intervalının nəzərdən keçirilməsi zəruridir. Deməli, seysmikliyin qiymətləndirilməsi üçün yalnız instrumental məlumatlardan istifadə zərurəti kifayət deyil. Bütün bunlar qruntun hərəkətinin (layın təcili, sürəti və yerdəyişməsi) seysmik intensivliyi və parametrlərinin qiymətlərindəki seysmik təsirləri tədqiq etməyə və nəhayət, torpağın hərəkətinin (qruntun maksimal təcili, sürəti və yerdəyişməsi) güclü titrəmələrinin və seysmik mikrorayonlaşdırılmasının modelinin xəritələrini qurmağa imkan verəcək. Səmərəli tədbirlərin işlənilməsi üçün, gələcəkdə ola biləcək iri zəlzələlərdən gələn zərəri minimumlaşdırmaq, ölkə iqtisadiyyatının və cəmiyyətinin dayanıqlı inkişafının təminatı məqsədi ilə seysmik təhlükə və riskin qiymətləndirilməsi üzrə geniş tədqiqatlar aparmaq vacibdir. Bu məsələlərin həlli aparılmış tədqiqatın aktuallığını və onun Azərbaycanın gələcək davamlı inkişafı üçün vacibliyini müəyyən edir. Azərbaycanda güclü zəlzələlər nadir halda aşkarlandığından və litoloji xüsusiyyətlərinə görə müxtəlif olan güclü torpaq titrəmələrini qeydə alan monitorinq stansiyaları şəbəkəsi olmadığından, intensiv torpaq sürüşmələrini qiymətləndirmək çətinləşir ki, bu da bizə empirik yanaşmalardan istifadə etmək imkanı verir. Tikinti həcminin, tikilən hündür binaların sayının, əhali sıxlığının artımı ilə əlaqədar olaraq Bakı şəhərinin infrastrukturunun təhlükəsizliyinin təmin edilməsi zərurəti yaranıb. Mümkün neqativ geodinamik prosesləri nəzərə almaqla seysmik davamlı inşaatın tətbiqi Bakı şəhərinin tikilələrinin etibarlılığının və əhalisinin təhlükəsizliyinin artırılması yollarından biridir. Bakı şəhəri Abşeron yarımadasında Ərəb plitəsinin Avrasiya plitəsi ilə aktiv kontinental kolliziya zonasında yerləşir. Bu deformasiya proseslərinin fonunda, bu seysmik rayonda dağıdıcı zəlzələlər baş verirdi. Region qədim dövrlərdən tez-tez zəlzələlərə məruz qalırdı və Xəzər dənizi ilə Abşeron seysmik ocaqlarından ciddi seysmik təhlükə var.

Tarixi zaman dövrlərində Abşeron yarımadası, həmçinin də Bakı, 1842-ci il  $M=5,0$  ilə Maştağa zəlzələsi, 1983-cü il  $M=5,0$  ilə Nardaran zəlzələsi,

1986, 1989-cu illərin  $M=6.0-6.5$  Xəzər dənizi zəlzələləri, nisbətən yaxında baş vermiş 2000-ci il  $M=6.2, 6.7$  ilə Xəzər (Bakı) kimi bir sıra seysmik hadisələrin təzahürü ilə titrəyişlərə məruz qalmışdı. Tarixi dövr ərzində Bakı şəhəri 1667, 1902-ci illərin güclü Şamaxı zəlzələlərinin, 1895-ci ilin Krasnovodsk (hazırda Türkmənbaşı) zəlzələsinin nəticəsində də titrəyişlərə məruz qalmışdı.

Aparılmış tədqiqat dissertasiya işinin aktuallığı, son onillik ərzində seysmik aktivliyin artımı şəraitində Bakı şəhəri ərazisinin seysmik mikrorayonlaşdırılma məsələlərinin yenidən nəzərdən keçirilməsidir. Məlum olduğu kimi seysmik mikrorayonlaşdırmanın əsas məqsədi – tədqiq olunan seysmik regionda müxtəlif torpaq şəraitləri (sıx, məsaməli, su tərkibli torpaq) olan sahələr üçün hesabat balın təyin edilməsidir. Seysmik mikrorayonlaşdırma – son məqsədi seysmik mikrorayonlaşdırmanın xəritəsinin qurulması olmaqla, bu seysmik-aktiv regionda lokal şəraiti nəzərə almaq şərti ilə potensial seysmik təhlükənin qiymətləndirilməsidir.

Azərbaycan ərazisinin mikroseysmik və makroseysmik tədqiqatları tarixinin müfəssəl təhlili belə bir nəticəyə gəlməyə imkan verdi ki, 1989-cu ilin son seysmik rayonlaşdırılma xəritəsi və keçmiş SSRİ-nin bütün seysmik aktiv sahələri üçün analoji xəritələr sürətlə, 1988-ci ilin Spitak zəlzələsindən sonra tələskənliklə tərtib edilmişdir ki, bu da qısamüddətli ümumiləşdirmələrin keyfiyyətində öz əksini tapmağa bilməzdi.

Nakamura metodu ilə seysmometrik tədqiqatlar əvvəllər də, indi də, o cümlədən İtaliyada (Kolizey, Piza qülləsi), Yunanıstanda Salonik tarixi şəhəri, Yaponiyada Tokio və Yokoqama şəhərlərinin, Rusiyada Kalininqraddın, Kaliforniyada San-Fransiskonun bir çox inzibati binaları kimi memarlıq abidələrinin zərər görmə dərəcəsinin qiymətləndirilməsi üçün müvəffəqiyyətlə istifadə edilmişdir. Bu metodikanın tətbiq olunduğu bütün regionlar bu və ya digər dərəcədə seysmik aktiv zonalardır. Nakamura metodu ilə üfüqi və şaquli spektral komponentlərin nisbəti üsulunun seysmik mikrorayonlaşdırma məqsədləri üçün istifadə edilmə təcrübəsi göstərir ki, bu üsul digər üsullardan nisbətən sadəliyi, operativliyi ilə fərqlənir ki, bu da işi böyük ərazilərdə nisbətən qısa müddətə daha az vəsaitlə icra etməyə imkan verirdi.

**İşin məqsədi.** İşin məqsədi Abşeron meqapolisinin yer qabığında seysmik proseslərin seysmikliyi və dinamikasının fəza-zaman xüsusiyyətlərinin tədqiqi və Bakı şəhəri üçün qruntun ilkin kilometrərinin mikroseysmik sahəsinin mikroseysmik küyün spektral tərkibinin məlumatlarına əsasən modelləndirilməsidir.

#### **Tədqiqatın əsas məqsədləri.**

1. Seysmikliyin statistik qanunauyğunluğunun tədqiqi və seysmik rejimin

xarakteristikalarının təhlili, Abşeron yarımadası ilə qonşu ocaqlarda mümkün seysmik potensialı və hiss edilən zəlzələlərin təkrarlanmasını qiymətləndirməklə materialların yenidən nəzərdən keçirilməsi və ümumiləşdirilməsi.

2. Seysmik hadisələrin yaranma ardıcılığının təyini, onların klasterizasiyası və instrumental dövr ərzində təzahür etmə xarakterinin aşkar edilməsi.
3. Gərginlik sahələrinin standart hesabat metodikalarından istifadə etməklə  $M_w \geq 5$ -li zəlzələlər üçün 1990-2012-ci illər dövrü ərzində gərginliklərin hesabat paylanması üçün mühitin gərgin deformasiyalı vəziyyətinin analizi.
4. Bakı şəhəri ərazisinin torpaq şəraitlərini və ssenarili zəlzələlərinin makroseysmik parametrlərini də nəzərə almaqla, ərazisinin seysmik təhlükəsinin mühəndis-geoloji qiymətləndirilməsi, əsaslandırılması və rayonlandırılması.
5. 25 noyabr 2000-ci il güclü Xəzər zəlzələsinin Şamaxı-Qobustan və Abşeron ərazilərində yerləşən palçıq vulkanlarının statik və dinamik gərginliyinin dəyişməsinə təsirinin təyini.
6. Qrunt şəraitlərinin təsirini, mövcud yanaşmaların ümumiləşdirilməsini nəzərə almağa imkan verən əsas mikroseyismik rayonlandırma metodlarının analizi.
7. Nakamura metodu ilə (üfüqi və şaquli komponentlərin spektrlərin nisbəti) instrumental seysmik tədqiqatların aparılması yolu ilə Bakı şəhəri ərazisində yerli (təbii) mikroseyismik titrəmələrin amplitud-tezlik xarakteristikalarının, rejiminin və fəza paylanmasının öyrənilməsi, bu parametrlərin lokal torpaq şəraitləri ilə əlaqələrinin müəyyən edilməsi.
8. Şəhər ərazisinin müxtəlif sahələrinin seysmik hadisələrinin intensivliyinin təzahürü tendensiyasının aşkar olunması, seysmik intensivlikdə və seysmik mikrorayonlaşdırılmada artımın təyini.
9. Ssenarili hissedilən zəlzələlərin məlumatlarına əsasən Bakı şəhəri ərazisinin torpağının güclü yerdəyişməsinin əsas parametrlərinin analizi və torpağın təcil, sürət və sürüşmə modellərinin qurulması.
10. Ssenarili zəlzələlərin parametrlərinə və mikroseyismik məlumatlara əsasən torpağın güclü titrəmələrinin modelləndirilməsi nəticələrinin müqayisəli analizi.

#### **Elmi yenilik.**

- Klaster və Alan faktor analizinin, və həmçinin çoxölçülü qruplaşma metodunun tətbiqi vasitəsi ilə Abşeron-Balxanyanı kəndərin (poroqun) seysmik hadisələri (1910-1938), (1949-1991) və (1995-2015) zaman

intervalları ilə ayrı-ayrı klasterlərə bölünmüş və  $M \geq 4$ -ə bərabər tədqiqat zonasında güclü hadisənin təkrarlanma periodunda qanunauyğunluqları və seysmik hadisələrin ardıcillıq dinamikasını aşkar etməyə imkan verən seysmik ardıcillıq maqnitudasının hüdudu qiymətləndirilmişdir.

- Palçıq vulkanlarının statik və dinamik gərginliklərinin 25 noyabr 2000-ci il güclü Xəzər zəlzələsinin makroseysmik məlumatlarına və güclü torpaq yerdəyişməsinin parametrlərindən birinin (torpaq titrəmələrinin maksimal sürəti) qiymətlərinə əsasən tədqiqi və analizi metodlarından istifadə edərək açkar edildi ki, 2000-ci il zəlzələsindən sonra Şamaxı-Qobustan zonasının palçıq vulkanları sıxılma halında (crustal contraction), Abşeron sahəsinin vulkanları isə dilatasiya halındadırlar (crustal dilatation). Məhz bu hallar tədqiq olunan sahələrdə palçıq vulkanlarının püskürməsinə səbəb olur.
- Azərbaycan ərazisinin relyef xüsusiyyətlərinin təsiri altında gərginlik-deformasiyalı vəziyyətinin formalaşması tədqiq olunmuş və bu tədqiqatın nəticəsində zəlzələ ocaqları ilə topoqrafik anomaliyaların təsiri altında inkişaf edən gərginlik zonalarının üst-üstə düşdüyü müəyyən edilmişdir.
- Seysmik təhlükənin kompleks inteqrasiyalı deterministik qiymətləndirilməsi metodikası təklif edilir ki, burada seysmik ocaqlar nöqtələr şəklində deyil, real silikəlmə mənbələri şəklində nəzərdən keçirilir və bu metodikanın nəticələri əvvəllər müəllif tərəfindən qurulmuş seysmik təhlükə modelini təkmilləşdirməyə imkan verib.
- Maksimal mümkün  $M=6.5$  maqnitudalı zəlzələ zamanı tipik etalon torpaqlar üçün sintez olunmuş akseleroqram yazılarının alınma imkanı göstərilmişdir.
- İlk dəfə olaraq Bakı şəhəri ərazisinin instrumental ölçmələri aparılmış, torpağın ilk kilometrliyinin amplitud-tezlik xarakteristikaları müəyyən edildi və Nakamura metodu (üfüqi və şaquli komponentlərin spektrlərinin nisbəti) ilə Bakı şəhəri ərazisinin seysmik mikrorayonlaşdırma xəritəsi tərtib edilmişdir.
- Bakı meqapolisi üçün seysmik təhlükənin qiymətləndirilməsi probleminin səmərəli həlli məqsədi ilə torpağın güclü titrəmə parametrlərinin (torpağın təcili, sürəti və yerdəyişməsi) modeli qurulub, empirik və instrumental yanaşmaların nəticələrinin müqayisəli təhlili aparılıb.

### **Əsas müdafiə edilən müddəalar.**

1. Böyük Qafqaz və Abşeron-Balxanyanı zona ərazisində seysmik hadisələrin aşkar olunmuş klasterləri və zəlzələlərin “qeyri puasson” baş vermə dövrüyyəsi.

2. Zəlzələlərin ocaqlarının, Qafqaz regionunun topoqrafik anomaliyalarının təsiri altında formalaşan gərginlik zonaları ilə 1990-2015-ci illər ərzində  $M_w \geq 5$  maqnitudalı zəlzələlərinin mexanizmlərinin məlumatlarına əsasən müəyyən edilmiş korrelyasiyası.

3. 25 noyabr 2000-ci il güclü Xəzər zəlzələsinin məlumatlarına əsasən Şamaxı-Qobustan (sıxılma zonası) və Abşeron (dilatasiya zonası) rayonlarında palçıq vulkanları təzahürlərində aşkar edilmiş statik və dinamik gərginliyin xüsusiyyətləri.

4. Mikrotremor ölçmələrinin məlumatlarına əsasən Bakı şəhəri ərazisinin mikroseysmik rayonlandırılmasının nəticələri, bu nəticələrə əsasən Bakı şəhəri 0.1-0.2g maksimal təcil zonasında yerləşib, bu da nisbətən yüksək seysmik təhlükədən xəbər verir.

5. Ssenarili zəlzələlər üzrə mikroseysmik rayonlandırma məlumatlarının və torpağın yerdəyişməsi parametrlərinin müqayisəsi nəticəsində, sahilyanı və mərkəzi torpaqlarda maksimal təcil aşkar edildi ki, onlar şəhərin qərbi və şimal-qərbi hissələrində azalır.

**Müdafiə edilən müddəalar** iki konseptual istiqaməti əhatə edir. 1) Birinci konsepsiya seysmikliyin təzahürü, gərginliklərin paylanması dinamikasına, və seysmik generasiya edən proseslərə (məsələn, palçıq vulkanının 25 noyabr 2000-ci il güclü Xəzər zəlzələsi ilə əlaqəsi) yeni baxış (1,2,3) barədə qaydaları əhatə edir və bu müdafiə edilir. 2) İkinci konsepsiya dünya praktikasında tətbiq edilən (Nakamura metodu ilə seysmik mikrorayonlaşdırma) seysmik təhlükənin qiymətləndirilməsi metodikasının elementlərindən birinin tətbiqinin və ssenarili zəlzələlərin parametrlərinə görə qruntun güclü titrəmələrinin modelləşdirilməsinin nəticələrini əks edən, müdafiə edilən (4,5) məsələlərdən ibarətdir.

**Alınmış nəticələrin praktiki əhəmiyyəti.** Alınmış nəticələr gələcək iri zəlzələlərdən gələn zərəri minimumlaşdırmaq, ölkənin iqtisadiyyatının və cəmiyyətinin davamlı inkişafını təmin etmək məqsədi ilə səmərəli tədbirlərin işlənilməsi üçün istifadə edilə bilər. Bakı şəhərinin seysmik Hazırlanmış mikrorayonlaşdırılma xəritələri Azərbaycanın Fövqəladə Hallar Nazirliyinin müvafiq departamentinə verilib və orada normativ sənədlər kimi təsdiq olunaraq, şəhərlərin general inkişaf planının, məsələn Bakı meqapolisi ərazisində mümkün tikinti planlaşdırılması zamanı təsdiqi üçün istifadə olunur. Müəllifin

əldə etdiyi mikrotremor ölçmələrinin rəqəmli materialı geoinformasiya tədqiqatlarında, kartoqrafiyalaşdırmada, seysmik təhlükənin geomodelləndirilməsində müxtəlif interpretasiyalar üçün baza kimi xidmət edə bilər.

**Müəllifin şəxsi töhfəsi və faktiki material.** İşdə AMEA Geologiya və Geofizika İnstitutunun dövlət büdcəsi tematikası üzrə iş prosesində, həmçinin aktiv parçalanma zonalarının və seysmogenezin müfəssəl tədqiqatı aparılarkən, Abşeron yarımadasının seysmikliyinin və seysmik rejiminin çoxillik müşahidə məlumatları istifadə edilir. Metodikaların seçilməsi və işlənilməsi, ilkin dataların kompilyasiyası və strukturlanması, bütün təhlil növlərinin aparılması, nəticələrin inteqrasiyası və interpretasiyası şəxsən müəllif tərəfindən icra edilmişdir. Həmçinin müəllif həm ölçmələrdə, həm də alınan parametrlərin interpretasiyası mərhələsində şəxsən iştirak etmişdir. Beləliklə, məlumatlar bazası ilə iş, seysmik strukturların ayrılması, statistik təhlil metodikalarının seçilməsi, nəticələri bu işdə təqdim olunan bütün hesabların aparılması, interpretasiya, konkret nəticələrin əldə edilməsi, onların ümumiləşdirilməsi, həmçinin əsas nəticələrin formalaşdırılması dissertant tərəfindən şəxsən icra edilmişdir. İşin yekun materialları, zəlzələlərin kataloqu və Guralp CMG-5TD cihazı ilə aparılmış mikrotremor ölçmələrinin nəticələridir. Dissertasiyaya daxil olmuş işlərin bir hissəsi Azərbaycan Prezidenti yanında Elmi İnkişaf Fondunun Fundamental Tədqiqat proqramının (qrantlar № EIF-Mob-2-2013-4(10)-13/04/2; EIF-2010-1(1)-40/18-M-21), Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası (AMEA) ilə İtaliya Milli Tədqiqatlar Şurasının (CNR) əməkdaşlıq proqramının yardımı ilə aparılıb. Dissertasiyanın əsasını namizədin Azərbaycan MEA Geofizika və Geologiya İnstitutunda çoxillik fəaliyyətinin nəticələri təşkil edir. Əsas nəticələr müəllif tərəfindən müstəqil şəkildə, bir sıra fundamental və tətbiqi mövzuların üzərində məsul icraçı kimi işləməsi nəticəsində əldə edilmişdir. Ayrı-ayrı nəticələr akademik F.Ə.Qədirov, professor Luçiano Teleska, Alessandro Tibaldi, Birgit Müller, Alik İsmayıl-zadə ilə birgə əldə edilmişdir. Müəllif onların hamısına öz səmimi təşəkkürünü bildirir.

**İşin aprobasiyası.** Tədqiqatların nəticələri gənc alim və tələbələrin beynəlxalq konfranslarında (2009, 2011, 2013, Bakı, Azərbaycan); Ukrayna Elmi Texnoloji Mərkəzinin (UETM) 3647 qrant layihəsi üzrə Beynəlxalq seminarla “Çöküntü örtüyünün geoloji mühitinin fiziki-mexaniki vəziyyətinə müasir geodinamikanın təsiri” mövzusunda (2010, Bakı, Azərbaycan); Geologiya və Geofizika İnstitutunun ümumrespublika seminarında (2011, Bakı, Azərbaycan); AMEA-nın “Seysmiklik, zəlzələlərin proqnozu, seysmodavamlı tikinti” mövzusunda 5-ci Beynəlxalq Konfransı (2012, Bakı, Azərbaycan); “Xəzər və



Qara dənizi regionlarının neft geologiyası və karbohidrogen potensialı” mövzusunda 7-ci və 8-ci beynəlxalq geofiziki konfranslarında (2010, 2012, Bakı, Azərbaycan); “Kibernetikanın və informatikanın problemləri” adlı 4-cü beynəlxalq multikonfransda PCI2012 (2012, Bakı, Azərbaycan); 8-ci beynəlxalq konfrans Georisk-2012 “Təbii təhlükələrin və risklərin azaldılması problemləri” mövzusunda (2012, Moskva, Rusiya); İNTAS beynəlxalq layihəsi çərçivəsində Cənubi Qafqazın geoloji təhlükələrinin gərginlik vəziyyətlərinin tədqiqi üzrə işçi qrupun görüşündə (2007, Karlsruye, Almaniya; 2008, Tiflis, Gürcüstan); Beynəlxalq Litosfera Proqramı (LLP) çərçivəsində beynəlxalq konfransda (ILP) (2009, Klerman-Ferran, Fransa); nüvə sınaqlarının geniş həcmli qadağan edilməsi barədə Saziş çərçivəsində beynəlxalq iclas-seminarda (CTBTO) (2010, Madrid, İspaniya); ESC Baş Assambleyada (2011, Vyana, Avstriya); XXV Baş Assambleyada MITC (2011, Melburn, Avstraliya); “Elm və Texnologiya” beynəlxalq konfransında (2011, 2013, Vyana, Avstriya); Kariplə beynəlxalq elmi tədqiqatlar fondunun təqdim etdiyi stipendiya çərçivəsində Milan-Bikokko Universitetinin professorları ilə görüşdə (2013, Milan, İtaliya); Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Prezidiumunun iclasında (2013, Bakı, Azərbaycan); Milli Elmlər Akademiyası ilə İtaliya Milli Tədqiqatlar Şurasının birgə beynəlxalq əməkdaşlığı çərçivəsində Ətraf Mühitin Analizi Metodologiyası İnstitutunun əməkdaşları ilə görüşdə (CNR) (2013, Potenza, İtaliya); “Kontinentlərdə zəlzələlərin və təhlükələrin ocaq zonalarının tektonikası” mövzusunda nəzəri fizika üzrə beynəlxalq seminarın mərkəzin seminarında (2013, Triyeste, İtaliya); Nüvə sınaqlarının geniş həcmli qadağan edilməsi barədə Müqavilə çərçivəsində beynəlxalq görüşdə (CTBTO) (2014, Vyana, Avstriya), Geoelmlər üzrə 32-ci Milli və 1-ci Beynəlxalq Konqresdə (2014, Tehran, Təbriz, İran); XXVI General Assambleyada MITC (2015, Praqa, Çexiya); “Elm və Texnologiya” beynəlxalq konfransında (2015, Vyana, Avstriya); Beynəlxalq Litosfera proqramının çərçivələrində beynəlxalq konfransda (ILP) (2015, Postam, Almaniya); Seysmoloqların Avropa Şurasının General Assambleyasında (2016, Triyeste, İtaliya); Baş Assambleyada EGU (2017, Vyana, Avstriya).

**Nəşrlər.** Dissertasiyanın mövzusu üzrə 60-dan çox elmi iş (məqalələr, tezlər) dərc olunub ki, bunlardan 20-dən artıq məqalə AR AAK-nın tövsiyəsi ilə doktorluq və namizədlik dissertasiyası materiallarının nəşri üçün nəzərdə tutulan nəşrlərdə dərc olunub.

**İşin strukturu və həcmi.** Dissertasiya girişdən, altı fəsildən, nəticədən və istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısından, o cümlədən 65 şəkil, 6 cədvəl və 15 nömrələnmiş düsturdan ibarətdir. İstifadə olunmuş ədəbiyyat

siyahısı 200 addan ibarətdir. Fəsilər məsələnin qoyuluşu ilə başlayır. Hər bir fəsilin sonunda nəticələr verilmişdir.

**Təşəkkürlər.** İş müəllif tərəfindən AMEA Geologiya və Geofizika İnstitutunun “Geodinamika və seysmologiya” şöbəsində icra edilmişdir. Müəllif AMEA Geologiya və Geofizika İnstitutunun direktoru, akademik Akif Əlizadəyə, işin bütün mərhələlərində göstərdiyi diqqət və marağa görə dərin təşəkkürünü bildirir. Müəllif apardığı tədqiqatlara daimi diqqət yetirdiyinə görə elmi məsləhətçisi, AMEA-nın həqiqi üzvü, professor Fəxrəddin Qədirova dərin minnətdarlığını bildirir. Müəllif həmçinin öz ikinci elmi məsləhətçisinə, AMEA-nın müxbir üzvü Qurban Yetirmişliyə də öz təşəkkürünü bildirir. Müəllif səmimi yardımına görə g.m.e.n. Ağayeva Solmaza öz təşəkkürünü bildirir. Müəllif işin bütün mərhələlərində dəyərli məsləhətlərinə görə f.-r.e.n. Azər Qədirova təşəkkürünü bildirir. Müəllif həmçinin öz İtalyan həmkarına, İtaliya Ətraf Mühitin Analizinin Metodologiyası İnstitutunun professoru Luçiano Teleskaya və Milan-Bikokko Universitetinin (Milano-Bicocca) professoru Alessandro Tibaldiyə də minnətdardır.

### *İşin qısa məzmunu*

Girişdə işin aktuallığı, tədqiqatın məqsəd və istiqamətləri, elmi yenilik, alınmış nəticələrin nəzəri və praktiki əhəmiyyəti, onların sınaqdan keçirilməsi və praktiki realizasiyası barədə məlumatlar verilmişdir.

## **I FƏSİL. ABŞERON YARIMADASININ GEODİNAMİK VƏZİYYƏTİ MƏSƏLƏSİNİN ÖYRƏNİLMƏ SƏVİYYƏSİ**

Birinci fəsil Abşeron yarımadasının geoloji-geodinamiki və tektonik quruluşu, Abşeron yarımadasında müasir şaquli sürüşmələr, GPS sürətləri analizi haqqında qısa öçerkdən, və baş verən zəlzələlər haqqında bir sıra ədəbi mənbələrə əsasən verilmiş qısa tarixi məlumatdan ibarətdir. Onlara müvafiq olaraq Abşeron yarımadası Ərəbistan plitəsinin Avrasiya plitəsi ilə aktiv kontinental kolliziya zonasında yerləşir. Geodinamik baxışdan Abşeron yarımadası Böyük Qafqazın cənub-şərqi çökəkliyində, Baş Qafqaz Qırılmada (BQQ) və Mərkəzi Xəzər Seysmik Zonası qovşağında yerləşir. Regionun geodinamikasının unikallığı, geoloji quruluşun xüsusiyyətləri ilə, əsasən çox güclü, gənc çöküntü örtüyünün (25-30 km-ə qədər) olması ilə əlaqəlidir. Bu çox vacib və əsaslı faktır, yəni məhz belə böyük çöküntü qatının olması həm güclü həm də zəif zəlzələlər baş versə, böyük

miqdarda seysmik enerjinin sönməsinə şərait yaradır. Burada hiss edilən miqdarda seysmik enerjinin zəiflənməsi, seysmik dalğa amplitudasının sönməsi müşahidə olunur. Yarımadaın tektonik quruluşunun xarakter xüsusiyyəti onun Böyük Qafqazın meqantiklinorisinin sinklinorisi olmasıdır. Yarımadaın Böyük Qafqaz sistemində belə yerləşməsi, onun tektonikasının bütün xüsusiyyətlərini və təşkeledici layların litoloji xarakteristikasını aydınlaşdırır. Abşeron yarımadası ilkin (qat-qatlı) və ikinci (parçalayıcı, bir qatdan yuxarı uzanan və onların yuxarı hissələrinə məruz qalan) zonalara bölünə bilən tektonik fraksiyalarla mürəkkəbləşib.

Stratiqrafik anlamda Abşeron yarımadası ərazisində yuxarı-təbaşir, üçüncü və dördüncü dərəcəli çöküntülər aşkar olunur. Buna görə də yarımadaın geoloji tarixi yuxarı-santon zamanından (yuxarı təbaşir) etibarən daha dəqiq hesablanı bilər. Yarımadaın daha qədim suxurları heç bir yerdə gün üzünə çıxmır. Yarımadaın geoloji inkişafı tarixində 3 mərhələ ayrılır: 1) senonodaniya; 2) aşağı paleogen və 3) yuxarı paleogen-miosen mərhələləri. Əsas tektonik faktor Qafqazın Cənub-şərqi hissəsinin, amplitudasının paleogene doğru artımı ilə qalxımıdır. Paleosendə geotektonik planın daha intensiv yenidənqurulması və ayrı-ayrı qatların artımı başladı. Abşeron yarımadasının ən yeni strukturunda 5 iri geotektonik faza önə çıxır: 1) aşağı pliosen (pontik); 2) önməhsuldar; 3) balaxanı; 4) yuxarı pliosen və 5) antropogen.

Tektonik quruluşun xarakter xüsusiyyəti, Xəzər tektonik çökəkliyinin pliosen antropogen periodunda əsas rol oynamasıdır. Eyni zamanda Cənub Şərqi Qafqazın ox zonasının qalxması baş verir, həmçinin antropogenin özündə də Cənub-Şərqi Qafqazın qalxmasının üstün rolu var. Abşeron yarımadasının müasir tektonikasında submeridional istiqamətli qatlar üstünlük təşkil edir. Abşeron yarımadası və ona qonşu dəniz sahələri üzrə kəşfiyyat geofizikasının zəngin materialları geoloji metodlarla tədqiq olunmuş və təqdim edilmiş müasir tektonikanı təsdiq edir. Qravimetrik məlumatlara görə iki regional zona ayrılır. Onlardan, Şimali-Abşeron akvatoriyasını əhatə edən biri, ağırlıq qüvvələrinin yüksək qiymətləri ilə xarakterizə edilir ki, bu da mezozoy çöküntülərinin (yataqlarının) qalxmasından və ya dayaz yerləşməsindən xəbər verir. Bütün Abşeron yarımadasını və Pirallahi ilə Çilov adalarını əhatə edən digəri isə, ağırlıq qüvvələrinin aşağı qiymətləri ilə xarakterizə edilir ki, bu da çox güman ki, burada mezozoy çöküntülərinin (yataqlarının) əyilməsi yaxud dərinədə yerləşməsinin nəticəsidir. Bu zonalar eninə istiqamətdə yönlənib, bununla da Abşeron sahəsinin dərinlik quruluşunun "qafqaz" (mezozoy) təbiətini təsdiq edir.

Azərbaycan ərazisi seysmik cəhətdən Alp qatlı sisteminə girir ki, bu

sistemə yüksək seysmik aktivlik xasdır. İri subdairəvi və meridional kəsilişlər respublikanın bütün ərazisini keçərək, seysmik aktivlik səviyyəsinə görə fərqlənən mürəkkəb blok strukturunu yaradır. Azərbaycanda tarixi dövr ərzində  $M \geq 6$  maqnitudali güclü və katastrofik zəlzələlər baş verdi. Azərbaycanın seysmikliyi Böyük və Kiçik Qafqaz silsiləsinin şərqi qollarının seysmogen strukturlarının, Talışın, həmçinin Cənubi Xəzər çökəkliyinin kənar və sərhəd strukturlarının aktivliyi ilə şərtlənir. Respublikanın bütün ərazisinə və əsasən Abşeron yarımadasına təsir göstərən tarixi zəlzələlər sırasında, 427-ci ilin, 1139-cu il Göygöl, 1235-ci il Gəncə, xüsusilə çoxsaylı 1192, 1667, 1669, 1828, 1859, 1868, 1872 və 1902 illər Şamaxı, həmçinin 1842-ci il Maştağa zəlzələsi və 957, 1812, 1842, 1852-ci illər Xəzər zəlzələlərini qeyd etmək olar. Demək olar ki bütün bu seysmik hadisələr həm yer səthinin relyefinin dəyişməsinə həm də tikililərin dağılmasına və çoxsaylı insan itkilərinə gətirib çıxartdı. Belə demək olar ki, qonşu ocaqlarla müqayisədə, Abşeron yarımadası və qərbdən ona qonşu olan Qobustan zonası seysmik cəhətdən aktivliyi ən zəif olan sahədir. Qobustan zonasını hətta aseysmik zona da adlandırmaq olar. Abşeron yarımadasının özündə o qədər də güclü olmayan və nadir zəlzələlər qeyd olunur. Lakin üst səthə yaxınlığından ( $H=3,8$  km), bu ocaqlardan bəziləri kifayət qədər güclü (6-7 bal) hiss edildi, hətta 1842-ci il ( $M=4,5$ ) Maştağa zəlzələsi də episentrdə 8 bal intensivliklə hiss olundu. Belə zəlzələlərin titrəmələri kiçik sahələri əhatə edir və tez sönlür. Lakin, seysmik hadisələrin xronologiyasının göstərdiyi kimi, qonşu ocaqlar Abşeron yarımadasına potensial seysmik təhlükə yaradır.

**Nəticələr.** Tədqiqatlar göstərir ki, “seysmik” strukturlar geologiya və qazmanın aşkar etdiyi bütün qatlarla üst-üstə düşür və həmin tektonik zonaları ayırmağa imkan verir. Zəlzələlərin tektonik pozuntularla əlaqəsi ideyasının ilk dəfə söylənilməsi bu nəşrlərin aşkar üstünlüyüdür. Yuxarıda söylənilənləri təhlil edərək, qeyd etmək lazımdır ki, böyük miqdarda kiçik və iri tektonik parçalanmaların (həm torpağın üst qatında, həm də yerin altında) mövcudluğu, göründüyü kimi, həmçinin Abşeron zəlzələlərində seysmik təsirlərin səmərəsinin müəyyən dərəcədə zəifləməsinə səbəb olur.

## **II FƏSİL. ABŞERON YARIMADASI VƏ BAKI ŞƏHƏRİNİN SEYSMIKLİYİNİN ƏSAS PARAMETRLƏRİ VƏ GÖSTƏRİCİLƏRİ**

İkinci fəsildə 2015-ci ilə qədər müxtəlif zaman periodlarında seysmik hadisələrin episentrlərinin dəqiqləşdirilməsi üçün istifadə edilmiş mövcud respublika və beynəlxalq kataloq və bülletenlər vasitəsilə Abşeron yarımadası ərazisinin seysmikliyinin icmalı və xarakteristikaları verilmişdir. Seysmik hadi-

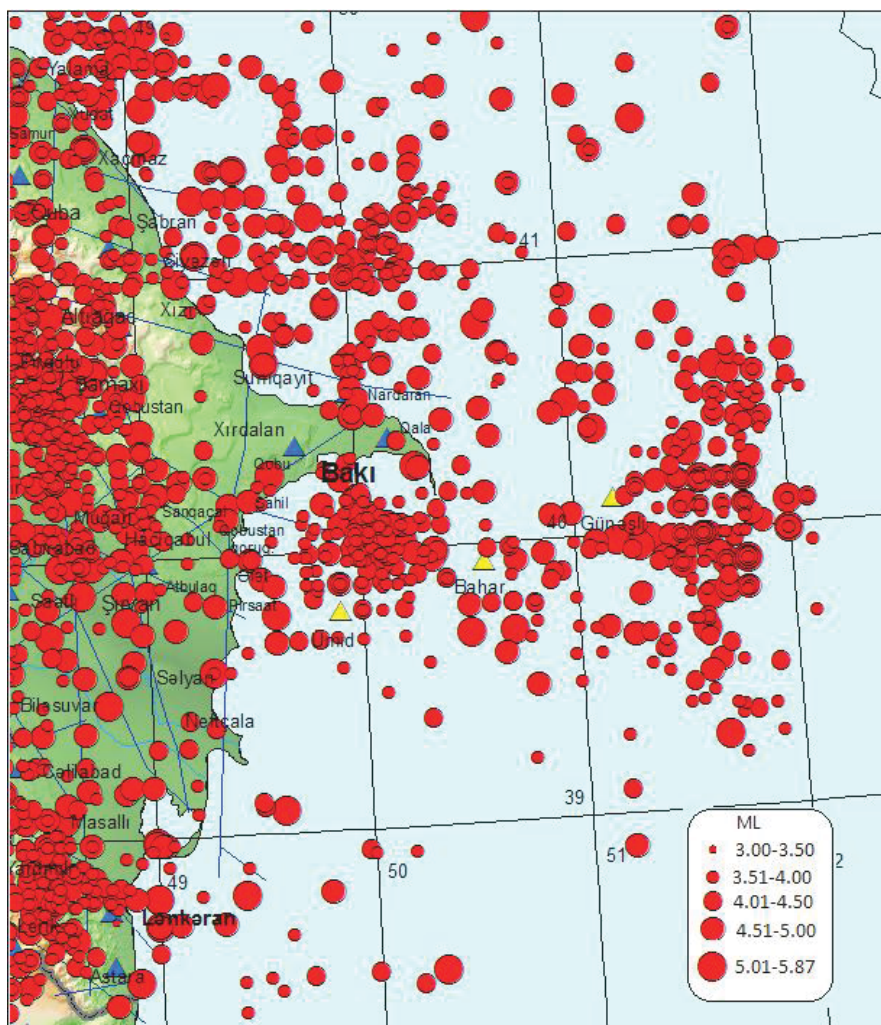
sələrin fokal mexanizmlərinin təyin edilməsinin müasir üsullarının, məsələn Ümumdünya Gərginliklər Xəritəsi (WSM) CASMO tətbiqi əsasında 1953-2015 dövrü ərzində Abşeron yarımadasının zəlzələ ocaqlarının mexanizmləri xəritəsi və qeyd olunan dövr üçün Azərbaycan ərazisinin gərginliklərinin paylanma xəritəsi qurulmuşdur. Bundan əlavə, regionun seysmikliyinin statistik qanunauyğunluğu təhlil olunmuş, Azərbaycanın bütün ərazisi üçün seysmik aktivliyin və titrəmələrin xəritələri tərtib olunmuş, və ilkin seysmikliyin yekun dəqiqləşdirilməsi üçün ocaqları Abşeronun və onunla qonşu sahələrin seysmogen strukturlarına aid edilən güclü zəlzələlərin təsirindən Bakı şəhəri ərazisində mümkün titrəmələrin hesabı aparılmışdır.

Bu fəsildə Abşeron yarımadasının müasir seysmik şəraiti haqqında ümumi məlumatı, 1842-2015-ci illərdə Abşeron yarımadasına yerli və qonşu ocaqlardan təsir göstərmiş (şək. 1) hiss edilən zəlzələlərin tərtib edilmiş episentr xəritəsinə və Abşeron yarımadasının 1953-2013-cü illərdə  $M \geq 4$  (şək.2) maqnitədalı zəlzələ ocaqlarının mexanizminin əldə edilmiş həllərinə görə Azərbaycan ərazisinin gərginliklərinin hesabi paylanma xəritəsinə əsasən əlmaq olar.

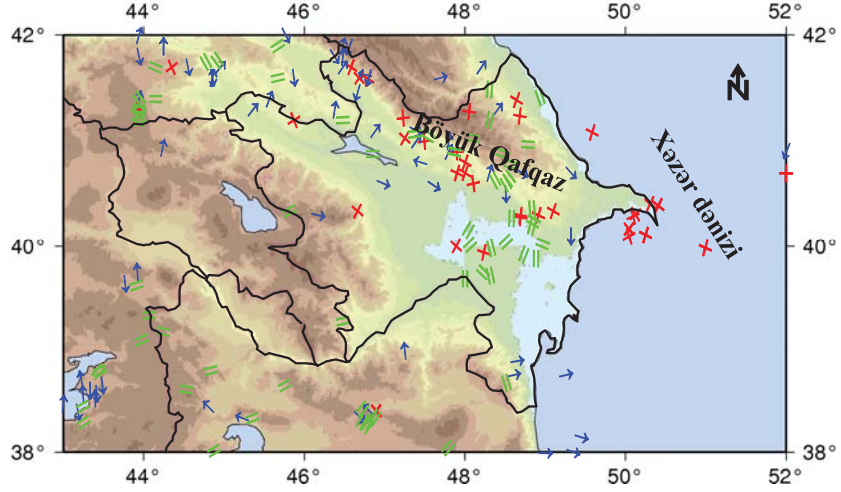
1990-2015-ci illər ərzində  $M_w \geq 5$  maqnitədalı zəlzələlər üçün Azərbaycanın və yaxın ərazilərin gərginliklərinin CASMO (Create A Stress Map Online) Dünya Gərginliklər Xəritəsinin metodikasına görə hesabi paylanması xəritəsinin əsasında qəbul olunan prinsip – gərginlik sahələrinin standart hesabat metodlarının istifadəsidir. Emal metodikası aşağıdakı kimidir. Gərginliklərin əsas oxlarının fəzada vəziyyəti haqqında məlumat bütün ölçmələr üçün tenzor şəklinə keçir.

Hər hansı bir nümunə götürmə çərçivəsində orta gərginliyin təyin edilməsi üçün tenzorun hər bir altı sərbəst komponentləri üçün orta arifmetik hesabat aparılır. Bu üsulla alınmış “orta” gərginliklər tenzoru vizuallıq və anlama üçün daha rahat şəkllə salınırdı – fəzada onun əsas oxları istiqamətləndirilirdi. Beləliklə, nəticədə hesabat sxemində orta gərginliklərin tenzorları bərabər paylanmış şəkildə alınır və onların əsas oxlarının fəzada vəziyyəti ilə təqdim oluna bilir.

Tədqiqatlarda 125-dən artıq hadisələrin məlumatlarından istifadə edirdi, onlardan 54-ü üçün CASMO metodikası ilə yuxarıda qeyd edilən seysmik xidmətlərin, mərkəzlərin və idarələrin ocaq mexanizmlərinin məlumatlarına görə əsas sıxılma və dartılma oxlarının oriyentasiyası müəyyən edilmişdi, digər hadisələr üçün isə Ümumdünya Gərginliklər Xəritəsinin (WSM) məlumatlarının oriyentasiyası diqqətə alınır.



Şək. 1. Abşeron yarımadası və qonşu ərazilərin 1842-2015 illərdə yarımadaya və Bakı şəhərinə təsir göstərmiş  $M_L \geq 3$  maqnitudalı hiss edilən zəlzələlərinin episentrlərinin xəritələri. Sarı üçbucaqlarla yeraltı seysmik stansiyalar, göylərlə yerüstü stansiyalar göstərilib.



**Şək. 2.** Azərbaycan ərazisinin və qonşu ərazilərin 1990-2015 illər dövründə  $M_w \geq 5$  moment maqnitudalı zəlzələ ocaqlarının mexanizmlərinin həllərinin əsas oxlarının məlumatlarına əsasən gərginliklərinin hesabi paylanması. Xəritə “Ümumdünya Gərginliklər Xəritəsi” layihəsinin metodikasına əsasən tərtib edilib (Heidbach et. al., 2008), (tərtib edən Babayev Q.R.). Ox işarələri ilə qırılıb qalxma və qırılıb qalxma-yerdəyişmə rejimləri üçün əsas sıxılma oxları, bərabərlik işarəsi ilə yerdəyişmə rejimləri üçün əsas sıxılma oxları, xaçlarla isə -ilə qırılıb qalxma və qırılıb qalxma -yerdəyişmə rejimləri üçün əsas dartılma oxları göstərilib. Zəlzələ ocaqlarının formalaşma mexanizmləri Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası (AMEA) Respublika Seysmoloji Xidmət Mərkəzinin, Rusiya, İran və Gürcüstan Elmlər Akademiyalarının kataloqlarından götürülmüşdür. Həmçinin zəlzələlərin fokal mexanizmlərinin həlləri, ABŞ Geoloji Xidmətinin (USGS), Qarvard zəlzələ ocaqlarının kataloqunun (CMT), Almanyanın Geoloji Elmlər üzrə Tədqiqat Mərkəzinin (GFZ), Seysmologiya üzrə Birləşmiş Beynəlxalq İnstitutun (IRIS), Ümumdünya Gərginliklər Xəritəsinin (WSM), Avropa Aralıq dənizi Seysmoloji Mərkəzinin (EMSC) məlumatlarına əsasən nəzərə alınmışdır.

Bundan başqa, bu fəsildə Abşeron yarımadasının seysmik rejiminin analizi həyata keçirilir ki, tədqiq olunan ərazinin seysmik təhlükə dərəcəsinin azaldılmasına yönəldilmiş tədbirlərin keçirilməsində zəruri atributtur. Abşeron yarımadası tez-tez zəlzələlərə məruz qalır və qonşu seysmik ocaqların ciddi seysmik təhlükəsini hiss edir. Şimalı Abşeron Seysmogen

zonası bu tiptən olub, Baş Qafqaz yarılımlar sisteminin cənub-şərqi davamı ilə şərtlənir. Bu yarılma yüksək seysmik aktivliyi ilə fərqlənir, Sumqayıt şəhəri və Maştağa yaşayış məntəqəsində VII ı VIII ballıq zəlzələlər baş verib; VII ballıq zəlzələlərin böyük tezlikləri ilə fərqlənir. Bu zonada 1842-ci il  $M_w=5.0$  moment maqnitudoalı hiss edilən Maştağa zəlzələsi, 1983-cü ilin  $M_w=5.0$  moment maqnitudoalı Nardaran zəlzələsi baş verib. Dərin yarılımların Vandam sisteminin davamı ilə şərtlənən Cənubi Abşeron seysmogogen zonası. Bu seysmogogen zona üçün potensial seysmikliyin hesabat qiymətləri göstərdi ki, gözlənilən hadisələrin maksimal intensivliyi VI-VII təşkil edə bilər ki, 25 noyabr 2000-ci il hadisə parametrləri (2000-ci il  $M_w=6.1-6.3$  maqnitudoalı güclü Xəzər zəlzələsi) ilə səciyyələnilir.

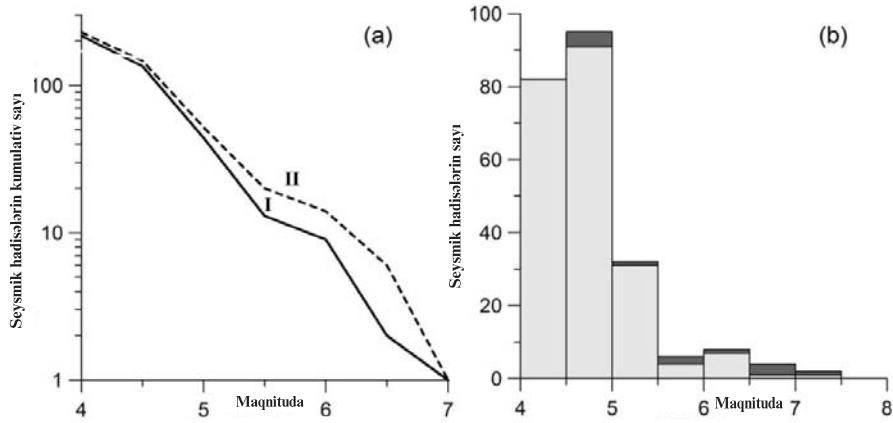
Növbəti mərhələ regionun seysmikliyinin statistik qanunauyğunluğunun, hadisələrin tezliyi və maqnitudları arasındakı asılılıqların tədqiqindən ibarətdir. Bunun üçün iki zəlzələ kataloqundan istifadə edilib. Birinci kataloqa (I)  $M>4$  maqnitudoalı 229 zəlzələ daxil olub, əsas etibarilə 1981-2015-ci illər periodunu əhatə edib, və AMEA Geologiya İnstitutunun və Respublika Seysmologiya Xidməti Mərkəzinin nəşr olunan bülletenlərinin, kataloqların, seysmoloji stansiyaların şəbəkələrinin məlumat bazasının və ilkin materiallarının köməyi ilə tərtib olunub. İkinci kataloqa (II) 1931-2015-ci illərin instrumental periodunu əhatə edən  $M>4$  maqnitudoalı 217 hadisə daxildir (Şək. 3).

Bu fəsildə həmçinin tədqiq olunan ərazi də daxil olmaqla Azərbaycanın bütün ərazisi üçün seysmik aktivlik (A), titrəmə və maksimal mümkün olan maqnituda hesablanmışdır. Bunun üçün tədqiq olunan ərazi  $25 \times 25$  km ölçülü sektorlara bölünür və hər bir sektorun mərkəzi hissəsi üçün (A) qiyməti

$$A = \frac{N_{\Sigma}(1 - 10^{-\gamma})1000}{10^{-\gamma(K_{\min} - K_0)} S T} \text{ düsturundan istifadə etməklə hesablanır,}$$

harada S – sektorun sahəsidir, A kəmiyyətinin hesablanması üçün istifadə olunur,  $N_{\Sigma}$ - bu sahədə baş verən zəlzələlərin sayı,  $\gamma$  - zəlzələlərin təkrarlanma qrafikinə meyil bucağı (bizim halda 0.78),  $K_0=10$ ,  $K_{\min}=12$  (harada K – zəlzələlərin energetik sinfidir),  $T=109$  il (kataloqda məlumatları olan dövr).





**Şəkil 3.** Abşeron yarımadasında zəlzələ hadisələrinin tezliyinin maqnitudalardan asılılıq qrafiki

a) – Zəlzələ yığıntıları və maqnituda arasındakı asılılıq qrafiki:

I – 1981-2015-ci illər periodunda hadisələr kataloqu; II – 1931-2015-ci illər instrumental dövrü ərzində hadisələr kataloqu.

b) – Hadisələr və maqnitudaların sayı arasındakı asılılıq qrafiki

İlkin seysmikliyin yekun dəqiqləşdirilməsi üçün, ocaqları Abşeronun seysmogen strukturlarına və qonşu sahələrə aid edilmiş güclü zəlzələlərdən Bakı şəhəri ərazisinin mümkün titrəmələrinin hesabı aparılmışdır.

**Nəticələr.** Seysmostatik təhlilin nəticələri göstərir ki, zəif seysmik təzahürlərin ümumi fonunda nisbətən az miqdarda böyük enerjili zəlzələlər müşahidə olunur. Ocaqların mexanizmlərinin həlləri göstərirdi ki, zəlzələlərin üstəgəlmə və qırılıb-qalxma mexanizmlərinin üstün olduğunu göstərdi ki, bu zaman zəlzələlərin episentrləri əsas etibarilə dərinlik yarılmalarına aid edilib. Onların gələcəkdə yaranma imkanını da bu zonalarla bağlamaq lazımdır. Ümumilikdə Abşeron ocaqlarının mexanizmlərinin əldə edilmiş həlləri, Ağalarova E.B. və Ağayeva S.T. kimi digər tədqiqatçıların nəticələri ilə uzlaşır. Bakı şəhəri ərazisinin ilkin seysmikliyini VIII bal qəbul etmək olar ki, bu da bu istiqamətdə işləyən Qubin İ.E., Rixter V.Q., Azovskiy M.V., Medvedev S.V., Quliyev F.T., Kuznetsov V.V., Babazadə O.B., Həsənov A.Q., Qədirov F.Ə., Babayev Q.R. kimi alimlərin işləri ilə də təsdiq olunur. Tədqiqat sahələri üçün seysmik aktivlik xəritəsinin təhlili, nisbətən yüksək aktivlik dərəcəli iki ayrılmış zonanı xüsusi olaraq ayırmağa

imkan verir:  $A_{10}=2,2-2,8$  ilə Xəzər dənizinin sahiyanı zonası və Abşeron yarımadasının şərq hissəsi və  $A_{10} \leq 1,0$  ilə Abşeron yarımadasının qərb hissəsi, bu da əhəmiyyətsiz aktivliklə xarakterizə olunur.

### **III FƏSİL. ABŞERON YARIMADASININ VƏ BAKI ŞƏHƏRİNİN SEYSMİK TƏHLÜKƏSİNİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ.**

Üçüncü fəsildə Abşeron yarımadasının seysmik təhlükəsinin təhlili və qiymətləndirilməsinin metodik xüsusiyyətləri ifadə edilir, sürüşmələr və palçıq vulkanizmi kimi seysmik təhlükə təzahürləri ilə əlaqəli faktorlar əlavə olunur. Bu zaman baş vermiş sürüşmələrin xarakteristikaları və müvafiq sürüşmələrdən əvvəl və sonra baş vermiş zəlzələlər barədə məlumatlar nəzərdən keçirilmişdir. Baş vermiş sürüşmələrin hiss edilən zəlzələlərin təzahürləri ilə qarşılıqlı əlaqəsini aşkar etmək cəhdi edildi. Palçıq vulkanı fəaliyyətinin Abşeron yarımadası ərazisinin seysmikliyinə təsirinin qiymətləndirilməsi üçün Xəzər dənizində episentral məsafəsi yarımadaadan cənuba doğru 50-60 km olan güclü 25 noyabr 2000-ci il zəlzələsindən əvvəl və sonra Şamaxı-Qobustan və Abşeron ərazilərində yerləşmiş palçıq vulkanlarının statik və dinamik gərginliklərinin dəyişməsinin təhlili verilib. Yerinə yetirilmiş statistik analiz və Kolomb funksiyası vasitəsilə aparılmış dinamik gərginlik hesabları, palçıq vulkan fəaliyyətinin seysmikliklə əvvəldən məlum olan əlaqəsini təkrar təsdiq etdi. Adətən palçıq vulkan ocaqlarının hüdudlarından uzağa nisbətən inkişaf etdiyi ərazidə seysmik aktivlik kifayət qədər zəif olur. Palçıq vulkanlarının statik və dinamik gərginliklərinin tədqiqində müasir yanaşma və metodları tətbiq edərək, aşkar edildi ki, 25 noyabr 2000-ci il zəlzələsindən sonra Şamaxı-Qobustan zonasının palçıq vulkanları sıxılma şəraitində (crustal contraction), Abşeron ərazisinin vulkanları isə dilatasiya şəraitindədir (crustal dilatation) (рис. 4). Məhz bu hallar müvafiq palçıq vulkanlarının püskürməsinə səbəb olur.

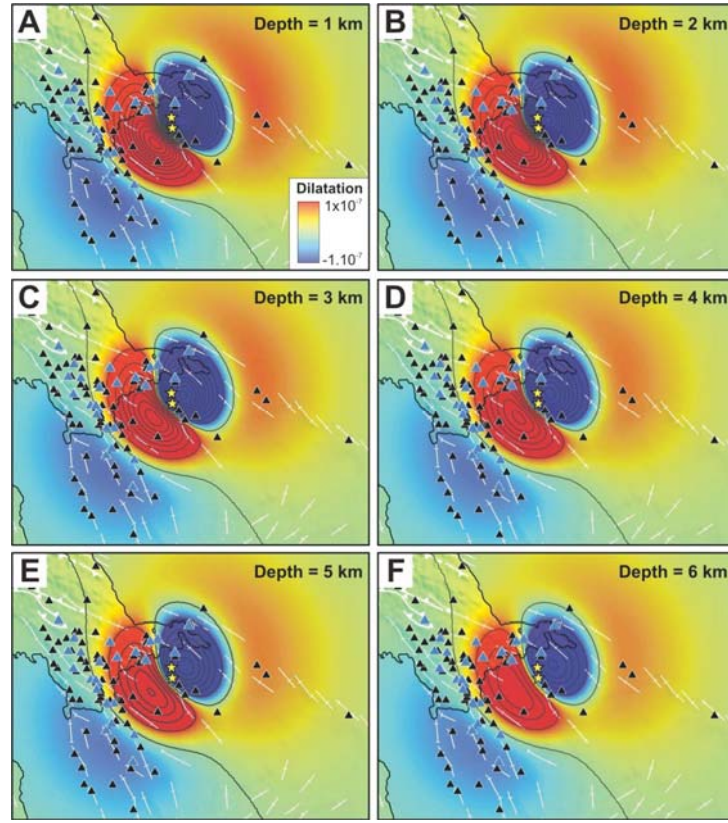
Daha sonra fəsildə Abşeron yarımadasının seysmik təhlükəsinin deterministik və ehtimal nəzəriyyələrinə əsasən və metodları ilə qiymətləndirmələrinin hesabları aparılır. Seysmik təhlükənin ayrı-ayrı ssenarili zəlzələlər üzrə hesabat yolu ilə alınmış deterministik üsul ilə qiymətləndirilməsinə, Bakı şəhərinin ərazisinin  $100 \times 100 \text{ m}^2$  addımı ilə ayrılmış hər bir kvadratı üçün maksimal tezliyin və intensivliyin paylanma kəmiyyətinin təyin etməyə imkan verən seysmik generasiya edən elementlərin nəzərdən keçirilməsi də daxildir. Əvvəlki tədqiqatlardan (2005) fərqli olaraq, seysmik ocaqlar nöqtə şəklində deyil, real titrəmə mənbələri şəklində nəzərdən keçirilirdi. Hesabat üçün faktiki material kimi, Abşeron yarımadasının geoloji profilləri, quyu məlumatları,

çöküntülərin stratigrafi və litoloji kəsilişləri, 25 noyabr 2000-ci il  $M=6.3$  maqnitudovalı və ocağın dərinliyi  $h=35$  km olan Xəzər zəlzələsinin (yaxın hadisə kimi xarakterizə olunur), 24 iyun 1935-ci il Suraxanı zəlzələsi (yerli hadisə) ( $M=3.5$ ,  $h=5$  km); 27 yanvar 1963-cü il (uzaq hadisə) Xəzər zəlzələsi ( $M=6.5$ ,  $h=30$  km) və 13 fevral 1902-ci il (uzaq hadisə –mümkün olan ekstremal) Şamaxı zəlzələsi ( $M=6.9\pm 0.2$ ,  $h=8$  km) üzrə məlumatlar istifadə olunub. Qeyd edilən zəlzələlər üçün ümumilikdə hesabatda Bakı şəhərini təşkil edən 480 kvadrat çərçivə (setka) iştirak edib. Həmçinin hesabatda, SHAKE proqramının vasitəsi ilə  $M_w=6.5$  maqnitudovalı maksimal mümkün olan Xəzər zəlzələsi zamanı tipik etalon qruntları üçün çıxış signalı şəklində alınmış sintez olunmuş akseloqramlarda iştirak edir. Seysmik dalğaların konkret torpaq qatlarından paylanması proseslərinin modelləşməsi əsasında formalaşmış bu akseloqramlar Bakı şəhərinə seysmik təsirlərin kəmiyyət göstəricilərinin müəyyən edilməsi üçün istifadə olunub. Hər bir seysmik hadisənin ümumi seysmik modelləşdirilməyə töhfəsi onun seysmik momenti ilə müəyyən edilir. Bakı şəhərinin baş vermiş sənərilə zəlzələlərin makroseysmik məlumatlarına görə qurulmuş, və torpağın maksimal titrəmə qiymətlərində əks olunan seysmik təhlükə modeli Şək.5-də göstərilir.

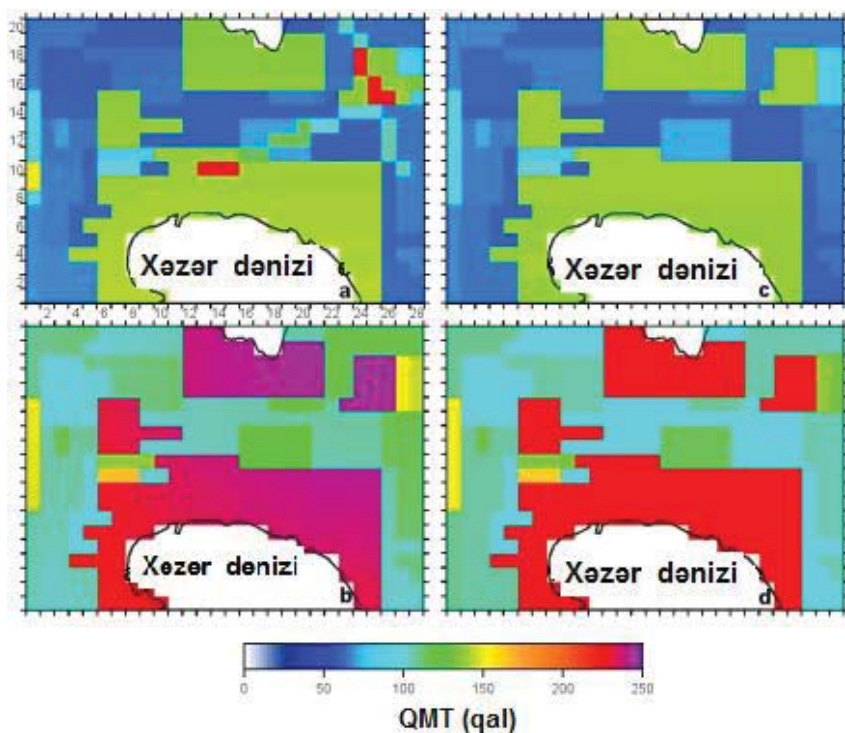
Abşeron yarımadasının seysmik təhlükəsinin ehtimal nəzəriyyəsinə əsasən qiymətləndirilməsi iki üsulla yerinə yetirilib: seysmik parametrlərinin hesabatı və klaster analizi. Klaster və Alan faktor analizi, həmçinin seysmik hadisələrin çoxölçülü qruplaşma metodu, Abşeron-Balxanyanı həddinin 1842-2015-ci illərdə regionda seysmik hadisələrin ardıcılıq dinamikasını tədqiq etməyə, zəlzələlərin paylanma proseslərini aydınlaşdırmağa və tədqiq edilən regionun seysmik rejiminin müxtəlif xüsusiyyətlərini aşkar etməyə imkan verir (Şək. 6).

Klaster analizi və çoxölçülü qruplaşma metodu, tədqiqat zonasında zaman intervalında seysmik ardıcılıqların dinamik rejimini qiymətləndirməyə, güclü seysmik hadisəni müşayiət edən qanunauyğunluqları aşkar etməyə və zəlzələlərin periodikliyi ilə qarşılıqlı əlaqəsini daha dəqiq ayırmağa imkan verdi.

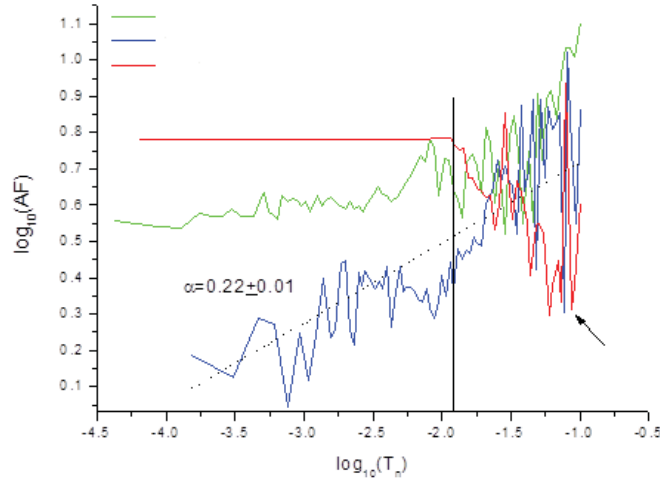
Klaster analizə görə Abşeron-Balxanyanı seysmik aktiv zonanın geodinamik cəhətdən unikallığının təsdiqi mümkün oldu. Bir qayda olaraq, maqnitudoanın aşağı həddinin yuxarı qiymətində zəlzələlərin paylanması, bir çox hallarda Puasson hadisə axınına görə baş verir, lakin Abşeron-Balxanyanı zonada maqnitudoanın aşağı həddinin yüksək qiymətində  $M=4$ , zəlzələlərin təzahürünün təsadüfi olmayan qarşılıqlı əlaqəsi və periodikliyi müşahidə olunur.



**Şək. 4.** Statik gərginliyin rəqəmli modelləşdirilməsinin nəticələri. Şəkildə Xəzər zəlzələsinin iki təkanı üçün iki müxtəlif dərinliklərdə əmələgəlmiş dilatasiya (a-d) və kumulyativ təsiri (e-f) göstərilmişdir. Qırmızı rənglə dilatasiya sahəsi, mavi ilə -sıxılma zonaları göstərilib. Şərti işarələr: depth– dərinlik; dilatation–dilatasiya.



**Şək. 5.** a) 25 noyabr 2000-ci il  $M=6.3$  maqnitudalı və ocağın dərinliyi  $h=35$  km olan Xəzər zəlzələsinin (yaxın hadisə kimi xarakterizə olunur), b) 24 iyun 1935-ci il Suraxanı zəlzələsi (yerli hadisə) ( $M=3.5$ ,  $h=5$  km); c) 27 yanvar 1963-cü il (uzaq hadisə) Xəzər zəlzələsi ( $M=6.5$ ,  $h=30$  km) və d) 13 fevral 1902-ci il (uzaq hadisə – - mümkün olan ekstremal) Şamaxı zəlzələsi ( $M=6.9\pm 0.2$ ,  $h=8$  km) kimi 4 ssenarili zəlzələnin məlumatlarına görə qruntun maksimal titrəmə təcilinin qiymətləri əsasında Bakı şəhərinin seysmik təhlükə modelləri.



**Şək. 6.** Alan faktor analizinə (AF) əsasən zaman intervallarının (T), klaster zəlzələlərinin təyini.

Qeyd: 1842-2012-ci illər ərzində hadisələr ardıcılığı qrafikdə yaşıl rəngdə göstərilib, 1995-2012-ci illər ərzində zaman intervalı göy rəngdə, 1949-1991-ci illər ərzində isə qırmızı rəngdə göstərilmişdir.

**Nəticələr.** Seysmik təhlükənin deterministik qiyməti, məhz Bakı şəhərinin qruntunun effektiv maksimal təcilinin inteqrasiya olunmuş modellərinin analizi, episentrin uzaqlığından və maqnitudadan asılı olaraq, Bakı şəhəri ərazisinin əhəmiyyətli hissəsinin VII, VIII və IX bala malik intensivliklə xarakterizə olunduğunu müəyyən etməyə imkan verdi. Bakı şəhərinin bəzi mərkəzi, sahiyanı və sürüşmə zonaları IX ballıq titrəmə payına düşür. Seysmik təhlükənin ehtimal edilən qiyməti isə belə bir nəticəyə gəlməyə imkan verdi ki, regionda zəlzələlərin bir hissəsi təsadüfən baş vermir, onların təzahüründə qanunauyğunluq və bu zəlzələlər arasında, ümumilikdə müəyyən kinematik və dinamik parametrlə təktonik proseslərdən asılı olan qarşılıqlı əlaqə mövcuddur.

#### IV FƏSİL. AZƏRBAYCAN ƏRAZISİNDƏ MİKROSEYSMİK TƏDQIQATLARIN İCMALI

Dördüncü fəsildə ümumilikdə Azərbaycan ərazisinin mikroseyismik və makroseyismik tədqiqatlarının tarixinin bir sıra ədəbiyyatda olan mənbələr əsasında analizi və instrumental seysmik mikrorayonlaşdırmanın mövcud üsullarının qısa icmalı verilir.

Instrumental seysmik mikrorayonlaşdırmanın mövcud üsulları bir ümumi əsasnaməyə malikdir: hər-hansı bir sahənin və ya rayonun seysmik mikrorayonlandırılması zamanı tədqiq edilən rayonun mühəndis-geoloji məlumatlarının analizindən, seysmik rayonlandırma xəritəsində ilkin balların aid olduğu qrunt tipini ayırmaq lazımdır. Abşeron üçün bu tip – dördüncü dövrlü gilli-qumlu qruntur, bu qrunt yarımada ərazisində geniş yayıldığından və yaşayış məntəqələrinin ümumi sayından təqribən yarısı qədər sənaye və yaşayış tikililərinin fundamentləri bu qrunt üzərində yerləşir. Qruntların qatlarının amplituda-tezlik xarakteristikalarının mikrotitrəmələr üsulu ilə öyrənilməsi üzrə mövcud ədəbiyyatın analizi və icmalı, bu üsulun qruntun rezonans xassələrinin qiymətləndirilməsi üçün qənaətbəxş nəticələr verdiyi fikrinə gəlməyə və qruntun titrəmələr amplitudasının güclənmə əmsalını qiymətləndirməyə imkan verir.

Dördüncü fəsil Bakı şəhəri qruntlarının amplituda-tezlik xarakteristikalarının, inkişaf etmiş ölkələrin urbanlaşmış şəhərləri üçün müvəffəqiyyətlə tətbiq edilən Nakamura metodu ilə hesablanma metodikasının sonrakı fəsildə istifadəsinin əsaslandırılmasına xidmət edir. Metodikada üfüqi və şaquli komponentlərin spektrləri arasındakı nisbət qruntların tezlik xarakteristikalarının qiymətləndirilməsinin əsası kimi verilir. Təcrübələrlə sübut edilmişdir ki, metod, titrəmələrin texnogen küy olan spektral komponentlərini kompensasiya etməyə və yüksək səviyyəli texnogen küylər şəraitində mikroseymik rayonlandırma aparıldığı zaman daha etibarlı nəticələr əldə etməyə imkan verir.

**Nəticələr.** Azərbaycan ərazisinin mikroseymik və makroseymik tədqiqatları tarixinin müfəssəl analizi belə bir nəticəyə gəlməyə imkan verir ki, 1989-cu il son seysmik rayonlandırma xəritəsi və keçmiş SSRİ-nin bütün seysmik aktiv sahələri üçün analoji xəritələri 1989-cu il Spitak zəlzələsindən sonra sürətlə, tələsik tərtib olunmuşdu ki, bu da qısamüddətli ümumiləşdirmələrin keyfiyyətində əks olunmaya bilməzdi. Müəlliflər özləri tərtib olunmuş CP-89 xəritəsinin çatışmazlıqlarını qeyd edirlər. Xəritə demək olar ki, seysmik məlumatların tektronik strukturların xüsusiyyətləri ilə korrelyasiyası olmadan tərtib edilib; Azərbaycan ərazisində yalnız 8 və 9 ballıq ayrılması zəlzələlərin və çoxsaylı tədqiqatların nəticələri haqqında statistik məlumatlarla aşkar şəkildə uzlaşmır. Daha əvvəlki xəritələrdə (1968 və 1980-ci illər) yeddi-, səkkiz-, və doqquz- ballıq sahələr (yeddi ballılar üçünlük təşkil edirdi) ayrılırdı. Seysmik mikrorayonlaşdırma məqsədləri üçün üfüqi və şaquli spektral komponentlərin nisbəti üsulunun tətbiqi təcrübəsi göstərir ki, bu üsul digər üsullardan nisbətən sadəliyi, operativliyi ilə sərfəli şəkildə fərqlənir və bu da işin böyük ərazilərdə

nisbətən qısa müddətdə və kiçik vəsait xərcləri ilə icra edilməsinə imkan verir.

#### **V FƏSİL. BAKI ŞƏHƏRİ ƏRAZİSİNİN NAKAMURA METODU İLƏ MİKROTREMOR ÖLÇMƏLƏRİ MƏLUMATLARINA ƏSASƏN RAYONLAŞDIRILMASI**

Beşinci fəsildə mikroseysmik tədqiqatların əsaslarının qısa icmalı, Bakı şəhəri ərazisinin mikrotremor ölçmələrin məlumatlarına görə Nakamura metodu ilə rayonlaşdırılmasının tədqiqi verilmişdir. Tədqiqatların əsas məqsədi – Bakı şəhəri üçün Nakamura metodu ilə mikrotremor ölçmələrinin məlumatlarına görə qruntların ilkin kilometrərinin mikroseysmik parametrlərinin xəritələrinin öyrənilməsi və tərtib edilməsidir. Bu zaman işlərin əsas məqsədi – amplituda-tezlik xarakteristikalarının, yerli (təbii) mikroseysmik titrəyişlərin rejiminin və fəzada paylanmasının öyrənilməsi, bu parametrlərin lokal qrunտ şəraitləri ilə balın təzahür və artım intensivliyi tendensiyalarının əlaqəsinin müəyyən edilməsidir. Tətbiq edilən metod titrəyişlərin texnogen küy olan spektral komponentlərini kompensasiya etməyə və texnogen küylərin yüksək səviyyəsi şəraitində mikroseysmik rayonlaşdırmanı icra etdiyi zaman daha etibarlı nəticələr almağa imkan verir. Nakamura metodunda ötürücü funksiyalar  $U(x) = (H_N + H_E)/2V_Z$  düsturu ilə hesablanır, burada  $H_N$  və  $H_E$  – “şimal-cənub” və “şərq-qərb” üfüqi komponentləri üzrə mikroseysmik spektrləri;  $V_Z$  – şaquli komponent üzrə spektr. Sonra ötürücü funksiyaların maksimumlarının tezlikləri müəyyən olunur və bu tezliklər üçün seysmik intensivlik artımları hesablanır:  $\Delta I = K \lg(\frac{U_s}{U_r})$ , burada  $U_s$  и  $U_r$  – tədqiq olunan və etalon qruntlarda ötürücü funksiyaların maksimal qiymətləridir. Bu metodun empirik əsası vardır və o sənaye küylərinin təhrifedici təsirinə digər metodlara nisbətən daha az məruz qalır, bu metodun ciddi fiziki-riyazi əsaslanması olmadığı kimi, nəticələrin dəqiqliyinin qiymətləndirilməsi də yoxdur. Nakamura metodunda tezliyə görə güclü yuvarlaqlaşmadan istifadə edilir və tezlikdən asılı olmadan titrəmələrin maksimal güclənməsi qiymətləndirir. Nakamura metodu ilə seysmometrik tədqiqatlar əvvəllər müvəffəqiyyətlə icra edilirdi və hazırda da icra edilir, o cümlədən İtaliyada (Kolizey, Piza qülləsi) memarlıq abidələrinin dağılma ehtimalının qiymətləndirilməsi, Yunanıstanda tarixi Saloniki şəhəri və Yaponiyada Tokyo və Yokoqama şəhərləri, Rusiyada Kalininqrada, Kaliforniyada San-Fransisko. Metodikanın tətbiq olunduğu bütün regionlar bu və ya digər dərəcədə seysmik aktiv zonalardır.

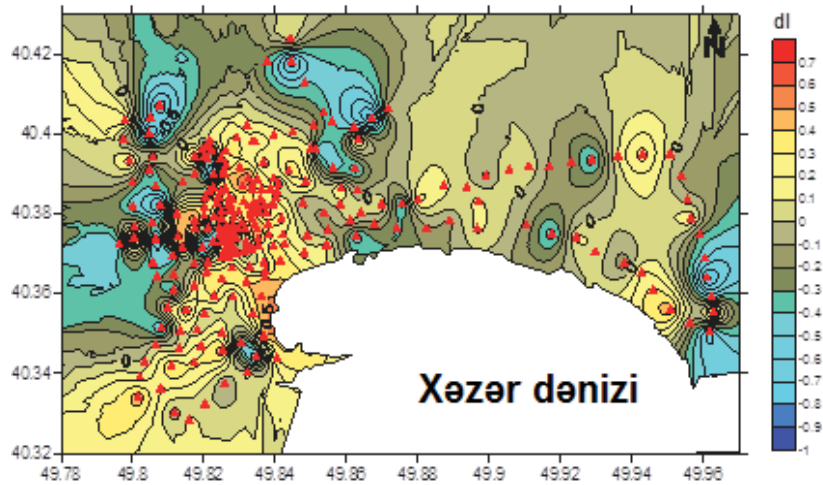


Müvafiq olaraq, seysmik mikrorayonlaşdırmanın metodlar kompleksi və üsullarına görə intensivliyin artımının hesabat nəticələrinin analizi (Şək.7), həmçinin balın artım xəritəsinin Bakı şəhərinin üst qatlarının qrunտ şəraitlərinin modelləri ilə müqayisəsi göstərir ki, 8-9 ballıq intensivliyin aid edildiyi axıcı-plastik sulanmamış gilli etalon qruntlara nisbətən intensivliyin artım qiyməti:

1) Su tərkibli qum və daşın gilli qruntları üçün (yumşaq plastik, axıcı konsistensiya və s.), - +1 bal.

2) Qumlu-gilli dolğulu çay daşları üçün  $> 30\%$ , dördüncü yaş dərəcəli çınqıl-çay daşı, gilli araqatları olan əhəngdaşı - 0 bal.

3) Qumlu-gilli dolğulu çay daşları üçün  $< 30\%$ , dördüncü yaş dərəcəli qum, gil, əhəngdaşı və gilli qum əlavələri; üçüncü yaş dərəcəli əhəngdaşları və qum daşları -1 bal.



Şək. 7. Bakı şəhəri ərazisinin ballarının mikrotremor ölçmələrin nəzəriyyəsi əsasında artma xəritəsi

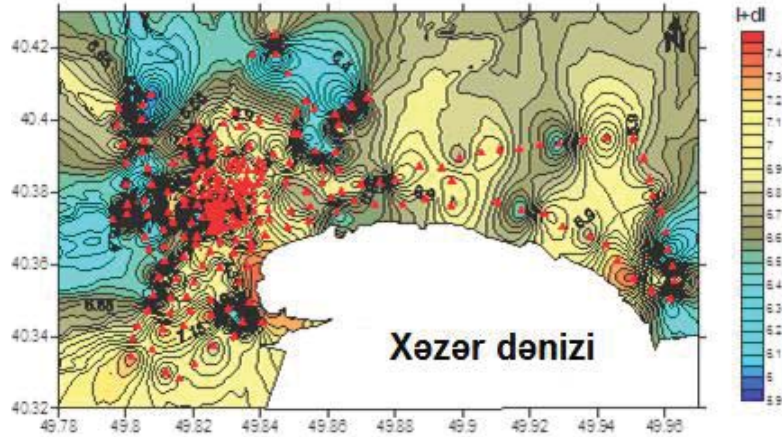
Balların artma xəritəsini təhlil edərkən qeyd etmək olar ki, seysmik balların minimal, sıfır yaxın artmaların sahəsi şəhərin mərkəzi və qərb hissələrində, həmçinin şəhərin şimal-şərq və cənub –şərq hissələrin ayrı-ayrı sahələrində dar ləkə şəklində nəzərə çarpır. Bu ləkə şəhərin mərkəzi hissəsinə doğru  $\Delta I=0,1-0,5$  qiymətlərinə qədər, şərqə doğru isə  $\Delta I -0,1$ -dən  $-0,7$ -yə qədər qiymətlərinə doğru yayılır. Şimal-şərq hissəsində dar sıfır xətt parçası həmçinin  $\Delta I -0,1$  qiymətindən  $-0,7$ -yə qədər kənarlara doğru

bərabər yayılır. Şəhərin cənub-qərb hissəsində Zıx şosesi və Gəncə prospekti sahəsində və onun əhatəsində kifayət qədər qeyri-bərabər mənzərə müşahidə olunur. Burada P67 əhatəsində (Gəncə prospekti) balın sıfır artması mərkəzi sahilyanı zonaya Zığ şosesinə doğru 0.4 qiymətinə qədər artır, kənarlarda isə şimala və cənuba doğru prospekt boyunca -0.7-yə qədər düşür. Bakı şəhərinin şimal hissəsində  $\Delta I$  qiymətləri -0,3 qiymətinə qədər düşür, lakin 0,2-0,3 qiymətləri ilə ayrı-ayrı lokal ləkələrə rast gəlinir. Belə ləkələrdən biri P161 nöqtəsində (Babək prospekti) yerləşir ki, burada artmanın ölçülmüş qiyməti 0,4 təşkil edir.

Növbəti mərhələ seysmik mikrorayonlaşdırma, yəni hesabat balının təyin edilməsi, yəni qrunt şəraitləri əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənən sahələrin verilən seysmik region hüdudlarında ayrılması idi. Seysmik mikrorayonlaşdırma – verilən seysmik aktiv rayonda yerli şəraiti də nəzərə almaqla seysmik mikrorayonlandırma xəritəsinin tərtibi ilə, potensial seysmik təhlükənin düzəlişi və dəqiqləşdirilməsidir (Şəkil 8).

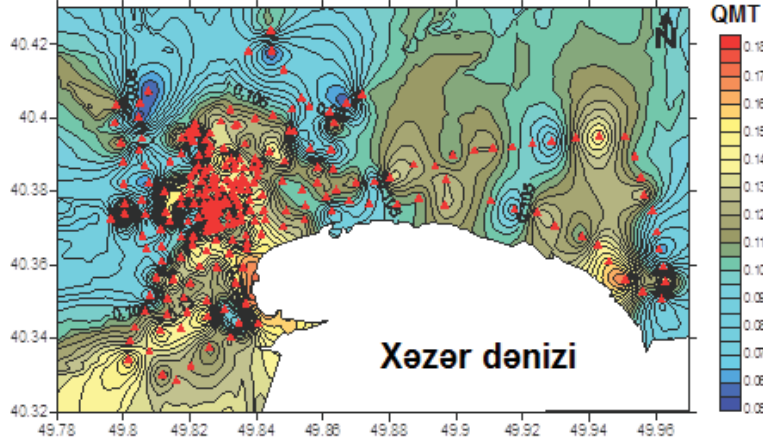
Mikroseysmik rayonlaşdırma göstərdi ki, Bakı şəhəri ərazisinin 45%-ə qədəri 7.0-7.5 ballıq həddə malikdir.

Qruntun maksimal təcil xəritəsinin (ingiliscə, PGA) hesabatı üçün (PGA) ilə zəlzələnin intensivliyi arasında empirik asılılıqdan istifadə olunub.



**Şək. 8.** Bakı şəhərinin qruntun amplitud-tezlik göstəricilərini nəzərə almaqla qurulmuş seysmik mikrorayonlaşdırma xəritəsi, lokal qruntun etalon qrunt nisbətən xassələri hesabına, seysmik titrəyişlərin bal ilə (dI), seysmik titrəyişlərinin təcilinin artım əmsalının artması

Şək. 9-da Bakı şəhəri üçün qruntun (PGA) maksimal təcilinin xəritəsi verilir. Şəkildən görüldüyü kimi, Bakı 0.1-0.2g-a bərabər zonada (PGA) yerləşir ki, bu da nisbətən yüksək seysmik təhlükədən xəbər verir.



**Şək. 9.** Mikrotremor ölçmələr nəzəriyyəsi əsasında Bakı şəhəri ərazisinin qruntunun maksimal təcil xəritəsi.

**Nəticələr.** Qrunt titrəyişlərinin orta güclənməsinə məruz qalan, tərkibinə görə nisbətən mülayim qrunt şəraitləri şəhərin şimal-qərb və şərq hissələrində müşahidə olunur. Qruntun titrəyişlərinin kifayət qədər güclənməsinə məruz qalan daha az stabil qrunt tipi əsas etibarilə Bakı şəhərinin sahiləyi və mərkəzi hissələrində müşahidə olunur. Axıçı konsistensiyalı, üst-üstə yığılmış gilli qrunt qatları, su tərkibli qum və valun sahələri üçün güclənmə müşahidə olunur. Dördüncü dövr qum, gil, əhəng daşından ibarət qumlu-gilli dolğu yığılmış <30%, sahədə titrəyişlərin amplitudası və aşağı rezonans tezlikləri 4-7 Hrs, 9-11 Hrs (maksimal tezlik 18 Hrs) müşahidə olunur.

Qumlu gillər üçün titrəyişlərin güclənməsi nisbətən azdır və rezonans tezlikləri 5-8 Hrs təşkil edir. Dördüncü dövr daş çınqıllı, gil qatları olan əhəng daşlı, qumlu-gil dolğulu çınqıl üçün >30%, amplitudalar bir qədər azdır, əsas spektral pik 10-12 Hrs tezlikdə müşahidə olunur. Ümumilikdə mövcud olan məlumatlar belə bir nəticəyə gəlməyə imkan verdi ki, mikroseysmik prosesin üfüqi təşkilediciləri, çox güman ki, daha artıq dərəcədə yer qabığının müxtəlif horizontlarının geodinamik vəziyyətini əks edir. Mikroseysmik prosesin şaquli təşkiledicisi, görüldüyü kimi, mühitin litoloji xüsusiyyətlərinə daha hissiyatlidir.

## **VI FƏSİL. BAKI ŞƏHƏRİ QRUNTUNUN HİSSEDİLƏN SSENAR ZƏLZƏLƏLƏRİN PARAMETRLƏRİNƏ ƏSASƏN GÜCLÜ TİTRƏMƏLƏRİNİN MODELLEŞDİRİLMƏSİ**

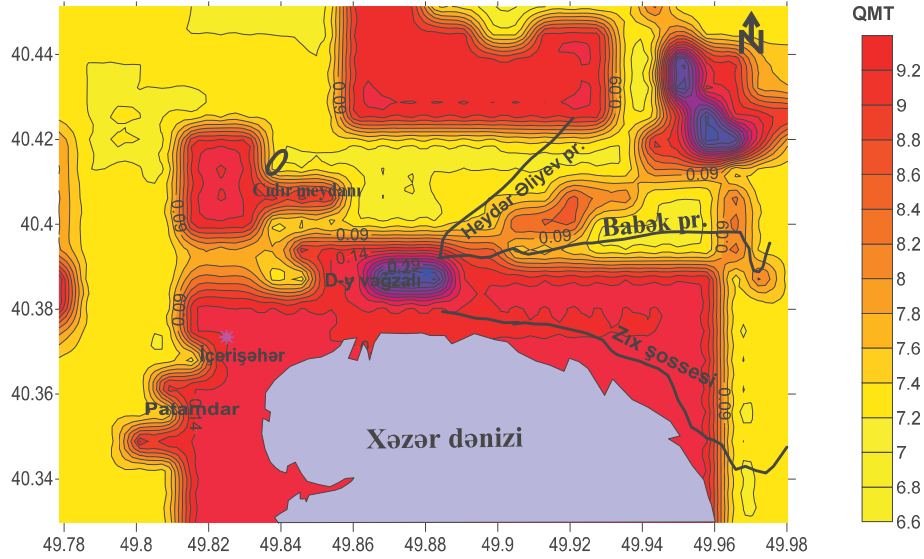
Fəsil 6-da Bakı şəhəri qruntunun güclü titrəmələrinin tədqiqi və hiss edilən ssenar zəlzələlərin parametrlərinə əsasən güclü titrəmələrin parametrlərinin modelləşdirilmə nəticələri verilir.

Məlum olduğu kimi, güclü seysmik titrəmə hərəkətlərini xarakterizə edən əsas parametrlər qruntun təcili, sürəti və yerdəyişməsidir. Qruntun güclü hərəkətlərinin korrelyasiyasının nəzərə alınması, böyük ərazidə yerləşən bina və tikililər (şəhərlər, nəqliyyat sistemləri, elektrik cərəyanı ötürmə xətləri və s.) üçün seysmik təhlükə və ziyanın qiymətləndirilməsi zamanı zəruridir. Mövcud empirik intensivlik əlaqələrinin güclü hərəkət parametrləri ilə tətbiqinin fiziki kriterilərini əsaslandırmaq məqsədi ilə Bakı şəhəri qruntunun güclü titrəmə hərəkətlərinin mühəndis-seysmoloji modelləri qurulmuşdur.

Ssenar zəlzələlərinin əsası kimi yaxın keçmişdə 25 noyabr 2000-ci il baş vermiş Xəzər zəlzələsinin makroseysmik parametrləri (maksimal maqnituda, ocağın dərinliyi, episentral məsafə) götürülmüşdür. Empirik yanaşmada dərin və səthi seysmik yerdəyişmələr, dərin və səthi qatların seysmik dalğalarının titrəmə amplitudasının güclənməsi öyrənilmiş, güclü ssenar zəlzələlərin makroseysmik məlumatlarına görə dərin və səthi seysmik yerdəyişmələr üçün dalğaların sönmə qanunauyğunluqları tədqiq olunmuşdur. Bundan əlavə, qrunt şəraitlərinin seysmik xarakteristikaları (eninə seysmik dalğaların yayılma sürəti, litoloji tərkib, qrunt qatlarının sıxlığı və qalınlığı) öyrənilmişdir. İş prosesində qruntların titrəmə xarakteristikalarını (güclənmə və dempfirləmə əmsallarının təyin edilməsi) tədqiq etmək zəruri idi. Şəhərin real seysmik təhlükəsinin qiymətləndirilməsi üçün bu faktor çox vacibdir.

Bakı şəhəri ərazisi üçün ssenar hiss edilən zəlzələlərin parametrlərinə görə hesabat nəticəsində qruntun maksimal təcil vahidlərində (MTV) seysmik mikrorayonlaşdırılma xəritəsi tərtib olundu (Şək. 10).

Mikrotremor dəyişmələr metodu və ssenar hissəolunan zəlzələlər üzrə empirik metoda görə tərtib olunaraq alınmış modellərin müqyisəli analizi verilir. Son metodda makroseysmik vahidlərə görə gözlənilən seysmik parametrlərin qiymətləndirilməsinə, yəni qruntun bal ilə seysmik intensivlikli güclü sürüşmələrinin parametrlərinin korrelyasiyasına xüsusi diqqət yetirilmişdir.



**Şək.10.** Hissolunan ssenar zəlzələlərin parametrlərinə əsasən Bakı şəhəri ərazisinin qrununun maksimal təcili. Miqyas 1:10000.

Təhlükəni əks etdirən nəticə modelləri – qrunun müvafiq olaraq maksimal təcilinə, sürətinə və yerdəyişməsinə qiymətlərinə gözlənilən güclü dəyişmələrin ssenariləridir. Empirik yanaşma əsasında qurulmuş inteqrə olunmuş rəqəm modelləri, instrumental yazı və ölçmələrin nəticələrini özündə saxlamır, lakin mövcud ümumi qəbul edilmiş düsturlar və proqram təminatları üzrə hesablamaları, həmçinin mühitin real şərtlərinin fərziyyələrini, analizini və güclü zəlzələlərin makroseysmik məlumatlarını özünə daxil edir. Modellər seysmik sürüşmənin (yerdəyişmənin) dərəcəsinə və gücünün qiymətləndirilməsi üçün real nəticə verirlər. İntensivliyin dəyişməsinin vizual müşahidəsi üçün MCK-64 intensivlik şkalalı güclü titrəmə hərəkətlərinin parametrlərinin korrelyasiya qarşılıqlı əlaqəsindən istifadə edilir ki, bu da seysmik təhlükənin azaldılması məqsədi ilə planlı tədbirlər və gələcək qiymətləndirmə üçün tədqiq olunan ərazinin seysmik intensivliyini proqnozlaşdırmağa imkan verir.

Empirik və instrumental yanaşmalarla nəticələrin müqayisəsi göstərdi ki, ərazinin məhdud öyrənilmə şəraitlərində qrunun güclü hərəkətlərinin qiymətləndirilməsinə empirik yanaşma daha üstün və mümkündür. Hər iki metodun nəticələrinin müqayisəsi göstərir ki, Bakı şəhərinin “şəhər hüdudu”

kimi adlandırılan sahilyanı və mərkəzi hissəsində qruntun maksimal təcilinin güclənmələrində üst-üstə düşmələr var. Bakı şəhərinin qərb və şimal-qərb hissələrində qruntun maksimal təcilinin aşağı qiymətləri müşahidə olunur.

**Nəticələr.** Tendensiyaların üst-üstə düşməsinə baxmayaraq, əsasında empirik metod olan seysmik təsir modellərinin çatışmayan cəhəti, Bakı şəhəri ərazisinin ayrı-ayrı sahələri üçün, qrunt titrəmələrinin həтта ən zəif yazısı şəkildə belə ilkin məlumatların olmaması yaxud kifayət qədər olmamasıdır. Instrumental yanaşma qruntların rezonans faktorunun və amplituda güclənməsinin mikroseysmik sahənin dəyişməsinə təsirinin daha müfəssəl rəsmini verir, seysmik təsirin xarakteristikasını daha differensasiya olunmuş şəkildə təqdim edir, seysmik parametrlərin fəza paylanmasını vizuallaşdırmağa imkan verir.

## ÜMUMİ NƏTİCƏLƏR

Tədqiqatların əsas nəticəsi Bakı şəhərinin qruntunun güclü titrəmələrinin parametrlərinin, mikroseysmik məlumatlara və tək-tək hiss edilən ssenar zəlzələlərə əsasən modelləşdirilməsində və seysmik hadisələrin kompleks məlumatlarının formalizə edilmiş klaster analizi, seysmik rejimin stasionar tədqiqi, həmçinin Bakı şəhəri ərazisinin seysmik təhlükəsinin deterministik və ehtimal nəzəriyyələrə əsasən qiymətləndirilməsinin elmi-metodiki əsasları üzrə zəlzələlərin seysmik potensialının müəyyən edilməsidir.

Tədqiqat prosesində növbəti əsas nəticələr alınmışdır:

- Abşeron yarımadasının seysmik hadisələr kataloqunun etibarlılığı və tamlığının qiymətləndirilmə nəticələrinə görə dəqiqləşdirilmişdir ki, zəif seysmik təzahürlərin ümumi fonunda nisbətən az sayda böyük enerjili müşahidə olunur ki, bu da Bakı şəhərinin seysmik rejimini xarakterizə edir.
- Abşeron yarımadasının seysmik rejiminin stasionarlığının (statistik qanunauyğunluğun) tədqiqi nəticələri, regionda zaman ərzində seysmik hadisələrin yaranmasının nizamlılığını (zəlzələlərin təkrarlanması) aşkar etməyə imkan verdi. Zəlzələlərin qruplaşdırılmasında təzahür edən seysmik proseslərin inkişaf xüsusiyyətləri Abşeronun seysmik aktiv zonasının mülayim seysmik xarakterindən xəbər verir.
- Seysmik aktivlik xəritələrinin və maksimal mümkün maqnitudanin analizi əsasında aşkar olundu ki, Bakı şəhəri zəlzələlərin maksimal gözlənilən

maqnitudası  $M_{\max} = 5-6$  olan, 1,1-2,0 həddində  $A_{10}$  seysmik aktivlik zonasında yerləşir. Ocağın orta dərinliyi  $h=25-30$  km, episentrdəki intensivlik VII-VIII bal təşkil edir.

- Bakı şəhəri ərazisinin, ocaqları Abşeronun və ona qonşu sahələrin seysmogen strukturlarına aid olan ən güclü zəlzələlərdən mümkün titrəmələri aparılmış hesabatları əsasında Bakı şəhəri ərazisinin ilkin seysmikliyi dəqiqləşdirildi ki, bu da VIII təşkil edir.
- Baş verən sürüşmələrin göstəriciləri və onların müvafiq sürüşmələrdən əvvəl və ya sonra baş verən zəlzələlərlə əlaqəsinin tədqiqi aşkar etdi ki, bəzi sürüşmələr güclü zəlzələlərdən əvvəl, bəziləri isə seysmik hadisələrdən sonra baş verir. Buradan belə bir nəticəyə gəlmək olur ki, zəlzələlərdən əvvəl yer qabığının deformasiyası və lokallaşmış tektonik gərginliklər, üst səthə yaxın çöküntü qatlarındakı su balansına təsir edir, bu da öz növbəsində qruntun sulaşmasına (liquefaction) və qruntu təşkil edən hissəciklər arasındakı sürtünmənin azalmasına gətirib çıxarır. Nəticədə, sürüşmə zəlzələ ilə induksiya olunur, yaxud sürüşmə hüdudu kritik hala çatdıqda, zəlzələdən sonra baş verir.
- Şamaxı-Qobustan və Abşeron ərazilərində yerləşmiş palçıq vulkanlarının statik və dinamik gərginliklərinin 25 noyabr 2000-ci il güclü zəlzələsindən əvvəl və sonrakı dəyişməsinin analizi dəqiqləşdirdi ki, palçıq vulkanlarının püskürmə səbəbləri Xəzər regionunda və qonşu ocaqlarda baş verən güclü zəlzələlərdir.
- 25 noyabr 2000-ci il zəlzələsindən sonrakı 5 il ərzində regionda palçıq vulkanlarının püskürmə intensivliyinin dinamikası artdı, halbuki, bundan 10 il əvvəl aktivlik nisbətən az idi.
- Palçıq vulkanlarının statik və dinamik gərginliklərinin tədqiqində müasir yanaşmalar və metodlar aşkar etdi ki, 25 noyabr 2000-ci il zəlzələsindən sonra Şamaxı-Qobustan zonasının palçıq vulkanları sıxılma (crustal contraction), Abşeron ərazisinin vulkanları isə dilatasiya (crustal dilatation) şəraitindədirlər. Məhz bu vəziyyətlər müvafiq palçıq vulkanlarının püskürməsinə səbəb olur.
- Ayrıca ssenar zəlzələlərə görə hesabat yolu ilə alınmış deterministik metodun qiymətləndirilməsinə, kvadrat setkanın hər bir düyünü üçün maksimal təcil və intensivliyin paylanması qiymətlərini müəyyən etməyə imkan verən seysmik generasiya edən elementlərin nəzərdən keçirilməsi daxildir. Seysmik təhlükə qiymətinin zəlzələnin uzaqlığından və maqnitudasından asılı olmayaraq prinsip etibarilə dəyişilməz qalır. Bu nöqtəyi nəzərdən, alınmış modellər, Bakı şəhərinin də aid olduğu urbanizasiya

olunmuş ərazilərdə seysmik təhlükə mövcudluğu probleminə yenidən baxmağa imkan verir.

- Seysmik təhlükənin qiymətləndirilməsinin ehtimal modelinin tətbiqi əsasında müxtəlif seysmik rejim parametrlərinin hesabat metodikası, tədqiq olunan seysmik rayon üçün energetik sinfi  $K=11\div 12$  olan zəlzələlərin daha uyğun olduğunu aşkar etdi. Bir çox hallarda onların qrafiklərini gedişi hadisələrin təkrarlanma qanununu təsdiqləyir və burada prosesin “sakit” axını mübahidə edilir.
- Alanın klaster və faktor analizinin, həmçinin 1842-2015-ci illər ərzində seysmik hadisələrin çoxölçülü qruplaşma metodunun vasitəsilə, zaman diapazonunda tədqiqatlar zonasında seysmik ardıcılığın dinamik rejimi qiymətləndirilib, güclü seysmik hadisəni qabaqlayan, yaxud müşayiət edən qanunauyğunluqlar aşkar olunub, zəlzələlərin periodikliyi və qarşılıqlı əlaqələri daha dəqiq şəkildə müəyyənləşdirilib.
- Klaster analizinə görə Abşeron Balxanyanı seysmik aktiv zonaların geodinamik nöqtəyi nəzərdən unikalığı təsdiq olundu. Bir qayda olaraq, maqnitudanın aşağı həddinin yüksək qiymətində, bir çox hallarda, zəlzələlərin paylanması hadisələrin Puasson (təqribi) axımına görə baş verir, lakin Abşeron-Balxanyanı zonada  $M=4$  maqnitudalı zəlzələlərin təsadüfi olmayan qarşılıqlı əlaqəsi və təzahür periodikliyi müşahidə olunur.
- Nakamura metodikasının tətbiqi ilə müəyyən edildi ki, qrunnt qalınlığının xassələri seysmik intensivliyə əhəmiyyətli təsir göstərir. Qaya qruntlarında – qranit, qumdaşı, əhəngdaşı və s. titrəmələr ən az intensivliklə xarakterizə olunurlar. Sıx dispers qruntlarına – qumlara, qumlu torpaqlara, gilli torpaqlara və gillərə seysmik aktivliyin orta qiyməti müvafiqdir. Ən böyük intensivlik, kövrək dispers qruntlarda, ilk növbədə, tökülmiş, su ilə doymuş qumlarda qeyd olunub. Seysmik intensivliyə əsas təsiri, qruntların ən yuxarıdakı 10m qalınlıqlı səthinin xassələri göstərir.
- Nisbətən etalon, 8-9 ballıq intensivlikli, axıcı plastik konsistensiyalı, sulanmamış gilli qruntların artım qiymətləri:
  - Gilli qrunnt,(yumşaq plastik, axıcı konsistensiyalı və s.) su tərkibli qum və valun - **+1 bal**.
  - Qum –gil dolğulu çay daşları üçün  $>30\%$ , Dördüncü dövr çınqıl-çay daşı, gil qatları ilə əhəngdaşı - **0 bal**.
  - Qum –gil dolğulu çay daşları  $<30\%$ , Dördüncü dövr qum, gil, əhəng daşları və qumlu gillər; Üçüncü dövr əhəngdaşları və qum daşları - **-1 bal**.
- Bakı şəhərinin, qrunntun titrəyişlərinin orta güclənməsinə məruz qalmış



nisbətən mülayim qrunut şəraiti, şəhərin şimal-qərb və şərq hissələrində müşahidə olunur. Qrunutun əhəmiyyətli titrəşmə qüvvəsinə məruz qalan az stabil qrunut tipi, əsas etibarilə sahilyanı və mərkəzi hissələrdə nəzərə çarpır.

- Bakı şəhəri ərazisində qrunutlar üçün rezonans tezlikləri aşkar olunub ki, onlar üçün seysmik titrəşlərin güclənməsi xəritəsi, qrunutun əsas güclü titrəmə parametrlərindən biri olan maksimal təcil xəritəsi, seysmik intensivliyin artma xəritəsi qurulmuşdur ki, onlara əsaslanaraq, zəlzələlər zamanı titrəşlərin real səviyyəsini proqnozlaşdırmaq olar. Metodun üstünlüyü ondadır ki, qrunutun titrəmələrinin mənbəyi yer səthində həmişə mövcud olan mikroseysmlərdir.
- Axıcı konsistensiyalı gilli qrunutların, su tərkibli qum və valun qatlarından yığılmış sahələr üçün titrəşmə amplitudunun güclənməsi və aşağı rezonanslı tezliklər 4-7 Hrs, 9-11 Hrs (maksimal tezlikdə 18 Hrs). Qumlu – gilli dolğulu <30%, dördüncü dövr qum, gil, əhəng və qumlu gildən ibarət sahədə titrəmələrin güclənməsi nisbətən azdır və rezonans tezlikləri 5-8 Hrs təşkil edir. Qumlu –gilli dolğulu <30% çınqıl daşları, Dördüncü dövr çınqıl-çay daşı, gil qatlı əhəngdən ibarət olub, burada spektral amplitudalar bir qədər azdır, əsas spektral pik 10-12 Hrs tezlikdə müşahidə olunur
- Fərz edilir ki, mikroseysmik prosesin üfüqi təşkilediciləri, çox güman ki, yer qabığının müxtəlif horizontlarının geodinamik vəziyyətini daha böyük dərəcədə əks edirlər. Mikroseysmik prosesin şaquli təşkiledicisi, göründüyü kimi, mühitin litoloji xüsusiyyətlərinə daha hissiyyatlıdır.

#### **Dissertasiya mövzusunda çap olunmuş əsas işlərin siyahısı**

1. **Babayev G.** New seismic microzoning study in values of Peak Ground Acceleration (PGA) and intensity applied for Absheron peninsula. Proceedings of International Conference on “Problems of seismic risk, seismic stable construction and architecture”. “Seda”, Baku, 2005, p. 282-285.
2. **Бабаев Г.** Численные модели Максимального Ускорения Грунта (МУГ) и интенсивности сотрясений для города Баку. Материалы Международной конференции «Проблемы сейсмического риска, стабильное сейсмическое строительство и архитектура». “Seda”, Баку, 2005, с. 290-294.
3. **Бабаев Г., Гаравелиев Е.** Оценка долгосрочных параметров сейсмичности Абшеронского полуострова. Труды Института геологии

- НАНА, №33, "Nafta-Press", Bakı, 2005, c. 25-37.əə'
4. **Babayev G.** Modeling of amplification factor for Baku city. Proceedings of the International workshop on "Recent Geodynamics, Georisk and Sustainable Development in the Black Sea to Caspian Sea Region". Institute of Geology. Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, 2005, p. 20
  5. Ağayeva S., **Babayev Q.**, Həsənov R., İsmayil-zadə T. Azərbaycan Milli Məlumat Mərkəzinin Bülleteni.AMEA Geologiya İnstitutu, Nüvə Sınaqarının Hərtərəfli Qadağan Olunması Müqavilə Təşkilatı Milli Məlumat Mərkəzi, Bakı, 2005.
  6. **Babayev Q.** İtaliyanın Volkano Eol adası ərazisinin vulkan təhlükəsinin qiymətləndirilməsi.Gənc Alim və tələbələrin Birinci Beynəlxalq Elmi "Yer Elmləri Sahəsində Tədqiqatların Yeni İstiqamətləri" mövzusunda konfransın materialları. Bakı, 2005, s. 13.
  7. **Babayev G.** Seismic Hazard Assessment for Baku City and Absheron Peninsula (Azerbaijan).Recent geodynamics, georisk and sustainable development in the Black Sea to Caspian Sea region. Conference proceedings of American Institute of Physics, Vol. 825, Melville, New-York, USA, 2006, pp. 113-119.
  8. **Бабаев Г.** Метод оценки сильных колебательных движений для города Баку (Азербайджан).Материалы 1-ого Международного Регионального Семинара «Сейсмическая опасность. Управление сейсмическим риском на Кавказе», Владикавказ, Россия, 2006, с. 125-136.
  9. Бабазаде О., **Бабаев Г.** Сейсмическое микрорайонирование Апшеронского полуострова. Журнал РАН "ГЕОЭКОЛОГИЯ", №2, Россия, 2007, с.143-150.
  10. **Babayev G.** Numerical modelling of topography-induced stress pattern of the Greater and Lesser Caucasus. АМЕА Gənc Alimlərin Əsərləri, №1, 2008, p. 44-55.
  11. Агаева С., **Бабаев Г.** Анализ очагов землетрясений Большого и Малого Кавказа по методике построения Всемирной карты Напряжений. Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Respublika Seysmoloji Xidmət Mərkəzi. 2008-ci ildə Azərbaycan Ərazisində Seysmoproqnoz Müşahidələrin Kataloqu, "Təknur", Bakı, 2009, c. 51-55.
  12. Ağayeva S., **Babayev G.** Analysis of earthquake focal mechanisms for Greater and Lesser Caucasus applying the method of World Stress Map.Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası «Yer haqqında elmlər»

- seksiyasının materialları, "Nafta-Press", № 2, Bakı, 2009, с. 40-44.
13. Кадиров А., Агаева С., Алиев Ф., Мамедов С., **Бабаев Г.**, Кадыров Ф., GPS мониторинг и сейсмичность коллизииной зоны азербайджанской части большого Кавказа. Изв. НАН Азербайджана, Науки о Земле. 2009, №3. с. 12-18.
  14. Agayeva S., **Babayev G.** Analysis of earthquake focal mechanisms for Greater and Lesser Caucasus applying the method of World Stress Map. Proceedings of International Lithosphere Program Joint Tasks Force Meetings, Vol. 4, Clermont-Ferrand, France, 2009, p. 22.
  15. **Babayev G.** Tectonic stresses of Caucasus: Results of three-dimensional finite element simulation. Proceedings of International Lithosphere Program Joint Tasks Force Meetings, Vol. 4, Clermont-Ferrand, France, 2009, p. 23.
  16. Gadirov A., Agayeva S., Aliyev F., Mamedov S., **Babayev G.**, Kadirov F. GPS monitoring and seismicity of collision zone of Azerbaijan part of Greater Caucasus. Proceedings of International Lithosphere Program Joint Tasks Force Meetings, Vol. 4, Clermont-Ferrand, France, 2009, p. 6.
  17. **Бабаев Г.** Оценка стационарности сейсмических процессов в Абшеронской сейсмоактивной зоне. АМЕА Гәnc Alimlərin Əsərləri, №2, 2009, с. 63-72.
  18. **Бабаев Г.**, Исмаил-заде А.Т. О количественных оценках сейсмической опасности, уязвимости и риска города Баку. Материалы 3-ей Международной конференции молодых ученых и студентов «Новые направления в исследованиях наук о Земле». НАНА Институт геологии, Баку, 2009, с. 31-32.
  19. **Babayev G.** Strong earthquake scenarios for diagnosis of Baku metropolitan area against seismic disaster. Материалы международного семинара «Влияние современной геодинамики на физико-механическое состояние геологической среды осадочного чехла», «Nafta-Press», Баку, 2010, pp. 56-65.
  20. **Babayev G.**, Alik Ismail-Zadeh, Jean-Louis Le Mouel. Seismic hazard and risk assessment for Baku, the capital of Azerbaijan. Geophysical Research Abstracts, Vol. 12, EGU2010-6499, 2010, EGU General Assembly 2010, Vienna, Austria.
  21. **Бабаев Г.** Peak Ground Acceleration distribution in the Absheron peninsula during the strong earthquakes. The VII Azerbaijan International Geophysical Conference. "Enhancement of efficiency of geophysical survey under conditions of active geodynamic processes in case of South

- Caspian Basin”, Baku, May 11-13, 2010
22. **Babayev Gulam**, Fakhraddin Gadirov. Seismic monitoring in Azerbaijan in aspects of seismic hazard assessment. Book of Abstracts Comprehensive Nuclear-Test-ban Treaty: Science and Technology. T1-P44, 2011. 8–10 June. Hofburg Palace, Vienna, Austria, p.47-48.
  23. **Babayev G.**, Ismail-ZadehA., Le MouelJ.-L. Scenario-based earthquake hazard and risk assessment for Baku (Azerbaijan). Natural Hazards & Earth Systems Science (NHES), Vol. 10, 2010, pp. 2697–2712.
  24. **Бабаев Г.** О некоторых вопросах вероятностной оценки сейсмической опасности Абшеронского полуострова. Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Respublika Seysmoloji Xidmət Mərkəzi. 2009-cu İldə Azərbaycan Ərazisində Seysmoproqnoz Müşahidələrinin Kataloqu, “Təknur”, Bakı, 2010, 59-64 s
  25. **Babayev G.** Model of seismic hazard for Baku city in large-scale earthquakes with consideration of seismogenic elements. AMEA Gənc Alimlərin Əsərləri, №3, 2010, p. 24-37.
  26. **Бабаев Г.** Исследование особенностей напряженно-деформированного состояния Кавказа и прилегающих регионов методом конечных элементов. Ş.F. Mehdiyevin anadan olmasının 100 illik yubileyinə həsr olunmuş “Geologiyanın aktual problemləri” mövzusunda Respublika elmi konfransının materialları, “Bakı Universiteti” nəşriyyatı, Bakı ş., 2010, s. 253.
  27. Кадиров Ф.А., **Бабаев Г.Р.**, Гадиров А.Г., Мухтаров А.Ш., Сафаров Р.Р. Микросейсмическое районирование города Баку по данным микротреморных измерений. В книге: Проблемы снижения природных опасностей и рисков. Материалы Международной научно-практической конференции «ГЕОРИСК 2012». В 2-х т. Том 1. Москва. РУДН. 2012 г. 348 с., стр. 94-98.
  28. Кадиров F.A., **Babayev G.R.**, Gadirov A.H., Safarov R.T.Site response studies in Baku city. Book of Abstracts. VIII Azerbaijan International Geophysical Conference “Integrated Approach for Unlocking Hydrocarbon Resources”, Baku, 3-5 October, 2012, p. 101.
  29. Кадиров F.A., **Babayev G.R.**, Gadirov A.H., Safarov R.T.Analysis of Horizontal and Vertical Spectra of Microseisms for Baku city. PCI 2012. IV International Conference “Problems of Cybernetics and Informatics”. Volume II, Seismic Devices, Systems and Technology, Baku, 12-14 September, 2012, 96-98 pp.
  30. Кадиров F.A., **Babayev G.R.**, Gadirov A.H., Safarov R.T.Site Effect

- Evaluation Based On Microtremor Measurements For Baku City. Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Geologiya İnstitutu, Respublika Seysmoloji Xidmət Mərkəzi. 2012-ci ildə Azərbaycan Ərazisində Seysmoproqnoz Müşahidələrin Kataloqu, “Təknur”, Bakı, 2012, pp. 530-534.
31. Telesca L., **Babayev G.**, Kadirov F. Temporal clustering of the seismicity of the Absheron-Prebalkhan region in the Caspian Sea area. *Natural Hazards & Earth Systems Sciences (NHES)*, Vol. 12, 2012, p.3279–3285; [www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/12/1/2012/doi:10.5194/nhess-12-1-2012](http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/12/1/2012/doi:10.5194/nhess-12-1-2012).
  32. Бабаев Г. Современная модель сейсмичности месторождения Балаханы-Сабунчи-Рамана по параметрам сценарных землетрясений. *Azərbaycan neft təsərrüfatı*, 2012, №12, с. 11-15.
  33. Кадиров Ф.А., Кадыров А.Г., **Бабаев Г. Р.**, Агаева С.Т., Мамедов С.К., Гарагезова Н.Р., Сафаров Р.Т. Сейсмическое районирование южного склона Большого Кавказа по фрактальным особенностям землетрясений, напряженному состоянию и по данным GPS скоростей. *Физика Земли*, 2013, № 4, с. 111–119.
  34. Telesca L., Lovallo M., **Babayev G.**, Kadirov F. Spectral and informational analysis of seismicity: an application to the 1996-2012 seismicity of Northern Caucasus-Azerbaijan part of Greater Caucasus-Kopet Dag Region. *Physica-A Statistical Mechanics and Its Applications*, Vol. 392 (2013), pp. 6064–6078, doi:10.1016/j.physa.2013.07.031.
  35. **Babayev G.**, Telesca L., Kadirov F. Investigating Time-Clustering Behavior in Absheron-Prebalkhan Seismicity (Azerbaijan). *Book of Abstracts Comprehensive Nuclear-Test-ban Treaty: Science and Technology*. T2-P39, pp.69, 2013. 17–21 June, Hofburg Palace, Vienna, Austria.
  36. **Babayev G.**, Tibaldi A., Bonali F., Kadirov F. Evaluation of earthquake-induced strain in promoting mud eruptions: the case of Shamakhi–Gobustan–Absheron areas, Azerbaijan, *Natural hazards* 72 (2), 2014, 789-808.
  37. Кадиров Ф.А., Гулиев И.С., Фейзуллаев А.А., Сафаров Р.Т., Маммадов С.К., **Бабаев Г.Р.**, Рашидов Т.М. Деформации земной коры в Азербайджане по GPS данным и их влияния на сейсмичность и грязевой вулканизм. *Физика земли*, 2014, № 6, с. 99–107.
  38. **Бабаев Г.** Комплексная методика оценки сейсмической опасности города Баку. *AMEA Xəbərlər Yeri Elmləri*, № 1-2, 2014, s.47-50.
  39. **Babayev G.**, Telesca L. Strong motion scenario of 25th November 2000 earthquake for Absheron peninsula (Azerbaijan). *Journal of Natural Hazards*, Vol. 73, 2014, pp. 1647-1661.

40. **Бабаев Г.** Основные аспекты тектонического напряжения территории Кавказского региона по результатам трехмерного интегрированного моделирования. *Azərbaycanda Geofizika Yenilikləri*, № 1-2, 2014, s.14-21.
41. Telesca L., Lovallo M., Mammadov S., Kadirov F., **Babayev G.** Power spectrum analysis and multifractal detrended fluctuation analysis of Earth's gravity time series. *Physica A*, Vol. 428, 2015, pp. 426–434.
42. Kadirov F.A., Ahadov B.G., Gadirov A.H., **Babayev G.R.**, Mammadov S.G., Safarov R.T. Microtremor Survey and Spectral Analyses of H/V Ratio for Baku City (Azerbaijan). *Proceedings of Azerbaijan National Academy of Sciences, The Sciences of Earth*, №3, pp. 18-24, 2015.
43. **Babayev G.**, Telesca L. Site specific ground motion modeling and seismic response analysis for microzonation of Baku, Azerbaijan. *Acta Geophysica*. Vol. 64, No. 6, pp. 2151-2170, 2016. doi:10.1515/acgeo-2016-0105.
44. **Бабаев Г.Р.**, Ахмедова Э.В., Кадиров Ф.А. Анализ напряженно-деформированного состояния Кавказского региона (Азербайджан) по векторам максимальных горизонтальных напряжений и с использованием программ проекта «World Stress Map». *Геофизический Журнал*, №3, Vol. 39, сс. 26-39, 2017. doi: <http://dx.doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v39i3.2017.104026>.



**БАБАЕВ Г.Р.**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ ГРУНТА  
ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА БАКУ ПО МИКРОСЕЙСМИЧЕСКИМ  
ДАННЫМ И ПАРАМЕТРАМ ОЩУТИМЫХ  
СЦЕНАРНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ**

**РЕЗЮМЕ**

Диссертационная работа состоит из исследования пространственно-временных особенностей сейсмичности и динамики сейсмических процессов в земной коре на Абшеронском мегаполисе по сценарным землетрясениям и моделирования микросейсмического поля первых километров грунтов для города Баку по данным спектрального состава микросейсмического шума. В связи с увеличением объемов строительства, в том числе и ростом количества возводимых высотных зданий, увеличением населения, назрела проблема обеспечения безопасности создаваемых инфраструктур. Актуальность проведенной исследовательской диссертационной работы обусловлена также необходимостью пересмотра отношения к сейсмическому микрорайонированию территории города Баку в условиях повышения сейсмической активности в течение последнего десятилетия. С целью исследования динамики последовательности сейсмических событий Абшерон-Прибалханского порога, выяснения процесса распределения землетрясений и выявления различных особенностей сейсмического режима исследуемого региона, был применен кластерный и факторный анализ Алана, а также метод многомерной группировки сейсмических событий за период с 1842 по 2015 гг. Кластерный анализ и метод многомерной группировки позволил оценить во временном диапазоне динамический режим сейсмической последовательности в зоне исследования, выявить закономерности, предвещающие и/или сопровождающие крупное сейсмическое событие и более точно выделить периодичность и взаимосвязанность землетрясений. По данным существующих каталогов, обобщенных материалов, многолетних исследований, и с применением современных программных обеспечений дан анализ изменения статического и динамического напряжения грязевых вулканов, расположенных в Шамаха-Гобустанской и Абшеронской областях до и после сильного Каспийского (Бакинского) земле-

трясения 25 ноября 2000 года. Проведено районирование сейсмической опасности территории города Баку с учетом грунтовых условий и макросейсмических параметров сценарных землетрясений. Показана возможность получения записей синтезированных акселерограмм для типичных эталонных грунтов при максимальном возможном землетрясении с магнитудой  $M=6.5$ . В настоящей работе также применен метод оценки влияния грунтовых условий на микросейсмический шум. Впервые проведены инструментальные пошаговые измерения территории города Баку и определены амплитудно-частотные характеристики первых километров грунтов. Исследованы особенности связи микросейсмических шумов с влиянием грунтовых условий. работы также заключалась в комбинировании эмпирического и инструментального подходов, составлении моделей параметров сильных движений грунта (ускорение, скорость и смещения грунта), проведения сравнительного анализа результатов с целью эффективного решения проблемы оценки сейсмической опасности для мегаполиса Баку и оценки сильных колебаний грунта. Полученные результаты имеют практическую значимость для разработки эффективных мероприятий, с целью минимизации ущерба от будущих крупных землетрясений, обеспечения устойчивого развития экономики и общества страны.



**BABAYEV G.R.**

**MODELING OF STRONG GROUND MOTION OF BAKU CITY ON  
THE BASIS OF MICROSEISMIC DATA AND PARAMETERS OF  
SCENARIO EARTHQUAKES**

**SUMMARY**

The thesis is devoted to the investigation of spatio-temporal features of seismicity and dynamics of seismic processes in the Absheron on the scenario earthquakes and the simulation of microseismic field soils for the first kilometers of Baku according to the spectral composition of microseismic noise. Thereby the increase of construction works, as well as the the number of new buildings influenced the population increase issue and the safety problem of established infrastructures. The actuality of the paper is stipulated by the need to review the relation of seismic zoning of Baku in the context of increased seismic activity over the last decade. In order to study the dynamics of a sequence of seismic events in Absheron Balkhan threshold, determination of process of distribution of earthquakes and identification of various features of the seismic regime of the explored field, the clusterization and Alan factor analysis, as well as the technique of multidimensional grouping of seismic events for the period from 1842 to 2015 has been done. The cluster analysis and multidimensional grouping method allowed us to estimate the time range in dynamic mode of seismic sequence in the area of research, identifying patterns that precede and/or accompany a major seismic event and to more accurately set the frequency of earthquakes and interrelatedness. According to the existing catalogues, generalized materials, many years of research, and the use of modern software analysis, the changes of static and dynamic pressure of mud volcanoes located in Shamakhi-Gobustan and Absheron areas before and after the strong Caspian (Baku) earthquake on November 25<sup>th</sup>, 2000 was researched. The seismic zonation has been done in a seismically dangerous territory of Baku with the consideration of ground conditions and macroseismic parameters of earthquakes scenario. The possibility of obtaining records of synthesized accelerograms for typical reference soils at maximum possible earthquake of magnitude  $M = 6.5$  was done. The method of assessment of influence of soil conditions on the microseismic noise was also applied in the following work. The instrumental step-by-step measurement of Baku territory was carried out for the first time, the

amplitude-frequency characteristics of the first kilometers of ground was also defined. The features of communication between the microseismic noise and the influence of soil conditions were examined. The increment of seismic intensity, and a map of seismic microzoning of Baku territory through instrumental seismic investigation using Nakamura's technique (the spectral ratio between the horizontal and vertical components) was measured. The following thesis also has the combination of empirical and instrumental approach, the formation of models parameters of strong ground motion (acceleration, velocity and soil displacement), the comparative analysis of the results to effectively address the seismic hazard assessment for Baku megapolis and strong ground motion evaluation. The received results are of practical importance for the development of effective measures in order to minimize the damage from future large earthquakes, to ensure sustainable development of economy and societies of country.

Sifariş № 21. Tirajı 100 nüsxə

---

Azərbaycan MEA Geologiya və Geofizika İnstitutu

«Nafta-Press» nəşriyyatının mətbəəsi

Bakı, H.Cavid pr. 119, Tel.: 539-39-72

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА  
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ**

---

*На правах рукописи*

**БАБАЕВ ГУЛАМ РУСТАМ ОГЛЫ**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ ГРУНТА  
ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА БАКУ ПО МИКРОСЕЙСМИЧЕСКИМ  
ДАНЫМ И ПАРАМЕТРАМ ОЩУТИМЫХ  
СЦЕНАРНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ**

2507.01 – Геофизика, геофизические методы  
поисков полезных ископаемых

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

диссертации на соискание ученой степени  
доктора наук по наукам о Земле

**БАКУ – 2017**