

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

MİNGƏÇEVİR SU HÖVZƏSİNİN ƏRAZİNİN SEYSMİKLIYINƏ TƏSİRİ

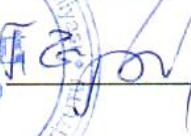
İxtisas: 2507.01 – **Geofizika, faydalı qazıntıların geofiziki
axtarışüsulları**

Elm sahəsi: **Yer elmləri**

Fəlsəfə doktoru (Elmlər doktoru)

elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş

DİSSERTASIYA

İddiaçı:  **Şirin Kərimbala qızı İslamova**
Elmi rəhbər:  **Qurban Cəlal oğlu Yetirmişli**



MÜNDƏRİCAT

GİRİŞ	4
I FƏSİL. MİNGƏÇEVİR SU ANBARININ GEOLOJİ QURULUŞUNUN XÜSUSİYYƏTLƏRİ	8
1.1. Mingəçevir rayonunda aparılmış tədqiqat işlərinin tarixi	8
1.2. Texnogen zəlzələlər.....	12
1.3. Ərazinin fiziki-coğrafi şəraiti.....	14
1.4. Mingəçevir su anbarının qısa litoloji və stratigrafik xarakteristikası	18
1.5. Geoloji şərait	21
1.6. Mingəçevir ərazisinin tektonik qırılmaları	25
FƏSİL II. MİNGƏÇEVİR ƏRAZİSİNİN HİDROGEOLOJİ ŞƏRAİTİ	28
2.1. Mingəçevir ərazisinin hidrogeoloji şəraiti.....	28
2.2. Ekogeofizika və sututarlarının aktual problemləri	30
2.3. Qrunt suları	31
2.4. Ekzogen geoloji proseslər.....	32
2.5. Mühəndisi-geoloji şərait	36
2.6. Mingəçevir su anbarının lillənməsi.....	40
III FƏSİL. MİNGƏÇEVİR SEYSMOGEN ZONASININ SEYSMIKLİYİ	42
3.1. Makroseysmik məlumatlar	42
3.2. Seysmiklik.....	47
3.3. Zəlzələlərin ocaq mexanizmləri	57
3.4. Mingəçevir su hövzəsi ərazisində seysmotomoqrafiya tədqiqatlarının aparılması.....	67
FƏSİL IV. SU ANBARININ DOLMASININ SEYSMIKLİYƏ TƏSİRİ	77
4.1. Su anbarının dolmasının seysmikliyə təsiri.....	77
4.2. Təkrarlanma qrafiki	86
4.3. Seysmik aktivlik.....	88

4.4. Pirson korrelyasiya əmsalı.....	92
4.5. Mingəçevir su anbarında zamanla suyun səviyyəsinin və seysmikliyin dəyişməsi ilə qarşılıqlı əlaqəsinin təhlili.....	94
4.6. Torpaq kütlələrinin qeyri-sabit vəziyyətə keçməsi şərtləri və çökmələrin yaranması.....	105
4.7. 2014-cü ildə Mingəçevir su hövzəsi ətrafındakı sürüşmə sahəsini tədqiqi məqsədilə aparılmış kompleks seysmoloji, geofiziki və geodinamik tədqiqatlar	119
4.8. Çöl mühəndisi seysmik kəşfiyyat işləri, məlumatlarının təhlili və təfsiri	120
4.9. Qravimetrik tədqiqatlar.....	130
4.10. Maqnitometrik tədqiqatlar	133
4.11. Geodinamik tədqiqatlar	136
Nəticələr	144
Ədəbiyyat.....	146

GİRİŞ

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi:

Respublikada yaşayış binalarının, sənaye obyektlərinin tikintisinin intensiv inkişafı ayrı-ayrı şəhərlər, yaşayış məntəqələri, tikinti meydançaları üçün zəlzələ təhlükəsinin dərəcəsinin mükəmməl şəkildə öyrənilməsinə tələb edir. Hidrotexniki qurğuların tikintisi, onların istismarı ilə bağlı bir sıra məsələlərin həll edilməsinin zəruriliyini yaradır. Xüsusilə hidrotexniki qurğulara bitişik olan sahələrdə sürüşmə prosesinin canlanması, su anbarının xarab olması nəticəsində sahillərin yenidən işləməsi, su anbarlarının çaylarının nasoslarının və sahillərinin yenidən işlənmə məhsulları ilə lillənməsi prosesinin aradan qaldırılmasını tələb edir.

Azərbaycanın ən seismoaktiv bölgəsinə daxil olan Böyük Qafqazın cənub yamacları və orta Kür çökəkliyi sərhətdində yerləşən Mingəçevir su hövzəsi ərazisinin seysmikliyinin öyrənilməsi, bu baxımdan xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Sənaye və mülki obyektlərin tikilməsi və istismarı üçün ətraflı şəkildə ərazi haqqında mühəndis-geoloji məlumatların əldə edilməsi və təhlükəli geoloji proseslərin proqnozlaşdırılmasının böyük əhəmiyyəti vardır.

Mingəçevir hidrotexniki qurğuları kompleksinin inşası sahillər və sahilboyu yamaclar üçün tamamilə yeni şərait yaradan böyük ölçülü su anbarlarının yaranmasına gətirib çıxartdı.

Son illər dünya praktikasında rast gəlinən və xüsusilə iri hidrotexniki qurğu zonalarında texnogen fəaliyyətlə bağlı seysmik aktivliyin yüksəlməsi və dağıdıcı zəlzələlərin baş verməsi Respublika ərazisində Mingəçevir su anbarları zonasında da seysmoloji monitoring sisteminin yaradılması və aparılmasını zəruri etmişdir. Bu baxımdan Mingəçevir su hövzəsinin yaradılması süni zəlzələlərin əmələ gəlməsinə və ərazinin seysmoloji vəziyyətinin dəyişməsinə təsirinin geofiziki üsullarla tədqiqi günümüzün ən aktual problemidir.

Geoloji mühitdə baş verən təbii və texnogen proseslərin geofiziki üsullarla öyrənilməsi günümüzün ən aktual problemidir. Geofiziki metodların seysmik

proseslərinin öyrənilməsində tətbiqi nəticəsində seysmikliyi təyin etmək və geofiziki sahələrin zamandan asılı olaraq dəyişməsinə izləməklə isə bu prosesin dinamikasını öyrənmək və proqnozlaşdırmaq imkanı əldə edir.

Tədqiqatın obyektı və predmeti:

Mingəçevir su hövzəsi və onun səviyyəsinin dəyişməsinin ərazinin seysmikliyinə və ekzogen geoloji proseslərinə təsiri.

Tədqiqatın məqsədi və vəzifələri:

Mingəçevir su hövzəsində suyun səviyyəsinin dəyişməsinin regionda süni zəlzələlərin əmələ gəlməsinə, seysmoloji vəziyyətin dəyişməsinə su bəndlərinin yaradılmasının təsirinin öyrənilməsi.

1. Seysmik hadisələr haqqında makroseysmik və instrumental məlumatların analizi
2. Zəif və orta zəlzələlərin məkan və zaman daxilində yayılması
3. Zəlzələ ocaqlarının mexanizmlərinin qurulması və mühitin gərginlik-deformasiya vəziyyətini qiymətləndirilməsi
4. Seysmotomografik işlərin aparılması
5. Güclü zəlzələlərin Mingəçevir su hövzəsinə təsirin öyrənilməsi
6. Pirson korrelyasiya əmsalının əsasında Mingəçevir su hövzəsinin ərazisinin gərginlik vəziyyətinin öyrənilməsi.
7. Suyun səviyyəsinin dəyişməsinin ərazinin seysmikliyinə və ekzogen geoloji proseslərinə təsirinin öyrənilməsi.

Tədqiqatın metodları:

Dissertasiya işinin yerinə yetirilməsi zamanı Respublika Seysmoloji Xidmət Mərkəzinin telemetrik stansiyaların məlumatları əsasında Mingəçevir su hövzəsinin zonasında alınmış materialları, AMEA Geologiya və Geofizika İnstitutunun geoloji-geofiziki fond materialları əsasında, Azərbaycan Respublikası Dövlət Neft Şirkəti Geofizika və Mühəndis Geologiyası İstehsalat Birliyi "AƏZRGEOFİZİKA ETİ"-nin materialları, Ekologiya və Təbii Sərvətlər Nazirliyinin materialları istifadə olunub. Hesabatların həyata keçirilməsində 1980-2017-ci illər ərzində baş vermiş zəlzələlərin

parametrlərindən istifadə edilmişdir. Seysmoloji və geoloji məlumatların kompleks analizi Antelope, ArcGIS10.1, Surfer, Fa_major, Moment Tenzor, MathLab və DİMAS, programlarında aparılmışdır.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar:

1. Mingəçevir su anbarının istismarı ilə əlaqədar seysmikliyin formalaşması, seysmik şəraitin inkişaf dinamikasının və mühitin gərginlik-deformasiyasının vəziyyəti.
2. Mingəçevir su anbarının suyun səviyyəsinin dəyişməsinin, ərazinin seysmikliyinə və ekzogen geoloji proseslərinə təsiri.

Tədqiqatın elmi yeniliyi:

1. Mingəçevir su hövzəsi zonasının, həmçinin ona bitişik ərazilərin uzunmüddətli seysmikliyinin analizi göstərdi ki, 1956-cı ildən indiki vaxta qədər zəif seysmikliyin artımı müşahidə olunur;
2. Mingəçevir su anbarında su səviyyəsinin dəyişməsi ətraf geoloji mühidin tərzliyinin pozulmasına və zəif zəlzələlərin əmələ gəlməsinə səbəb olduğu müəyyən edilmişdir;
3. Müəyyən olunub ki, su anbarının doldurulması başa çatdıqdan sonra 1-3 ay vaxt intervalı müddətində anbarın mərkəzindən 30 km radiusda olmaqla 12-34 km dərinlikdə zəif zəlzələlər baş verir, bu da onların texnogen təbiətini – yönəldilmiş seysmikliyi təsdiq edir.
4. Mingəçevir su hövzəsinin ətrafında aparılmış seysmoloji və geodinamik tədqiqatlar göstərdi ki, sürüşməyə məruz qalmış Bozdağ yamacının CQ-ŞmŞ istiqamətində, 7-12 saniyə davamlığında, 18-50 m dərinliyində 80 sürüşmə hadisəsi qeydə alınmışdır.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti:

Aparılan tədqiqatın nəticələri Mingəçevir su anbarının və digər süni su anbarlarının ətrafında ehtimal olunan seysmik təhlükənin qiymətləndirilməsinə və seysmik riskin azaldılması üçün tədbirlər görülməsinə imkan verə bilər.

İşin aprobasiyası və tətbiqi.

Dissertasiyanın müddəaları və nəticələri AMEA RSXM Azərbaycan Seysmoloqlar Assosiasiyası II Seysmologiya və Seysmik Riskin Azaldılması Amilləri, Təbii fəlakətlər zamanı konfransında, Azərbaycanda instrumental müşahidələrin 100 illiyinə həsr edilmiş konfransında, 10-cu Beynəlxalq Seysmoloji Məktəbinin seminarında (Bakı, 14-18 sentyabr 2015-ci il), Seysmoloji məlumatların emalı və interpretasiyası metodları konfransında (Bakı, 2015-ci il), AMEA nəzdində RSXM-nin illik hesabatlarında və elmi seminarlarında, Geologiya İnstitutunda keçirilmiş Ümumi Respublika seminarında məruzə edilmişdir. Dissertasiya mövzusu üzrə 12 məqalə və 2 tezis dərc edilmişdir.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı. Tədqiqat işi 2003-2019-cu illərdə AMEA-nın nəzdində Respublika Seysmoloji Xidmət Mərkəzində yerinə yetirilmişdir.

İşin quruluşu və həcmi. Dissertasiya işi girişdən, dörd fəsildən, nəticələrdən, 90 sayda istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısından və əlavələrdən ibarətdir. Burada 95 şəkil, 17 cədvəl də daxil olmaqla 155 səhifəni əhatə edir. Dissertasiyanın məzmununda giriş 4 səhifə olub 7569 işarədən, birinci fəsil 19 səhifə olub 37814 işarədən, ikinci fəsil 13 səhifə olub 23475 işarədən, üçüncü fəsil 34 səhifə olub 43632 işarədən, dördüncü fəsil 69 səhifə olub 75217 işarədən, nəticələr 2 səhifə olub 3412 işarədən və istifadə edilmiş 90 sayda ədəbiyyat siyahısı 10 səhifə olub 15762 işarədən ibarətdir. Dissertasiyanın həcmi 155 səhifə kompüter yazısından ibarət olmaqla, ümumi həcmi 206882 işarəni (istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısı və əlavələr istisna edilməklə 191120 işarə) təşkil edir.

Müəllif dissertasiya işinin yerinə yetirilməsi üçün yaratdığı imkana və göstərdiyi köməkliyə görə elmi rəhbərə, AMEA nəzdində RSXM-nin baş direktoru, Azərbaycan MEA-nın müxbir üzvü, geologiya-mineralogiya elmləri doktoru Q.C.Yetirmişliyə dərin təşəkkürünü bildirir.

I FƏSİL

MİNGƏÇEVİR SU ANBARININ GEOLOJİ QURULUŞUNUN XÜSUSİYYƏTLƏRİ

1.1. Mingəçevir rayonunda aparılmış tədqiqat işlərinin tarixi

Kür çayının orta axınında yerləşən Mingəçevir su anbarı ən iri su anbarlarından biridir və respublikanın əsas su arteriyasının axarını uzun illər boyu tənzimləyir. Bu nadir qurğu suvarma sahəsinə suyun yalnız öz təzyiqi ilə verilməsinə və daşqınların bir dəfəlik qarşısının alınmasına imkan yaradı.

Mingəçevir rayonunda yerli zəlzələlərin tez-tez təkrar olunmasını və müasir tektonik hərəkətləri nəzərə almaqla, onun geoloji şəraiti tikinti obyektləri üçün real təhlükə yaradır. Bu istiqamətdə ilk tədqiqatları Mingəçevir su anbarının tikintisindən sonrakı illərdə K.Ş.İslamovun rəhbərliyi ilə geofiziki ekspedisiya işləmişdir.

Su anbarının yamaclarının sürüşmə dinamikası və deformasiyanın öyrənilməsi və onların qarşısının alınması üçün nəzərdə tutulan müvafiq mühəndis-geoloji tədbirlərin qısa nəticələri “Mingəçevir su anbarının sahillərində fiziki-geoloji hadisələrin məsələləri” əsərində dərc edilmişdir [6].

Göstərilən tədqiqatlar zamanı su anbarının müxtəlif məntəqələrindən müasir çöküntülərin nümunələri seçilmiş və sonra isə onlar laboratoriyalarda sınaqlardan keçirilmişdir.

Bu çöküntülərin öyrənilməsinin xüsusiyyəti təbii olaraq onların litofasial xarakteristikası, fiziki xüsusiyyətləri və s. barədə məlumat verə bilməz. Ona görə də hidrogeoloji problemlər laboratoriyasının 1964-1965-ci illərin planına xüsusi mövzu olaraq litifikasiya zamanı Mingəçevir su anbarının çöküntülərinin fiziki-geoloji və mexaniki xüsusiyyətlərinin formalaşmasının qanunauyğunluğunun öyrənilməsi daxil edilmişdir.

Su hövzəsinin hüdudlarında aparılan coxsaylı tədqiqatlar dibin xüsusiyyətlərini öyrənməyə və tətqiq edilən ərazinin az-çox bərabər bölünmüş sahələrdən çoxlu miqdarda qunt nümunələrinin götürülməsinə imkan verirdi.

Bu rayonun geoloji quruluşu barədə ayrı-ayrı pərakəndə məlumatlara M.M.Boqdanovun «Baş Qafqaz silsiləsinin iki kəsişməsi» (1902-ci il) və V.V.Boqaçevin «Arin qəzasının geoloji quruluşu» (1919-cu il) əsərlərində rast gəlinir. Mingəçevir rayonunun geoloji quruluşu barədə məlumatlar ilk dəfə 1905-ci ildə professor N.İ.Lebedev tərəfindən tərtib olunmuş xəritədə verilmişdir. Burada sarmata aid edilən üçüncü dövr çöküntüləri göstərilmişdir. Aparılan tədqiqatlar yüksək davamlı bəndin taylarının yerləşdirilməsinin çoxsaylı variantlarını nəzərdə tutmağa və əsas variantın seçiləcəyi sahələrin tektonikasının dəqiqləşdirilməsinə imkan verirdi.

Burada üçüncü dövr çöküntüləri neogenə aid edilmişdi. Həmin ildə «Qafqaz muzeyinin xəbərləri»ndə V.V.Boqaçov «Boz dağın geologiyasına dair» məqaləsində Boz dağın relyefinin bir hissəsinin çökməsi hesabına yaranmasını və Kür vadisini qiymətləndirmişdi.

1915-ci ildə Qafqazda su inspeksiyası adlı əsərdə ilk dəfə olaraq Mingəçevir boğazında irriqasiya tipli bəndin tikintisinin mümkün olması barədə məsələ qaldırılır (hündürlüyü cəmi 7-8 m olan, Şirvan düzünün pambıq sahələrini suvarmaq üçün). 1925-ci ildə yenidən bəndin yaradılması barədə məsələ qaldırılır və Zaqafqaziya Sosialist Federativ Sovet Respublikasının (ZSFSR) hökuməti tərəfindən Azərbaycanın su ehtiyatının müəyyən edilməsi barədə elmi komissiya yaradılır. Bu komissiya Mingəçevir rayonunun geoloji şəraitini energetik əhəmiyyətli su anbarının quraşdırılması üçün əlverişli saydı. 1926-cı ildə Mingəçevir boğazında tədqiqatlar aparılmışdır və tədqiqatlar mənfi nəticələr vermişdir.

1927-1928-ci illərdə Əmək və Mühafizə Şurasının komissiyası aparılan işlərin kifayət etməməsini və torpağın laborator tədqiqatının olmamasını etiraf edərək Mingəçevirdə hündürlüyü 20-25 m olan beton bəndin tikintisinin layihəsini əsaslandırmaq məqsədilə geniş hidrogeoloji araşdırmaları təşkil etməyi qərara aldı. İşlər S.İ.Lukoşeviçin rəhbərliyi altında hidrogeoloji partiya tərəfindən aparılırdı.

Geoloji tətqiqatlarda geoloqlar V.A.Straxov, M.E.Lavrov, V.V.Şişkin və s. iştirak edirdilər, ümumi rəhbərlik prof. F.A.Savarenski tərəfindən həyata keçirilirdi.

Araşdırmaların məqsədi hündürlüyü 25 m-dən artıq olmayan dayaqla dəmirbeton bəndin tikilməsini əsaslandırmaq idi [71, 72, 73, 74].

Araşdırmalar nəticəsində Boğazın hidrogeologiyası aşkar edilmişdir. S.İ.Lukoşeviç tərəfindən dayaqla bəndinin tikilməsi üçün olduqca ağır geoloji şəraitin olması müəyyən edilmişdir (Lukoşeviç S.İ «Mingəçevir Kür çayı dərəsinin geoloji və hidrogeoloji şəraiti barədə» (Tbilisi 1932-ci il) [59].

S.İ.Lukoşeviçin materialları əsasında «Uprvadsxema» (1939) ilə sxematik layihə tərtib edilmişdir. 1931-ci il Kür-Araz hövzəsinin sxeminin tərtib edilməsi zamanı aşkar edilmişdir ki, dayaqlar artdıqca Mingəçevir su anbarının dəyəri olduqca artır. Bununla əlaqədar olaraq Mingəçevirdə hündürlüyü 30 m olan bəndin yeni variantının tikilməsinin nəzərdə tutulması təklif edilmişdi [59].

1932-ci ildən 1933-cü ilə qədər «Böyük Mingəçevir» sxeminin əsaslandırılması üçün yeni daha detal geoloji tədqiqatlar aparılmışdır.

Araşdırmaların əsas məqsədi -1:2000 miqyasında bütün dağ dərəsinin ətraflı plana alınması və geoloji kəşfiyyat işləri idi. İşə V.A.Straxov və M.E.Lavrov rəhbərlik edirdilər [72].

Görülmüş işlərin nəticəsində Abşeron və Bakı çöküntülərinin stratigrafiyası ətraflı öyrənilmiş və 180 lay ətraflı təsvir olunmuşdur. Bunun əsasında bütün boğazlığın lay halında olan rayonun tektonikasının əyani surətdə şəklini verən 1:20000 xəritəsi tərtib edilmişdir [4].

1935-ci ilin sonunda Zakqiprovod yeni layihə hazırlayır. 1936-1937-ci illərdə tektonikanın, sürüşmənin dəqiqləşdirilməsi üçün əlavə axtarışlar həyata keçirilir və xəritə tərtib olunur, həmçinin 1:50000 miqyasında su anbarı plana alınır [11].

1946-cı ildə hökumətin tapşırığı ilə Mingəçevir qovşağının bünövrə torpağının xüsusiyyətlərini öyrənmək üçün əlavə mühəndis-geoloji işlər aparılmışdır. Bu araşdırmaların nəticəsində, həmçinin arxiv materialları əsasında iki hesabat tərtib olunmuşdur. Birincisi, geoloq V.A.Bulatovun Mingəçevir su qovşağının mühəndisi-geoloji şəraiti barədə hesabat, ikincisi, V.A.Yemelyanovun hesabatı isə Mingəçevir qovşağının texniki layihəsi idi. Bu hesabatlarda su qovşağı yerləşən rayonun

geomorfologiyası, hidrogeologiyası və əsas qurğunun torpağının mühəndisi-geoloji xüsusiyyətləri ətraflı izah edilmişdir. 1947-1953-cü illər ərzində «Hidroproyektin» Bakı bölməsinin geoloji xidməti Mingəçevir su qovşağının layihəsinin tərtibatında bilavasitə iştirak edərək, ayrı-ayrı qurğuların mühəndis-geoloji şəraitinin, əsas qurğuların xüsusiyyətlərini öyrənmək üçün çox sayda işlər görmüşdür [42].

1956-cı ildə C.M.Süleymanov tərəfindən Mingəçevir qovşağının geoloji və hidrogeoloji şəraitinə həsr edilmiş məqalə dərc edilmişdir. Bu əsərdə Mingəçevir qovşağının orohidroqrafiyasının, geomorfologiyasının geoloji quruluşunun qısa təsviri verilmişdir [74,75].

Geodinamik proseslərə həm daxildə (endogen), həm də xaricdə (ekzogen) cərəyan edən hadisələr güclü təsir göstərir. Süni zəlzələlərin yaradılmasında “bənd zəlzələləri” nin də təsiri böyükdür. Bu cür zəlzələlərin su bəndləri vasitəsilə yaradılmış anbarlarda suyun səviyyəsinin 80, 100, 120 m-ə çatarkən baş verməsi müşahidə edilmişdir [4, 48].

Bunlardan bəzilərini xatırlayaq. 1975-ci il avqustun 1-də ABŞ-ın Ovril şəhərində gücü 7 bal olan zəlzələ baş verməsi seysmoloqların diqqətini cəlb etdi, bunun da səbəbi şəhərin yaxınlığında tikilmiş, hündürlüyü 235 m, su tutumu 4,4 km³ olan su anbarının yaradılması idi.

Araşdırılmalar nəticəsində məlum olmuşdur ki, hələ 1935 – ci ildə Ovril bənd zəlzələsindən 40 il əvvəl Nevada və Arizona ştatlarının sərhəddində tağlı Quver su bəndi tikilmiş, Kolorado çayı üzərində Mid su anbarı doldurulduqdan bir il sonra suyun səviyyəsi 100 m-ə çatdıqda, bu ərazidə seysmik təkanlar başlamışdır. Təkanların sayı artdığı üçün 1940 – cı ildə burada seysmik müşahidə şəbəkəsi genişləndirilmiş, mindən artıq mikrozəlzələ qeydə alınmışdır. 1937 – 1947-ci illər ərzində baş vermiş zəif zəlzələlərin sayı mini keçmişdi. 1939 - cu ildə su anbarı doldurularaq, tutumu 35 milyard kub metrə çatdı. Elə həmin ilin may ayında bu ərazi güclü yeraltı təkana məruz qaldı. Bundan sonra həmin çayın üzərində, bu bənddən yuxarıda, çayın başlanğıcına doğru yeni bəndlərin tikilməsi nəticəsində, 1951-ci ildən başlayaraq suyun səviyyəsi aşağı düşməyə başladı və bənd ətrafında çox zəif

gücə malik mikrozəlzələlər qeydə alındı. Lakin burada yaranmış 68 su anbarının 10–u ətrafında zəlzələlər güclənməyə başladı [79, 80, 81].

Zəlzələnin ocağı ilə su kütləsinin ağırlıq mərkəzinin bir birinə nisbətən qarşılıqlı yerləşməsinin vəziyyəti mütəxəssislərin hesablamalarına görə, su anbarının su ilə dolması nəticəsində onun altındakı süxurların çatlarına dolmuş suyun bu süxur parçalarına göstərdiyi təzyiqi də artırmışdı. Bunun nəticəsindədə Yer qatının bu hissəsində müəyyən seysmik gərginlik yaranmışdır.

Zəlzələlərdən sonrakı dövrlərdə aparılmış tədqiqatlar və müşahidələr, ərazinin seysmikliyinin artmasında və ya süni zəlzələlərin yaradılmasında insan fəaliyyətinin rolunu subut edirdi. Süni göllərin və su anbarlarının yaradılması nəticəsində belə ərazilərdə yeraltı təkanların və hətta güclü zəlzələlərin baş verməsi hadisəsi təkcə yuxarıda göstərilənlərlə bitmir.

1.2. Texnogen zəlzələlər

Tətbiqi və fundamental seysmologiyanın ən mühüm problemlərindən biri süni yolla yaradılan - insan əməyinin nəticəsində yaranan zəlzələlərdir ki, bunlarda son illərdə mühitin təhlükəsizliyi üçün çox mühüm faktorlardandır [31, 32, 33, 61, 81, 84]. Yerüstü qabığındakı insan əlamətlərinə səbəb olan zəlzələlər artan təhlükədir: su anbarlarının yaradılması, neft, qaz və bərk mineralların çıxarılması, maye sənaye tullantılarının vurulması, yeraltı nüvə partlayışları, güclü vibrasiya mənbələrinin (hidroelektrik stansiyalarının turbinləri) işlənməsi və s. Zəlzələlərin səbəb olduğu mühəndislik strukturlarının məhv edilməsi texnoloji və ekoloji fəlakətlərə gətirib çıxara bilər, eləcə də sosial nəticələrə səbəb ola bilər. Yerin qabığına artan texnogen yük və yeni ərazilərin kəntləşməsi seysmik risklərin sürətlə artması ilə müşayiət olunur və daha əvvəl olmadığı yerlərdə həyəcanlı zəlzələlər meydana gəlir.

Sonradan yaradılmış seysmiklik iki prosesi əhatə edir: zəlzələnin stimullaşdırılması, yəni yer qabığının təsirinə məruz qalmayan seysmik hadisələr və zəlzələnin sürətləndirilməsi üçün başlanğıc [61]. İngilis dilində ədəbiyyatda bu hadisələr sırasıyla "seysmikliyin səbəbi" və "trigger zəlzələlər" ifadələri ilə izah edilir. Eyni zamanda, bir sıra tədqiqatçılar qeyd edirlər ki, onları etibarlı şəkildə ayırmaq

həmişə mümkün deyildir, çünki zəlzələlərin hazırlanmasına xarici təsir mexanizmləri tez-tez aydın deyil və müəyyənləşdirilmə üçün əlçatmazdır [85]. Bu ayırma texnogen mənşəli seysmikliyin daha məqbul olmasına gətirib çıxarır [14], amma bu istiqamət bizim işimiz daxilində olmadığı üçün, biz səmərəliliyinin geniş mənada istifadə etməyəcəyik.

1934-cü ildə H. Westergaard və A. Adkins suyun ağırlığının təsiriylə Boulder su anbarının (Mead gölü), Su anbarının anbar yatağının qıvrımını nəzəri olaraq qiymətləndirmiş və əlavə yük yük altında yatan təbəqə hərəkətlərinə səbəb ola biləcəyini və müəyyən şərtlərdə bölgənin tektonik aktivasiyasına (Westergaard, Adkins, 1934) aiddir. Sonradan bu (və oxşar) hesablamalar birbaşa geodeziya ölçmələri ilə təsdiqlənmişdir. Bir neçə il sonra su anbarının ərazisində yerli seysmik şəbəkə yaradılmış və seysmoloji müşahidələrin nəticələrinə əsasən 1945-ci ildə D. Carder özünün qabaqcıl işində 1938-1944-cü illərdə su anbarında suyun səviyyəsində mövsümi dəyişikliklər və onun ətrafında seysmik fəaliyyəti arasında əlaqə yaratdı. [79]. Bu günə qədər 160-dan çox su anbarlı seysmikliyin vəziyyəti bilinməkdədir [87], xüsusilə də ≥ 5.0 olan 10 hadisə qeyd olundu ki, bu da həyat itkisinə və böyük iqtisadi ziyanə səbəb oldu [80,81].

Hindistanda seysmoaktiv hesab olunmayan ərazidə 12 böyük süni su dəryaçaqları yaradıldıqdan sonra həmin ərazidə də fəlakətli zəlzələlər baş vermişdir.

1961 – ci ildə burada Konya çayı üzərində hündürlüyü 103 m., tutumu 2 milyard 780 milyon m³ olan dəryaçay dolduruldu. Yer qabığının sakit və kristallik suxurlardan ibarət olan bu ərazisində 1967 – ci il dekabrın 10-dan 11-nə keçən gecə gücü 8-9 ball olan dəhşətli zəlzələ baş verdi. Zəlzələnin episenrti su hövzəsindən 3 - 5 km – də idi. Zəlzələ radiusu 700 km olan sahəni əhatə etmiş, 180 min insan tələfatına səbəb olmuşdu. Bu, insan qırğınına səbəb olan yeganə süni “bənd zəlzələsidir” [4, 5].

Yuxarıda göstərilənlərdən başqa Çində və digər ölkələrin əvvəllər bir o qədərdə seysmik cəhətdən fəal olmayan bölgələrində baş vermiş zəlzələlərin səbəbini, əsasən, son vaxtlar bu yerlərdə süni su hövzələrinin yaradılması ilə bağlayırlar.

Sonrakı dövrlərdə bu cür “bənd zəlzələləri” Çin, Fransa, İspaniya, İsveçrə, İtaliya, Əlcəzair, Yaponiya, Braziliya və başqa ölkələrdə də baş vermişdir.

Müəyyən edilmişdir ki, süni yaradılmış bəndlər təbii tənzimliyin, yer qabığının dinamik tarazlığının pozulmasına şərait yaradır, zəlzələlərin baş vermə prosesini tezləşdirir və sürətləndirir. Bu cür zəlzələlər “bənd zəlzələləri” adı ilə elmə daxil olmuşdur (cədvəl 1.2) [30, 44, 45, 46].

1.3. Ərazinin fiziki-coğrafi şəraiti

Mingəçevir seysmotektonik rayonu Kür dağarası çökəkliyinin Orta Kür depressiyasına aid olub qismən Alazan-Əyriçay vadisinin cənub hissəsini əhatə edir. Ərazi əsas etibarilə kiçik təpələr (200-300 m) və vadilərdən ibarət olub, mürəkkəb morfoloji quruluşudur. Şimal və şimal-qərbdən cənuba doğru relyefin sərtliyi azalır və Kür çayı vadisindən cənuba düzənliyə keçir. Tədqiqat rayonu ərazisində maksimal yüksəklik Boz dağ və Xocahəsən yüksəklikləridir. Relyef alçaq, qismən orta, orta parçalanmış qırışlıqlı-qaymalı dağlar, alçaq və orta intensiv parçalanmış qırışlıqlı silsilə və tirələr formasına aiddir. Ərazi şimaldan və cənubdan bir hissəsi yayda quruyan çayların çay dərələri ilə kəsilmişdir [6].

İş rayonunun əhatə etdiyi Alazan–Əyriçay vadisinin cənub hissəsi böyük qalınlıqlı molas alluvial və prolyuvial gətirilmə məhsulları ilə örtülmüşdür.

Mingəçevir su anbarından şimalda Acınohur düzü yerləşir və onun ərazisi intensiv aşınmış təpələrdən və xırda duzlu göllərdən ibarətdir. Mingəçevir su anbarından cənubda isə Gəncə düzü yerləşir və onun ərazisi çaylarla gətirilmiş alluvial və prolyuvial çöküntülərlə örtülmüşdür. Bu hissədə Kür çayının vadisi daha səciyyəvidir [6].

Mingəçevir su anbarının özü isə Kür çayı vadisində yerləşir və alçaq boz dağlarla əhatələnmişdir.

İş rayonun ərazisi dağarası depressiyalara xas olub, əsasən yarımşəhra landşaftı ilə örtülmüşdür. Burada bataqlaşmış sahələrdə çəmən, qismən çəmən bataqlıq, çöl və yarımçöl landşaftları inkişaf etmişdir. Kür çayı boyunca seyrək tuqay meşələrinə rast

gəlinir. Rayonun iqlimi mülayimdir. Maksimal temperatur (iyul) +42° C, minimal (fevral) -18° C, orta illik temperatur 14° C-dir.[7]

Cədvəl 1.2

Dünyada süni yaradılmış bəndlər və bu ərazidə baş vermiş zəlzələlər [82]

Su anbarlarının adları	Hündürlük (m)	Dərinlik (m)	Həcmi 10 ⁶ (m ³)	Doldurulub (il)	Tikilməzdən əvvəl baş vermiş təkanların sayı	Tikildikdən sonra
Vayont dünyada ən dərin	266		150*10 ⁶ m ³	1960		1960-1963 illərdə 250 təkan
Talbinqo(cənub-şərqi Avstraliya)	162		0.935 km ³	0.1.051971		19.05.1971-dən təkanlar qeydə alınıb
Xuver(ABŞ-Mid gölü)	142	140	35000	1935		4.V-1939 m-5.0
Montenar (Fransa)	130		275	04.1962-15.04.1963		25.IV-1963m-6.1
Kariba(Zambiya-Rodeziya)	125		175000	XII.1958		23.IX-1963m-6.1
Kremasta (Yunanısan)	147		4750	VII.1965		5.II-1966m-6.2
Marafon (Yunanısan)				1929		1931-ci ildən yeraltı təkanlar baş verdi.1938 ildə m>5.0 olan zəlzələ baş verdi
Koyna (Hindistan)	103		2780	1962	MM şkalası ilə VI ballıq zona	10.XII-1967 m-6.4
Sinfin (Çin)	105		11500	X.1959		19.III-1962m-6.1
Nurek SES (Tacikistan SSR)	300		11 km ³		10 Gün ərzində 1 günə düşən təkanların sayı 3-4 (VIII-IX MM şkalası ilə)	Su anbarının 5 km radius zonasında təkanların sayı 10 dəfə artmışdır. 30-40 olmuşdur

Hydroqrafik şəbəkənin əsas elementləri Kür, Qabırçı, Qanıx, Şəmkirçay, Zəyəmçay, Gəncəçay çaylarıdır. Xüsusilə, yay aylarında təsərrüfat məqsədli istifadə ilə əlaqədar Kiçik Qafqaz mənbəli çaylarda suyun miqdarı xeyli azalır. İqtisadi cəhətdən inkişaf etmiş bu ərazidə bütün çaylar üzərində stasionar keçidlərin olması çöl işləri zamanı poliqon daxili yerdəyişmələri asanlaşdırır.

Mingəçevir SES su anbarı ilə birlikdə 1954-cü ildən istismar olunur. Mingəçevir su anbarı Kür vadisinin müvafiq tektonik muldavari depressiyasının antiklinal qalxımlara keçid hissəsində yerləşir və cənubdan Bozdağ silsiləsini, şimaldan isə Xocaşen silsiləsini əhatə edir. Mingəçevir su anbarı şimal-qərbdən cənub-şərqə doğru Kür çayı vadisi boyu təxminən 75 km uzanaraq bəzi yerlərdə Alazan çayının vadisinin bir hissələrini tutur. Su anbarı akvatoriyasının sahəsi təxminən 625 km², orta eni 15 km, sahil xəttinin uzunluğu 216 km, su qatının ən dərin hissəsi 75 m-ə çatır. Mingəçevir su anbarında suyun həcmi 16 mln. m³-ə bərabərdir. Dağətəyi sahələrdən su anbarı sol sahilin delüvial şleyfinin inkişaf etdiyi hissələrində hündürlüyü 2-5 m, bəzən 15 m-ə çatan sərt yamaqlarla ayrılır [43].

Sağ sahil boyu uçurumların hündürlükləri 20-30 m-ə çatır. Mingəçevir su anbarı yüksək silsilələrlə əhatə olunmuş, yer səthinin morfoloji görkəminə oxşar təbii tektonik çökəkdə yerləşir. Burada yeganə Xanabad vadisidir ki, burada hündürlüyü su səthindən 2 m yüksək olan, Bozdağ və Xocaşen silsilələrini birləşdirən dağarası çökəklik yerləşir. Burada su anbarından şərqə – Əlicançay vadisinin su axımının qarşısının alınması məqsədi ilə Xanabad bəndi tikilmişdir [6].

Payız və qış mövsümündə suyun səviyyəsinin aşağı düşməsi su anbarına su axımının azalması və enerjinin verilməsi işləri ilə əlaqədardır. Yaz fəslində Mingəçevir su anbarında suyun səviyyəsinin artması dağlarda qar ehtiyatının əriməsi və yaz yağmurları ilə əlaqədar olur. Su axımının artması, daşqınlar aprelin birinci yarısından iyunun ortalarına qədər davam edir. Daşqınların orta davamlılığı 2,5-3,0 aya qədər olur. Daşqınların başlanması və sonu eyni vaxtda üç çay üzrə baş verir. Bundan əlavə su anbarına tökülən suyun rejiminə suyun süni paylanma yolu ilə suvarma işlərinə sərf edilməsi də böyük təsir edir. Adətən yaz-yay mövsümlərində

daşqınlardan asılı olaraq, suyun şəffaflığı itir, bu da gətirilmiş çöküntülərin tam çökməməsi ilə bağlıdır. Payız və qış fəsillərində suyun şəffaflığı artıb maksimuma çatır. Az şəffaflıq suyun üst qatında gölə tökülən çayların mənsəblərinə yaxın yerlərdə olur və qalınlığı bir neçə santimetrə çatır. Tam şəffaflıq Baş qurğunun yaxınlığında, su anbarının 70 m-dən çox qalınlığa malik olduğu yerlərdə müşahidə olunur [6].

Mingəçevir su anbarının suyu açıq-yaşıl rəngdədir. Suyun rəngi əsasən onun şəffaflığından asılıdır. Suyun rənginə oradakı qarışıq əşyaların böyük təsiri vardır, Belə ki, çayların töküldüyü yerlərdə və sahilə yaxın dayaz sahələrdə, xüsusən də qasırğalardan sonra su bulanır və qarışıqların rəngini alır. Mingəçevir su anbarında gələcəkdə fito və zooplanktonların inkişafı ilə əlaqədar suyun rənginin dəyişməsinə gözləmək olar.

Su anbarı Kür və onun qolları Alazan və İori çaylarının sularının Mingəçevir hövzəsini basması nəticəsində yaranmışdır. Göstərilmiş çaylardan başqa Kür çayı təsvir olunan sahədə sağ tərəfindən Kürəkçay və Gəncəçay qollarını qəbul edir.

Oroqrafik cəhətdən ərazi Gəncə-Qazax düzənliyinin cənub şərq, Qarabağ və Şirvan düzənliklərinin şimal –qərb və cənub – qərb kənarlarını əhatə edir, şimal-şərq hissəsi Baş Qafqazın cənub yamaclarının ön yüksəklikləri tərkibinə daxildir. Rayonun müsbət oroqrafik elementləri Rzadağ silsiləsinin qərb qurtaracağı, Xocahəsən silsiləsinin şərq yarısı və Qaraca yüksəkliyidir. Rzadağ silsiləsinin əsas hissəsi Xanabad bəndinin ərazisində yerləşir. Rzadağ silsiləsinin sağ yamacının tədqiqat aparılan hissəsi Əlican çayı vadisinin sağ sahilində yerləşir. Kiçik relyef formasına malik olub, Şm, Şm-Q-Ş, C-Ş istiqamətində uzanır. Qərb istiqamətində silsilənin bu hissəsi tədricən alçalır və Xocahəsən silsiləsi Q, Şm-Q-Ş, C-Ş istiqamətində Alazan çayının qərb sahilindən Əlican çayının sağ sahilinə qədər uzanır. Silsilənin şimal yamacı Acınohur gölünə tərəf az meyillidir və burada eroziyaya çətin məruz qalan abşeron mərtəbəsinin üst yarım-mərtəbəsinin və dördüncü dövrün qumdaşı - çınqıllı çöküntüləri yayılmışdır. Burada yamacın meyilliyi qırıxıqlığın Şm, Şm-Ş qanadının quruluşunda iştirak edən süxurların meyilliyi ilə

uyğun gəlir. Bütün uzanma boyu yamac örtülüdür və kollar bitmiş çəp yarganlarla kəsilmişdir. Onun şimal qərb hissəsində qısa uzununa və diaqonal istiqamətdə yarganlar inkişaf etmiş və yamaca pilləvari görkəm verirlər. Cənub yamac köndələn yarganlarla kəsilmiş və burada gil karstları geniş inkişaf etmişlər. Onlar əsasən kiçik yan yarganlar mənbələrində çökəklər və yeraltı boşluqlar - mağaralar formasında yayılmışdır. Bəzən bir yarganda bir neçə karst çökəkliyinə rast gəlinir. Xocasən silsiləsinin şərq hissəsi xəritədə Axar-Bahar silsiləsi kimi qeyd olunur və Arçandağ silsiləsindən Əlicançay vadisi ilə ayrılır [6, 7, 8].

Tədqiqat rayonunun oroqrafiyasının ən cənub müsbət elementi Bozdağ silsiləsidir. Onun şərq davamı da Qaracadağ sıra dağlarıdır. Bənd ərazisində Bozdağ silsiləsi orta hissədən kəsilir, Mingəçevir boğazı adlanan enli dağ dərəsi əmələ gətirir. Qaraca silsiləsi Bozdağdan Kür çayının məcrasını ayırır və bu silsilə 17 km en dairəsi istiqamətində uzanır.

Ən yüksək zirvələri Qaraca, Qaradağ və Xanabad zirvələridir. Şərq istiqamətində Qaraca silsiləsi tədricən Əlicançay vadisinə qədər batır və Şirvan düzənliyinə keçir .

1.4. Mingəçevir su anbarının qısa litoloji və stratigrafik xarakteristikası

Mingəçevir seysmotektonik zonasının Kür depressiyasının bir hissəsi kimi geoloji-tektonik quruluşa malik olması bir çox müəlliflər tərəfindən qeyd olunmuşdur. Bu ərazinin geoloji quruluşunda Üst Dördüncü dövr çöküntüləri və Neogen yaşlı çöküntülər iştirak edir. Çöküntülərin litoloji tərkib, yaş və yayılma sahəsi baxımından fasiləsizliyi diqqəti cəlb edir. Tektonik cəhətdən asimmetrik Bozdağ antiklinal qırıxıqlığı fonunda üstəgəlmə, pozulma və şaquli yerdəyişmə ilə əlaqədar olaraq ikinci qırıxıq əmələgəlmə müşahidə edilir. Geoloji quruluşda qeyd edilən bu xarakterik xüsusiyyətlərin olması ərazidə mürəkkəb mühəndis-geoloji şəraitin olmasını şərtləndirir. Burada maksimal görünən qalınlığı 400 metr olan Ağcagil yaşlı süxurlar ən qədimdirlər. Bu süxurlar əsas etibarilə Bozdağ antiklinal qalxımı boyunca izlənilir. Ağcagil çöküntüləri 3 dəstəyə ayrılır: aşağı, orta və üst

dəstələr [21].

Aşağı dəstə bozgil təşkiledicili qumdaşı və konqlomeratların növbələşməsindən təşkil olunmuşdur. Bəzi yerlərdə bu dəstənin tavanında kiçik qalınlıqlı əhəngdaşı layları müşahidə olunur. Gilli dəstə boz və qonur gillərin, boz qumlar və vulkan külündən təşkil olunmuş çöküntülərlə növbələşməsindən ibarətdir.

Üst dəstə növbələşməyə məruz qalan qumlar, qumdaşları, konqlomerat və qumlu-mergelli gillərdən təşkil olunmuşdur. Ağcagil yaşlı çöküntülər tədricən və uyğun qaydada Abşeron yaşlı çöküntülərə keçir. Abşeron mərtəbəsi (Q_1 ab) Mingəçevir su anbarı ərazisində 3 şöbə ilə izlənilir. Bu çöküntülərin ümumi qalınlığı 1400 m-dir.

Alt şöbə (Q_1 ab) orta və az qumlu gillərdən ibarət olub 273 metr qalınlığa malikdir. Qalın gil qatı arasında əhəngli konkresiyalardan ibarət olan laycıqlar növbələşir. Bu çöküntülər əsasən su anbarının sağ sahilində, qismən isə sol sahilində müşahidə olunur.

Orta şöbə (Q_1 ab) mergelli və yüksək duzluluqla xarakterizə olunan gillərdən təşkil olunub, 500 metr qalınlığa malikdir. Bu gillərin aralarında boz və yaşıl-boz rəngli gillərdən təşkil olunmuş nazik laycıqlar müşahidə olunur. Çöküntülər su anbarının hər iki sahilində geniş ərazilərdə inkişaf etmişdir [16].

Üst şöbə (Q_1 ab) litoloji cəhətdən eyni olan müxtəlif rəngli duzlar, gillər və gilli qumdaşlarından təşkil olunmuşdur. Üst Abşeron şöbəsinin qalınlığı 500 m-ə bərabərdir və bu çöküntülər su anbarının sol sahilində geniş inkişaf edərək Bozdağın şimal yamacı boyu enli zolaq şəklində Xanabad hövzəsinə doğru uzanmışdır.

Dördüncü dövr. Su anbarı ərazisində dördüncü dövr çöküntüləri pleystosen, holosen və müasir şöbələrlə təmsil olunmuşdur.

Pleystosen. Bakı mərtəbəsi (Q_{I-III} b). Bakı tranqresiyasının dəniz çöküntüləri Bozdağın yamaclarında ensiz zolaq şəklində 80-100 metr mütləq yüksəkliklərdə izlənilir. Bu çöküntülər əsas etibarilə müxtəlif tərkibli qumlardan təşkil olunmuşdur. Qumların kiçik plastiklərdən – çınqıllığa və vulkan külünə qədər fraksiyaları müşahidə olunur, çöküntülərin tərkibində çaqıl-çınqıl qatlarına da təsadüf edilir. Bakı

mərtəbəsi çöküntüləri güclü dislokasiyaya məruz qalmışlar və 60-70° bucaq altında şimala doğru yatırlar. Bu çöküntülər Xanabad dərəsində, Xocahəsən silsiləsinin cənub yamacında yer səthinə çıxır, qərbə doğru isə pazlaşaraq delyuvial örtüklə örtülür. Mingəçevir şəhəri ərazisində həmin çöküntülər yenidən yer səthinə çıxır və dar zolaq şəklində uzanır [78].

Qədim Kür alluvial (alQ_1^1) çöküntüləri əsas etibarilə az sıxılmış çaqıllardan və onların arasını dolduran iri dənəli qumlardan ibarətdir. Bu çöküntülər Abşeronun yuyulmuş çöküntüləri üzərində qeyri uyğun yerləşmişdir.

Holosen çöküntüləri Bozdağ silsiləsinin şimal yamacı boyu Mingəçevir su anbarının cənub hissəsində geniş yayılmışdır. Bu çöküntülər böyük qalınlığa malik olan prolyüvial qat şəklində uzanaraq Xvalin transqresiyasına aid olan çöküntüləri örtmüşdür. Litoloji tərkib etibarilə bu çöküntülər bircins olub kəsilişdə gilcələrin və qumların tərkibində qırıntı materialları olan qumların növbələşməsindən ibarətdir. Çöküntülər hər yerdə qırıxıqlığın dabanına uyğun gələrək özlərini prolyüvial-delyüvial çöküntülər kimi göstərir. Bu çöküntülər fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərinə görə suların təsirinə davamlı deyildirlər [78].

Mingəçevir su anbarının geoloji quruluşunda qarışıq metoloqik tərkibli süxurlar ilə yuxarı üçüncü və dördüncü dövrün qumlu-gilli çöküntülər kompleksi və ağçaqıl Abşeron qatların və dördüncü sistemin çöküntüləri iştirak edir.

Nəzərdən keçirilən rayonda ən qədim süxurlar antiklinal qalxmanın nüvəsinə aid edilmiş ağçaqıl dövrünün çöküntüləridir, onların görünən həcmi 400 metrədən artıqdır. Ağçaqıl süxurları Bozdağın qərb qurtaracağında Kür çayının Aşağı Qarasaqqal kəndində Karadağ kiçik antiklinal bükümün nüvəsində qeyd edilmişdir. Burada onlar gil və qumdaşı ilə göstərilmişdir.

Xocahəsən dağ silsiləsində ağçaqıl çöküntüləri yalnız cənubda aşkara çıxır. Karadağ çöküntüləri kimi onlar da çox dəyişmişlər.

Alazan çay dərəsində ağçaqıl çöküntüləri aşkar edilmişdir. Burada onlar kəskin pozuntular ilə asimmetrik antiklinal seriasını əmələ gətirir. Burada ağçaqıl çöküntüləri güclü çaqıl daşlarının konqomeratlarının sarı kobud dənəvər qumdaşı,

çınqıl ilə növbələşməsi kimi göstərilmişdir. Orada mavi-boz gilli və gil qumunun ara təbəqəsinə rast gəlmək olar [78].

Ağçaqıl süxurları həmçinin su anbarının yuxarılarında Bozdağ silsiləsinin cənub yamaclarında qeyd edilmişdir. Mingəçevir boğazlığında göstərilən çöküntülər Mingəçevir SES bəndinin sağ qolu birləşdirilmiş, boğazlığın sağ tərəfində yerləşdirilən braxiantiklinal tipli bükümlərin nüvəsini təşkil edir. Bundan başqa ağçaqıl süxurları Bozdağın qərb hissəsinin cənub yamaclarında aşkar edilmişdir, Kazandü, Babaəldar və Qaradağ antiklinal bükümlərinin nüvəsini təşkil edir. Ağçaqıl layı aşağı, orta və yuxarı svitalara bölünür.

Dördüncü sisteminin çöküntüləri kontinental fasiyada göstərilmişdir. Kəsiliş müxtəlif çaqıl daşlı konqlomeratlardan, pis çeşidləndirilmiş qumdaşından və qonur gildən ibarətdir.

Xandabad dərəsində Xocahəsən dağ silsiləsinin cənub yamacları Bakı çöküntüləri qırıntılarından əmələ gəlmişdir.

1.5. Geoloji şərait

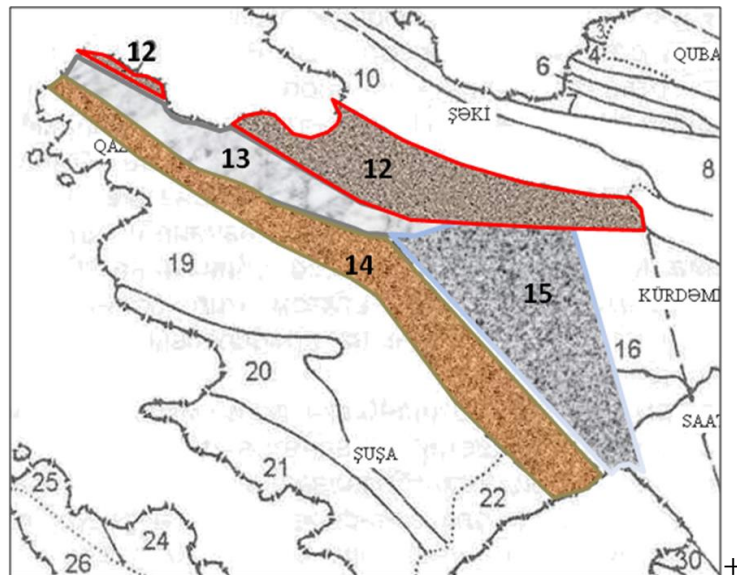
Mingəçevir seysmoaktiv zonası tektonik planda Orta Kür meqazonasının qərb kənarında yerləşmişdir. Şimaldan bu zona Kaxet-Vəndam qalxımından Qanıx-Əyriçay qırılması ilə Böyük Qafqazın cənub yamacından ayrılır. Zonanın cənub sərhəddi Ön Kiçik Qafqaz qırılması sayılır ki, bu da Mingəçevir seysmoaktiv zonasını Kiçik Qafqazın Lök-Qarabağ antiklinal qalxımından ayırır.

Tədqiqat ərazisinin şimal-qərb kənarı Kür və Qanıx çaylararası sahəsinin bir qismini əhatə etməklə çox mürəkkəb tektonik quruluşa malikdir. Aparılmış geoloji-geofiziki tədqiqatların nəticəsinə görə ərazinin tektonik quruluşu iki struktur komplekslə mürəkkəbləşmişdir. Üst struktur kompleks özü də iki struktur mərtəbəyə ayrılır ki, onlardan hər biri struktur quruluşuna görə fərqlənirlər [78].

Üst struktur mərtəbə quruluşuna görə daha kiçik pillə - iki struktur elementə-Çatma antiklinoriumu və Ceyrançöl sinklinoriumuna ayrılır (şək. 1.5.).

Çatma-Acınohur zonası. Çatma-Acınohur zonası, Daşür-Əmirvan qalxma zonasından cənubda yerləşir və iki yarımzonadan: şimalda Mirzəan-Ərəş və cənubda Çatma-Göyçay yarımzonalarından ibarətdir.

Mirzəan-Ərəş yarımzonası struktur cəhətcə Gürcüstanda Kartali əyilməsinin (qırılmasının) bilavasitə cənub-şərq davamıdır və çox qalınlıqlı miosen-dördüncü dövr (antropogen) molaslarından təşkil olunmuşdur. Bütövlükdə molass kompleksi, cənuba çevrilmiş və cənuba meyillənmiş, üstəgəlmələr və qırılıb-qalxmalarla (fay) mürəkkəbləşmiş və bunlar boyu qırışıqların şimal qanadları cənub qanadlarının üstünə gəlmişdir. Antiklinallar çox da böyük olmayan braxiantiklinallardan təşkil olunmuşdur ki, bunları da enli və az meyilli sinklinallar bir-birindən ayırır [78].



Şəkil 1.5. Azərbaycan Respublikasının ərazisinin tektonik rayonlaşdırılma sxemi.

(Tərtib edən T.A.Kəngərli).

Struktur zonalar (sxemdə-rəqəmlərlə): 12-Çatma-Acınohur; 13-Ceyrançöl; 14-Kiçik Qafqaz ətəyi; 15-Yevlax-Ağcabədi; 16-Kürdəmir-Saath.

Çatma-Göyçay yarımzonası orta Kür çökəkliyinin ən mürəkkəb tektonik elementi olub, onu cənubdan müşayiyyət edən Ceyrançöl zonasından, qərbdən şərqə doğru istiqamətlənən, kulissəkilli bir-birini əvəz edən Udabnin, Erukdar, Böyük Palantökən üstəgəlmələri Bozdağ və Qaraca qırılıb-qalxmaları (fay) ondan ayrılır. Qırılma zonalarından təşkil olunmuş bu zona bütün istiqaməti boyu, Çatma-Göyçay

yarımzonasının cənuba doğru çevrilmiş qırışıqları ilə müşaiyət olunur. Bu üstəgəlmələrin, yarımzonanın qərbində amplitudası ən böyükdür (2.0-2.5km), yəni Udab-Erikdar zonasında müşahidə olunur ki, burada orta və üstmiosen çöküntülərindən təşkil olunmuş ən kənar cənub qırışiq zolağı, Ceyrançöl zonasının üst pliosen çöküntüləri ilə, Erikdar üstəgəlməsi vasitəsi ilə tektonik təmasa gəlir [78].

Qeyd etməliyik ki, Çatma-Göyçay yarımzonasında Mirzəan-Ərəş yarımzonasında olduğu kimi, qırışıqların eninə dalğavari olması ilə xarakterizə olunur. Bunların ən kəskin fleksuraşəkilli gömülməsi, Qanix çayı dərəsinin meridional kəsimində qeyd olunur. Bu fleksura, həmin qırışiq yarımzonası iki seqmentə:qərbi-Çatma və şərqə Göyçay seqmentlərinə bölür.

Çatma seqmenti yer səthində üst pliosen-miosen çöküntülərindən təşkil olunmuşdur, Göyçay seqmentində isə qədim çöküntülər üst pliosen yaşlıdır. Seqmentin tektonik quruluşunda, iki iri antiklinal zolaq iştirak edir.

Ceyrançöl zonası. Bu zona yer səthində üst pliosen-dördüncü dövr (antropogen) çöküntülərindən təşkil olunmuşdur, bu çöküntülər, kəskin asimmetrik və cənuba doğru çevrilmiş qırışıqların mürəkkəb sistemində iştirak edirlər. Cənub qanadda, Orta Kür çökəkliyinin cənub qərb hissəsində Kiçik Qafqaz ətəyi zonası ilə Kür üstəgəlməsi boyu bu zona tektonik təmasa gəlmişdir [78].

Qırışıqların intensivliyi, bu zonada, cənub və cənub-şərq istiqamətində neogen-antropogen çöküntülər kompleksi ilə, xeyli azalır. Bu kompleksdə, intensiv qırışiq əmələgəlmə fazasında iki müstəqil struktur mərtəbə aşkar qeyd olunur: miosen-altpliosen aşağı fazası və üst pliosen-antropogen yuxarı fazası. Bunların arasında kəskin bucaq və azimutal qeyri uyğunluq (uyğunsuzluq) vardır [78].

Neogen-antropogen kompleksinin antiklinal qırışıqları paralel cərgələrlə yerləşərək üç antiklinal zolaq təşkil edirlər. Şimal-Məmmədtəpə-Köyrükkeylan zolağına: - Candar, Oğlutəpə, Məmmədtəpə, Saloğlan, Qaratəpə, Gürzundağ, Keyrükkeylan, Cənub və şimal Ceyrançöl və Tərsdöllər antiklinalları; -Böyükəkəsik, Quşqun, Qərbi-mərkəzi və şərqə Ortaqaş, Quyuqənçi, Bayramlı, Yenikənd antiklinalları; cənub-Kür zolağına:-Qarayazı, Soyuqbulaq, poylu, Zəyəm və Xuluflu antiklinalları daxildirlər.

Antiklinalların əksəriyyəti üstəgəlmələr və qırılıb-qalxmalarla mürəkkəbləşmişlər; bunların amplitudaları 100-150m-dən 1000-1500m-ə qədər dəyişir. Bu üstəgəlmələr boyu az meyilli ($8-15^0$) şimal-şərq qanadlar, itibucaqlı ($70-80^0$) cənub-qərb qanadlarını örtür, nəticədə yer səthində çox vaxt antiklinalların şimal-şərq qanadları qeyd olunur [78].

Kiçik Qafqazyanı zona. Bu zona Kiçik Qafqazın Artvin – Qarabağ qalxımının şimal-şərq qanadına aid olub, Orta Kür çökəkliyinin cənub-qərb bortunu əmələ gətirir. Səthdə zona Üst Pliosen - IV dövr çöküntüləridən təşkil olunmuşdur və o, Paleogen – Mezozoy kompleksi üzərində transqressiv yatmışdır. Təbaşir – Paleogen və 4 Dövr çöküntülərinin təmas zonasında qeyd olunan qırılmalar Ön Kiçik Qafqaz tektonik pozulma zonasının yer səthində əksidir. Bu dərinlik qırılması Kiçik Qafqazyanı və Lök-Qarabağ zonaları arasında təbii sərhəd kimi qəbul edilir. Qərbdə Kiçik Qafqazyanı zonanın şimal şərq sərhədi Kür üstəgəlməsi, cənub şərqdə isə Miosan çöküntülərinin pazlaşma xətti üzrə qəbul edilir. Sonuncu Bərdə-Ağcabədi-Beyləqan xətti üzrə keçməklə Cənubi Araz en istiqaməti dərinlik qırılması ilə kəsilir. Kiçik Qafqazyanı zonada Pliosen IV dövr kompleksi şimala meyilli ($5-6^0$) monoklinal quruluşa malikdir. Qırışıqların uzanması suben istiqamətli olub, bir-birindən kulisəbənzər ayrılmışlar. Qeyd etmək lazımdır ki, Orta Kür çökəkliyinin cənub-qərb kənarının qarışıqlıqlarının əmələ gəlməsi Son Təbaşirin axırında başlamış, tam formalaşması isə texnogenezin Pliosenönu mərhələsində baş vermişdir [78].

Yevlax-Ağcabədi zonası. Bu zona Orta Kür meqazonasının cənub şərq kəsimində yerləşir. Tektonik element kimi o, Mezozoy–Paleogen və qismən də Miosen kompleksində dərin çökəklik kimi ayrılmışdır. Üst Pliosen çöküntü kompleksi üzrə bu zona şimal –şərq istiqamətli hamar meyilliyə malikdir. Seysmik kəşfiyyat materiallarına əsasən Mezozoy və Paleogenin struktur planı demək olar ki, eyni olub çoxsaylı braxiantiklinallarla mürəkkəbləşmişdir. Bu antiklinal strukturlardan Şirvan, Bərdə, Ağcabədi və Sovetlər qalxımlarını göstərmək olar. Tədqiqat sahəsinə daxil olan Yevlax–Ağcabədi zonasına şimal qərb kəsiyində

müəyyən edilmiş antiklinal strukturlara əsasən ümumqafqaz istiqamətli olub , qismən cənuba doğru çevrilmişdirlər [78].

Mingəçevir poliqonu ərazisində yerləşdiyi Orta Kür meqazonası Neogen qırıxıqlıq kəməri yaylasına daxil olub şimaldan Böyük Qafqaz , Kiçik Qafqaz orogen qurşaqları ilə sərhədlənir. Tektonik hərəkətlərin əsas istiqamətləri burada ümumqafqaz istiqamətli lokal qalxımların əmələ gəlməsinə səbəb olmuşdur. Bu hərəkətlərin intensivliyi Kür depressiyasının (Orta Kür) şimal kənarında Acınohur, Duzdağ və Bozdağın Paleogen və Pleystosen çöküntülərində güclü pozulmalara səbəb olmuşdur.

Morfoloji cəhətdən su anbarı dairəsində dağ ətəyi sahəsini və hündürlüyü 200-250 m olan dağ silsiləsini ayırmaq olar. Su anbarı rayonunda ən yüksək nöqtə sağ sahildə qeyd olunur –Dəyirmandag -325 m, Babadağ -463.8 və Qazanlı 528 m [78].

1.6. Mingəçevir ərazisinin tektonik qırılmaları

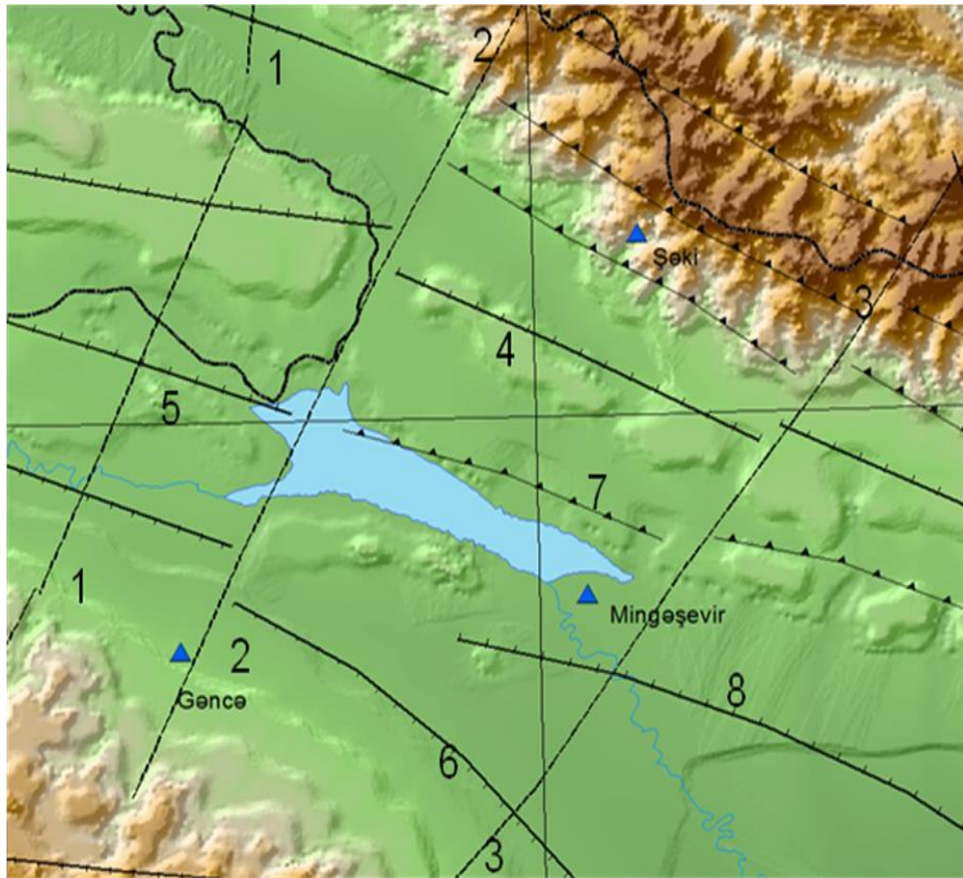
Bu günə qədər toplanmış geoloji və geofiziki məlumatlar təsvir edilən ərazidə yaranan qırılmaların dərinliyi, struktur vəziyyəti, yaş həcmi və əsas tektonik strukturların formalaşmasında rolu böyükdür. Bu sadalanan xüsusiyyətlərə görə, tədqiqat sahəsinin qırılmaları iki əsas qrupa bölünə bilər: regional və yerli. Birincisi, çoxsaylı yüzlərlə kilometrə, pozuntu zonalarının genişliyini, geniş bir dərinliyin dərinliyini və inkişafın qeyri-adi bir müddətini əhatə edir. Onlar əsasən təsvir olunan depressiyanın marginal hissələrində müxtəlif geotektonik inkişaf rejimi sahələrinin sərhədlərində və yüksəltmə zonalarından dalğıcı zonalarına kəskin keçiddə paylanır. Onların inkişafı yer qabığının dalğa hərəkətləri ilə əlaqələndirilir [45].

Bu tip boşluqlar arasında, onların paylanması istiqamətinə görə uzununa və eninə çatışmazlıqlar fərqlənir. Onun morfogenetik mənsubiyyətinə əsasən, uzunlamasına pozulmaların əksəriyyəti sürünmə növüdür. Onlar və onların yaxınlıqdakı əraziləri yamacın əhəmiyyətli düzəldilməsi ilə xarakterizə olunur [45].

Seysmik baxımdan, bir və ya iki güclü zəlzələ episentri ilə əlaqəli olduğundan, Yaşma-Bəndovan, Guton-Zəngilan, Arpa-Samur, Tər-tər-Oğuz, Şərur-Zaqatala,

Qazax-Siqnak (Şixalibəyli E. görə) qırılmalar zəif aktiv hesab edilə bilər . Bu qırılmalarda çatlar boyunca zəif seysmik hadisələr daha tez-tez baş verir, Tər-tər-Oğuz və Qazax qırılması şimal-şərq dayandırılması və daha az digər sahələrdə episentrələr daha sıxdır (şək. 1.6.) [45].

Transvers olmayan dayanıqlıqların əksəriyyəti dik və şaquli dayanıqlı tipli dayazlıqlara aiddir. Bu çox yönlü qırılmalar, xüsusilə bölgənin inkişafının yeni mərhələsində inkişafın uzunluğu ilə də fərqlənir. Sonuncunda ən aktiv olan uzunlamasına qırılmalar idi. Buna görə, bölgənin müasir relyefi və strukturunda, əsasən, depressiyanın gənc molas quruluşları altında geofiziki məlumatlar ilə qeyd edilən transvers faylardan daha dəqiq ifadə olunur. Həm uzunlamasına həm də eninə kəsilişin döşənməsi fərqlidir, lakin bunlar Orta-Erkən-Alp və daha çox antik formasiyalardır. Göründüyü kimi, daha qədim formasiyalar transvers dərin qüsurlardır [45].



Şəkil 1.6. Orta Kür çökəkliyi ərazisinin tektonik xəritəsi
Qırılmalar: Qırılm1-Qazax-Siqnak, 2-Gəncəçay-Alazan, 3-Arpa-Samur,
4-Şimalı-Acinour, 5 - İori, 6 - Kür, 7- Geokçay, 8 – Mingəşevir
(Şixalibəyli E.)

Orta Kür depressiyasını və onun ayrı-ayrı struktur zonalarının formalaşması uzununa regional dərin faylarla bağlıdır. Bunlara Alazan-Əyriçay-Ələt və Kür fayları daxildir. Dağlıq zonalarda yaşayan Kaynazoy formasiyalarda gizlənmiş bir çox səhv göstəricilərlə qeyd olunur: kıvrımların daldırılması, kiçik disjunların yığılması, geomorfoloji elementlərin açıq birləşməsi və s. [45].

IV FƏSİL. SU ANBARININ DOLMASININ SEYSMIKLİYƏ TƏSİRİ

4.1. Su anbarının dolmasının seysmikliyə təsiri

Su anbarında suyun səviyyəsinin qalxması adətən 5 ay - mart ayından iyul ayına qədər, həm də may-iyun aylarında maksimal intensivliyə çatır. Avqustda suyun səviyyəsinin düşməsi başlayır: əvvəlcə yavaş-yavaş, sonra isə daha sürətlə. Yanvar-mart aylarında səviyyənin dalğalanması cüzi miqdarda olur. Yazda və yayda suyun səviyyəsinin qalxması Kür, İori və Alazan çaylarından gələn su ilə dolduğu kimi, su anbarında çöküntülərlə də şərtlənir [45].

Payız-qış dövründə su anbarında suyun səviyyəsinin aşağı düşməsi bir tərəfdən suyun orta səviyyəsi ilə, digər tərəfdən isə energetika qrafiki üzrə işə düşən su anbarının iş rejimi ilə şərtlənir.

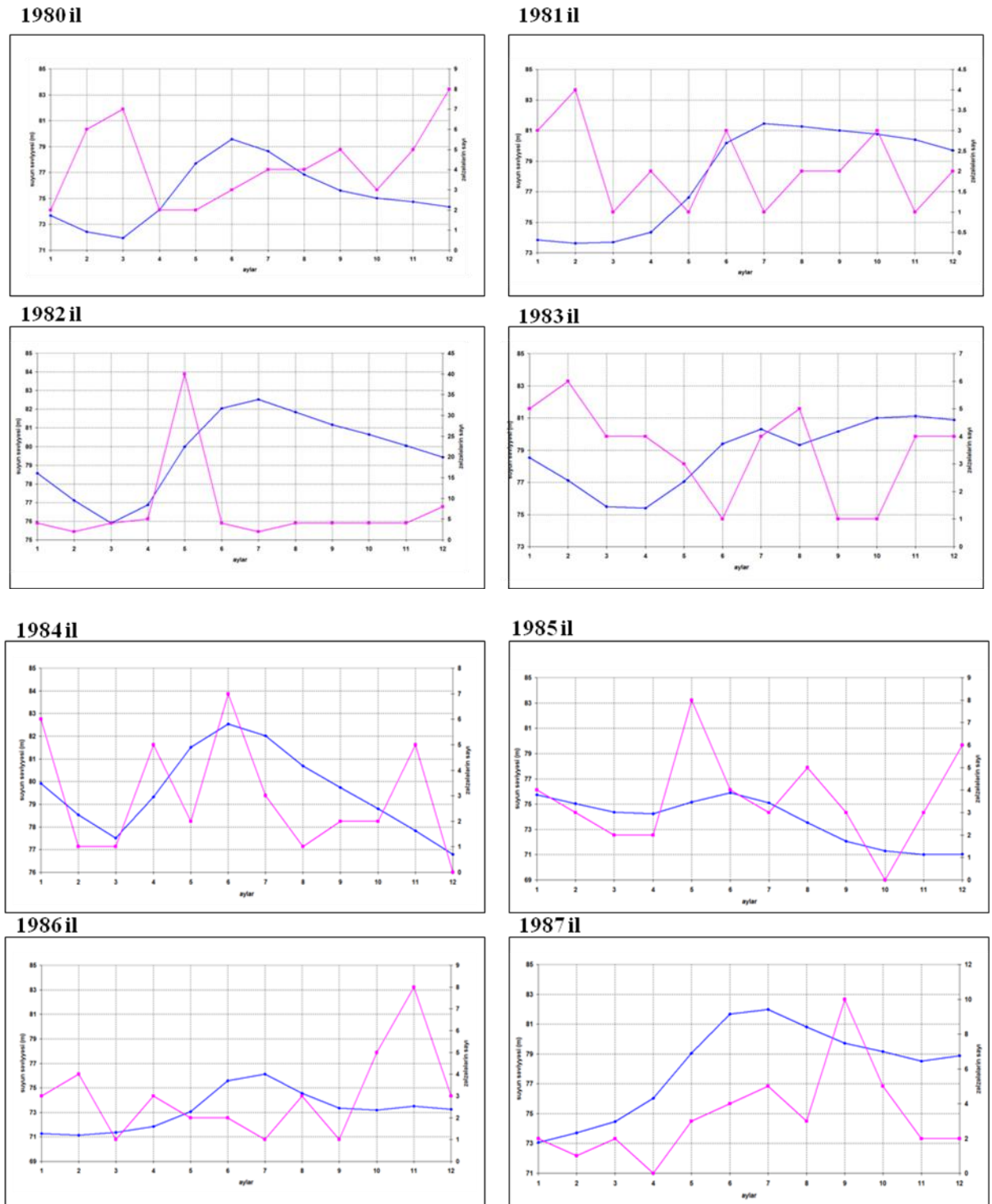
Mingəçevir su anbarında yazda çay sularının gur vaxtı iki amilin - dağlarda yığılan qar ehtiyatlarının əriməsi və yaz yağıntıları - qarşılıqlı təsirinin nəticəsidir. Yaz suyunun tədricən artması artıq mart ayında başlayır.

Beləliklə, daşqınların orta davam etmə müddəti 2,5 aydan 3 aya qədərdir. Daşqınların başlaması və bitməsi müddətləri üç çayda üst-üstə düşür. Bundan başqa suvarma üçün suyun süni şəkildə yığılması axım rejiminə təsir göstərir. Ölçülmüş nasosların sərfiyyatı da müvafiq olaraq su sərfiyyatının dəyişilməsindən asılı olaraq dəyişilir.

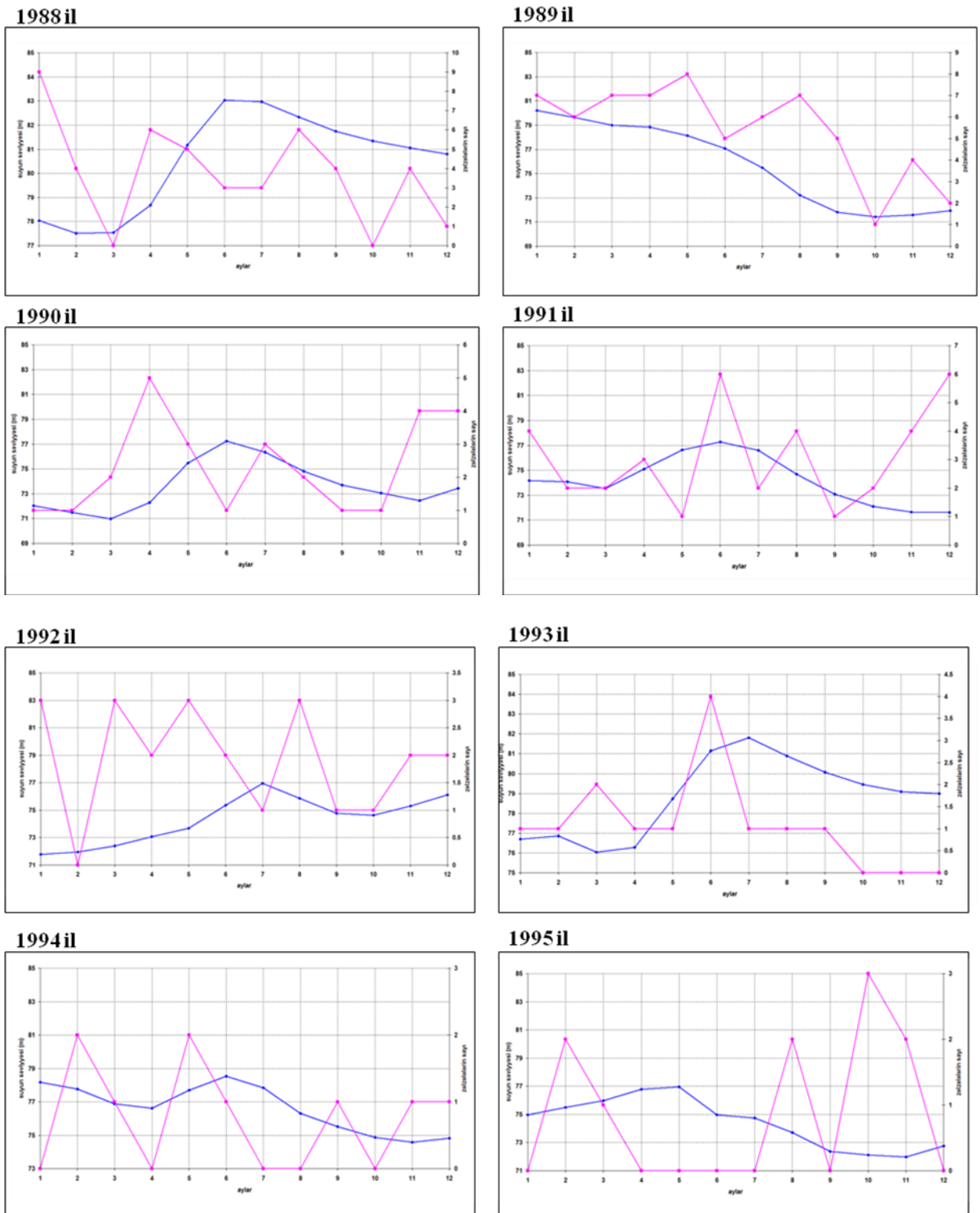
Su anbarının dolmasının seysmikliyin yüksəlməsi ilə əlaqəsini müəyyən etmək üçün episentrlərin illik xəritələrində qeyd edilmiş 605 km² sahəli bütün ərazi detallı şəkildə tədqiq edilmişdir.

Zəlzələlərin 1980-2017 illər ərzindəki illik cəmlərinin dəyişməsi nəzərdən keçirilmişdir və müşahidə edilmişdir ki, zəlzələlərin sayı 1981-ci ildən artma tendensiyasına malikdir, nə zaman ki, su anbarı 79,5 m səviyyəsinə kimi doldurulmuşdur və 2010-cu ildə suyun səviyyəsi su anbarında 83,5 m çatanda, maksimum həddinə çatmışdır [46]. Zəlzələlərin kvartal cəmləri suyun səviyyəsinin artması ilə yaxşı korrelyasiya olunur. Bizim tərəfimizdən su anbarında suyun

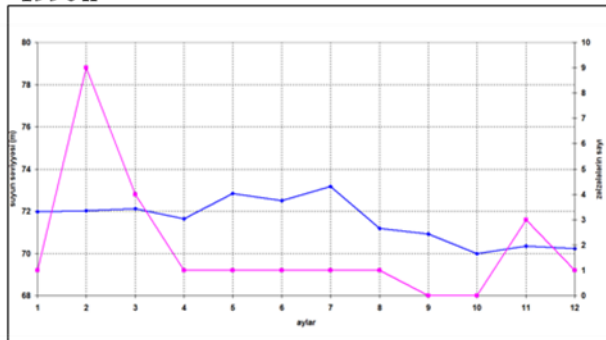
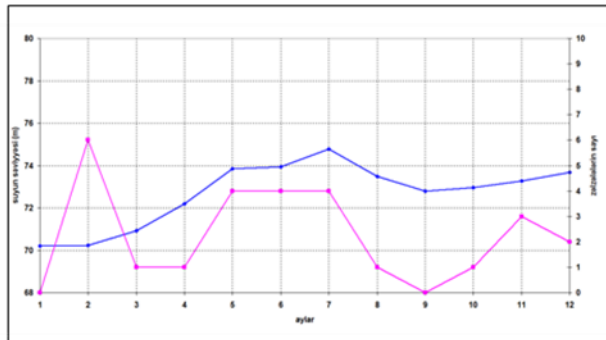
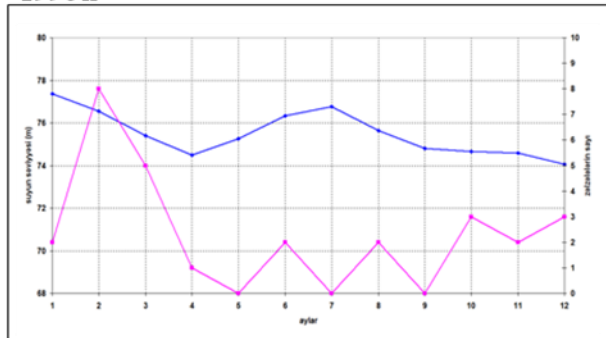
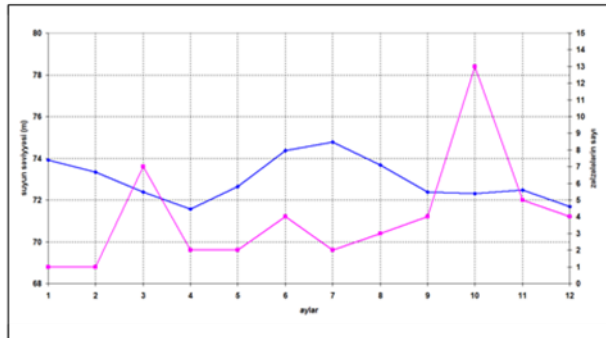
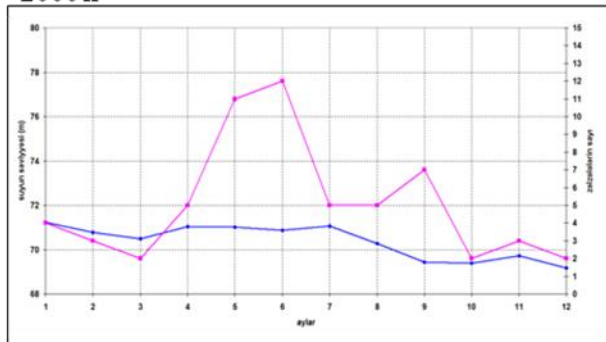
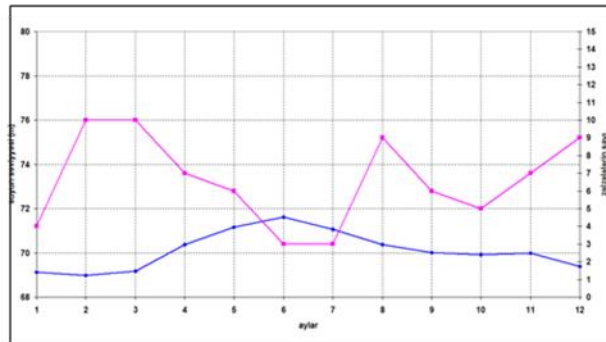
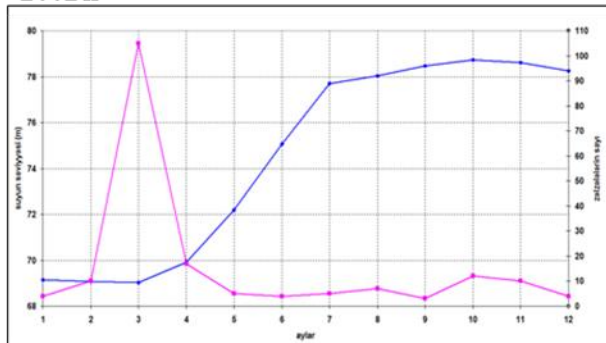
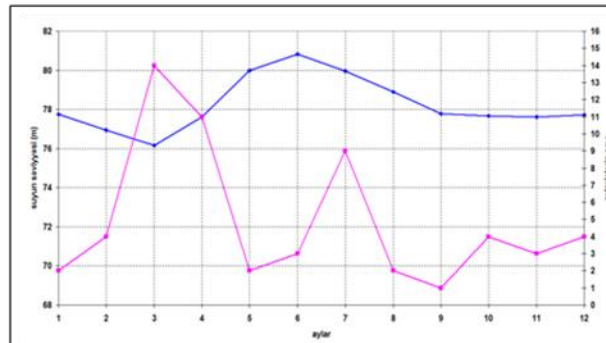
səviyyəsinin zaman ərzində dəyişməsi ilə zəlzələlərin maqnitudası arasındakı asılılıq nəzərdən keçirilmişdir (şək. 4.1.1a,b,c,d,e).



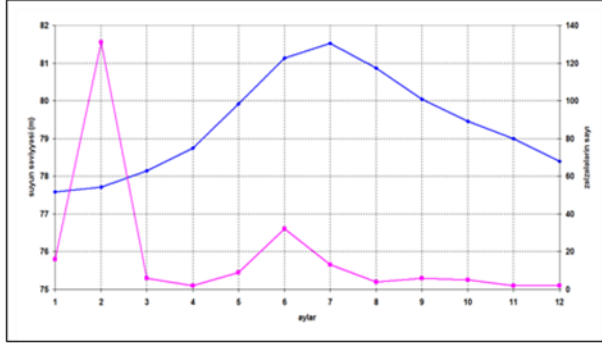
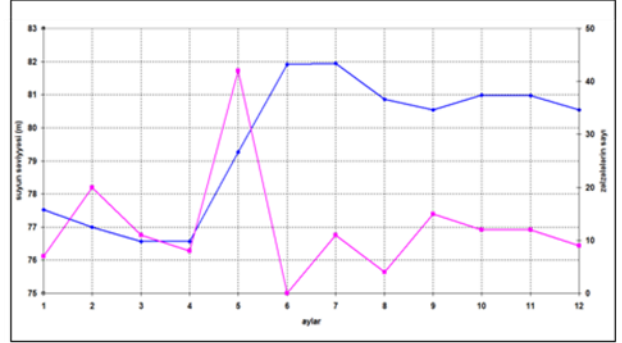
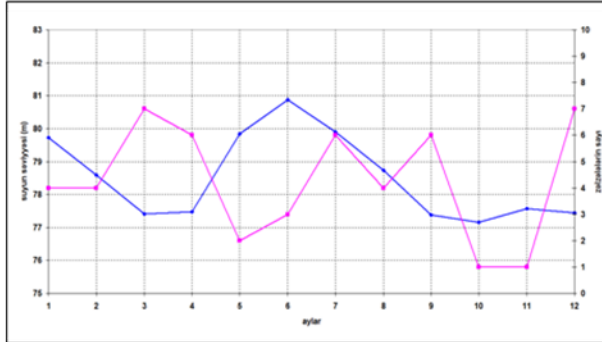
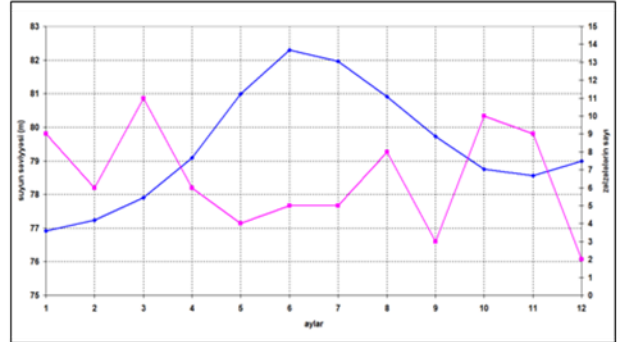
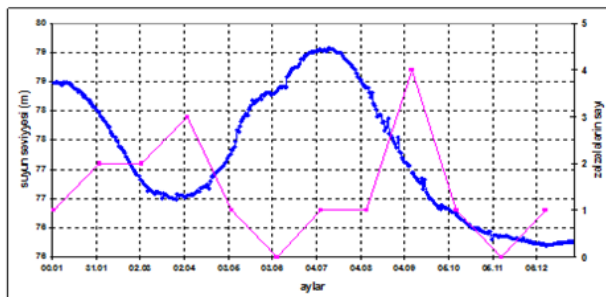
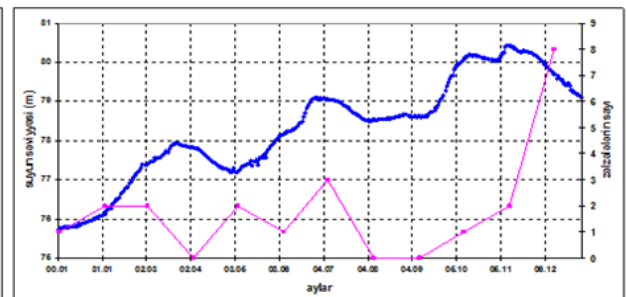
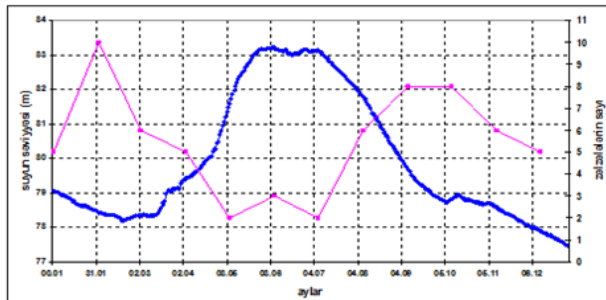
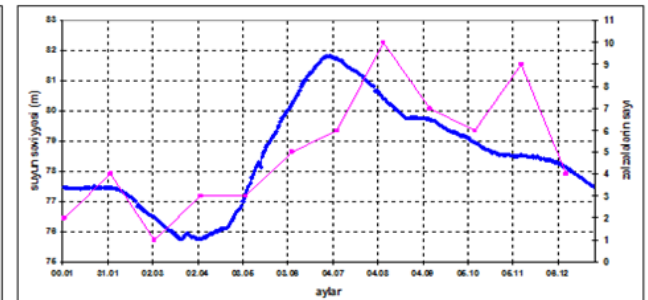
Şəkil. 4.1.1a. Su anbarında suyun səviyyəsinin və zəlzələlərin sayının illər üzrə dəyişməsi
histoqramı [46, 45]



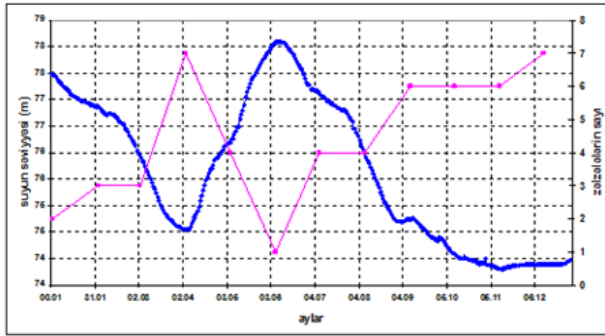
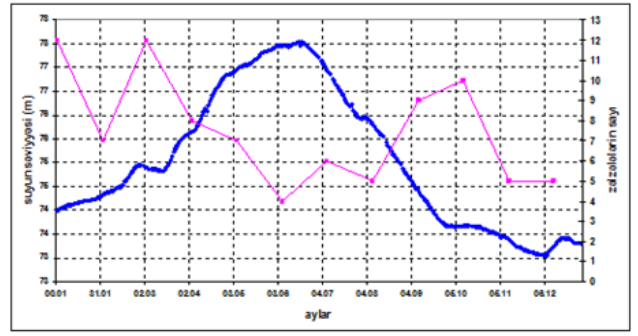
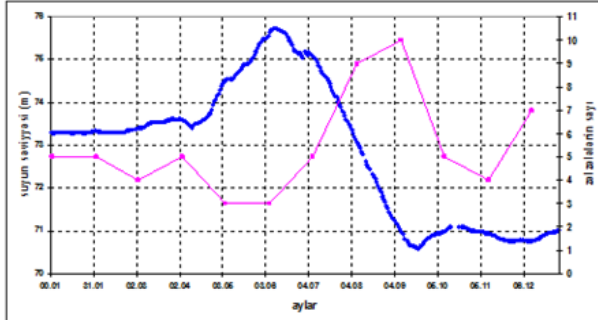
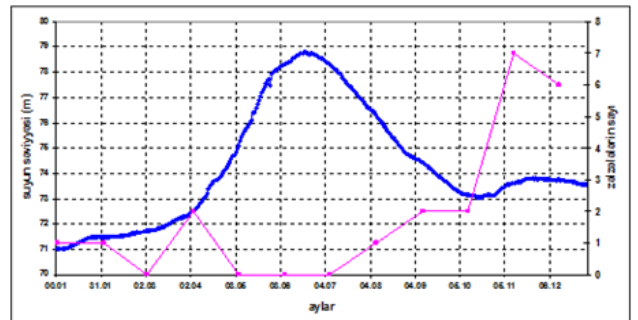
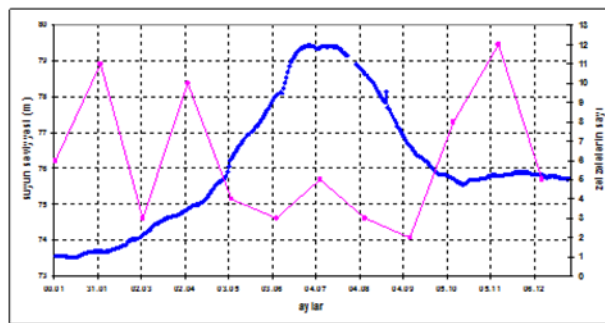
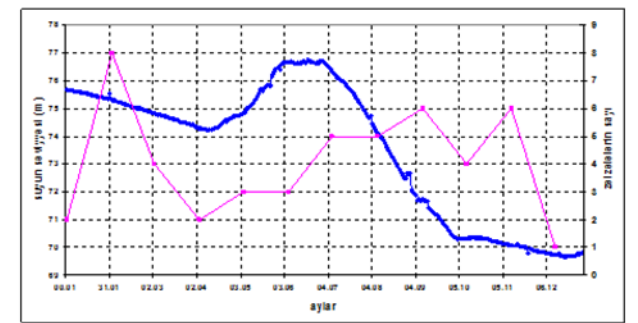
Şəkil. 4.1.1b. Su anbarında suyun səviyyəsinin və zəlzələlərin sayının illər üzrə dəyişməsi
histoqramı

1996 il**1997 il****1998 il****1999 il****2000 il****2001 il****2002 il****2003 il**

Şəkil. 4.1.1c. Su anbarında suyun səviyyəsinin və zəlzələlərin sayının illər üzrə dəyişməsi
histoqramı

2004 il**2005 il****2006 il****2007 il****2008 il****2009 il****2010 il****2011 il**

Şəkil. 4.1.1d. Su anbarında suyun səviyyəsinin və zəlzələlərin sayının illər üzrə dəyişməsi
histoqramı

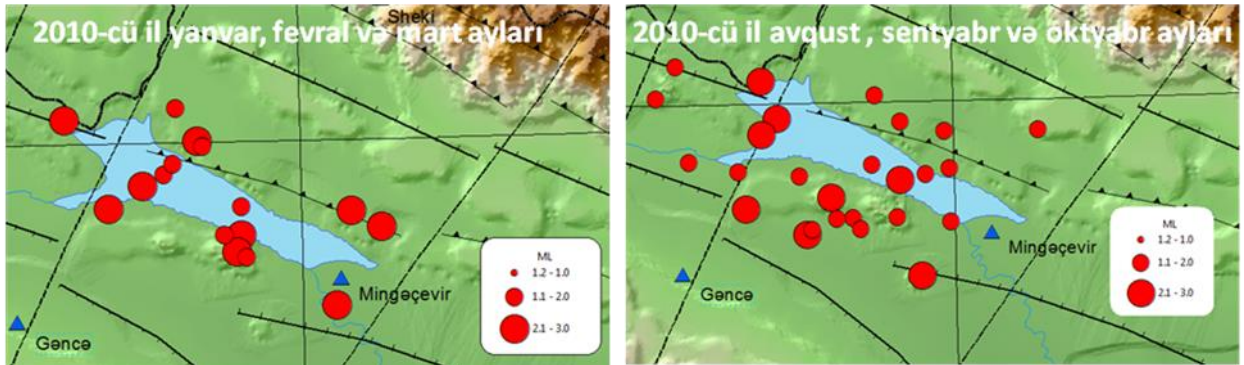
2012 il**2013 il****2014 il****2015 il****2016 il****2017 il**

**Şəkil. 4.1.1e. Su anbarında suyun səviyyəsinin və zəlzələlərin sayının illər üzrə dəyişməsi
histoqramı**

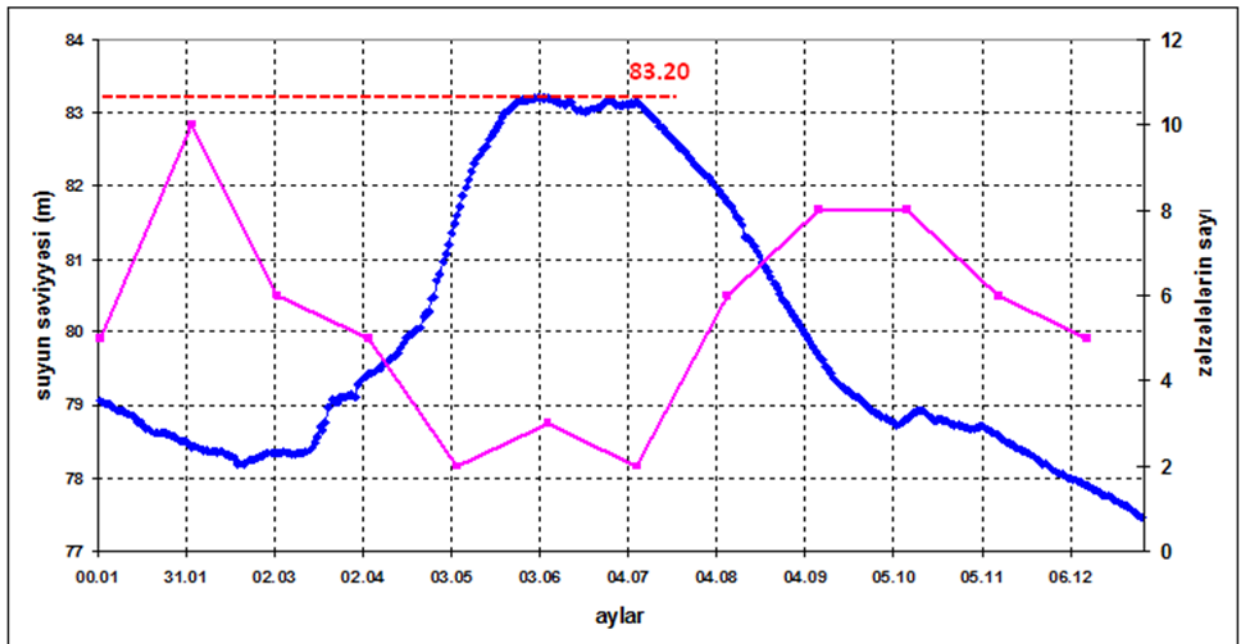
2008-ci ilin may ayından 2009-cu ilin mart ayına kimi, şəkil 4.1.1-dən görüldüyü kimi, orta hesabla 31 zəlzələ baş vermişdi. 2008-ci ilin oktyabr ayında suyun səviyyəsinin artma dövründə $m_l=3.6-1.6$ maqnitudalı 6 zəlzələ baş vermişdi. Suyun səviyyəsi öz 80,5 m maksimuma çatdıqda, suyun səviyyəsinin tədricən 78,2 m qədər azalması başladı. Bu zaman ərzində maksimal maqnitudası $m_l=3.8$ olan 18 zəlzələ baş verdi.

02-12.2010-cu il ərzində orta hesabla 36 zəlzələ baş verdi. Suyun səviyyəsinin artma dövrü maqnitudası $m_l=1.5-0.5$ olan bir sıra zəif zəlzələ ilə xarakterizə olunur. Suyun səviyyəsi 83,2 m maksimuma çatdıqda (iyun, iyul, avqust), suyun səviyyəsinin

tədricən 77,5 m qədər azalması başladı. Bu zaman ərzində sentyabrdan dekabra qədər maksimal maqnituda $m_l=2.8$ olan 17 zəlzələ baş verdi (şək. 4.1.2-4.1.3).



Şəkil. 4.1.2. 2010-cü il avqust , sentyabr və oktyabr aylarında Mingəçevir su hövzəsində və ətraf bölgələrində baş vermiş zəlzələlərin episentrlər xəritəsi



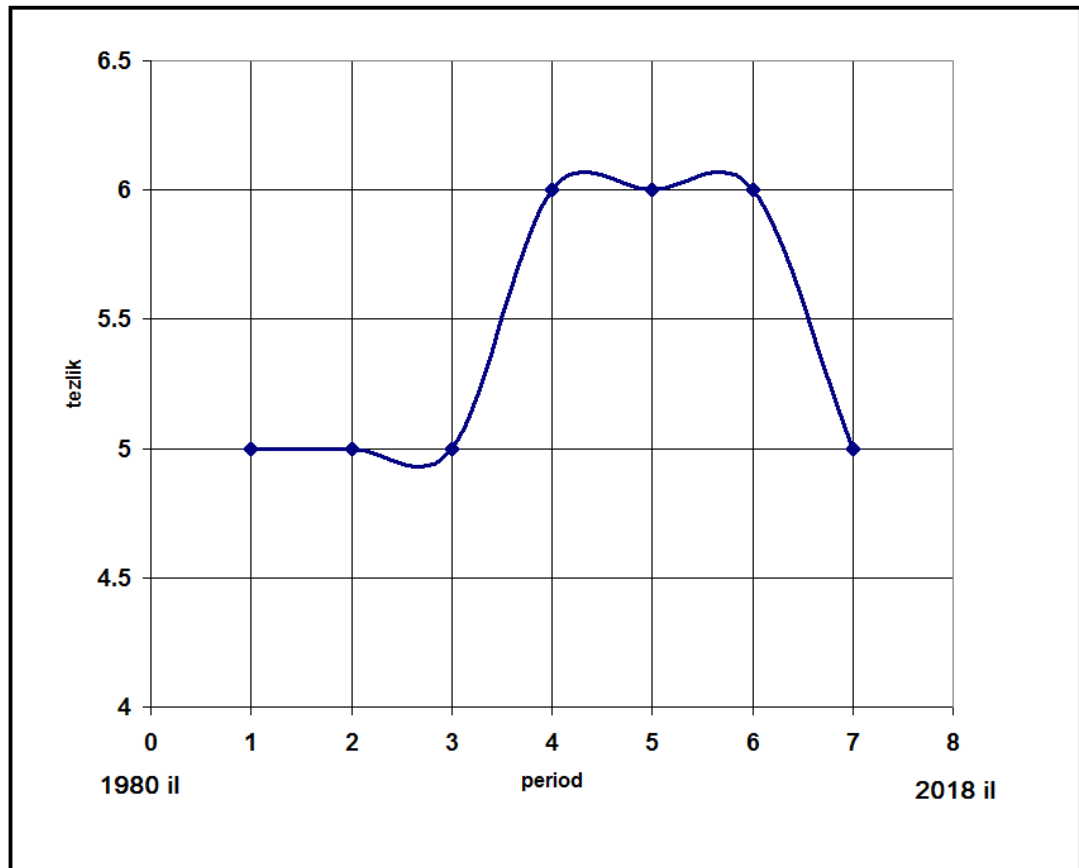
Şəkil. 4.1.3. Su anbarında suyun səviyyəsinin və zəlzələlərin sayının 2010-cu il ərzində dəyişməsi histqramı

2011-ci ilin mart ayında suyun səviyyəsinin artması başladı, tədricən artaraq iyununda 82 m qədər çatdı. Sonralar tədricən azalması və tədqiq edilən ərazinin seysmik aktivliyinin artması müşahidə olundu. 2011-ci ilin avqust ayından 2012-ci avqust ayından 2012-ci il aprelə qədər olan dövrdə 46 zəlzələ baş verdi.

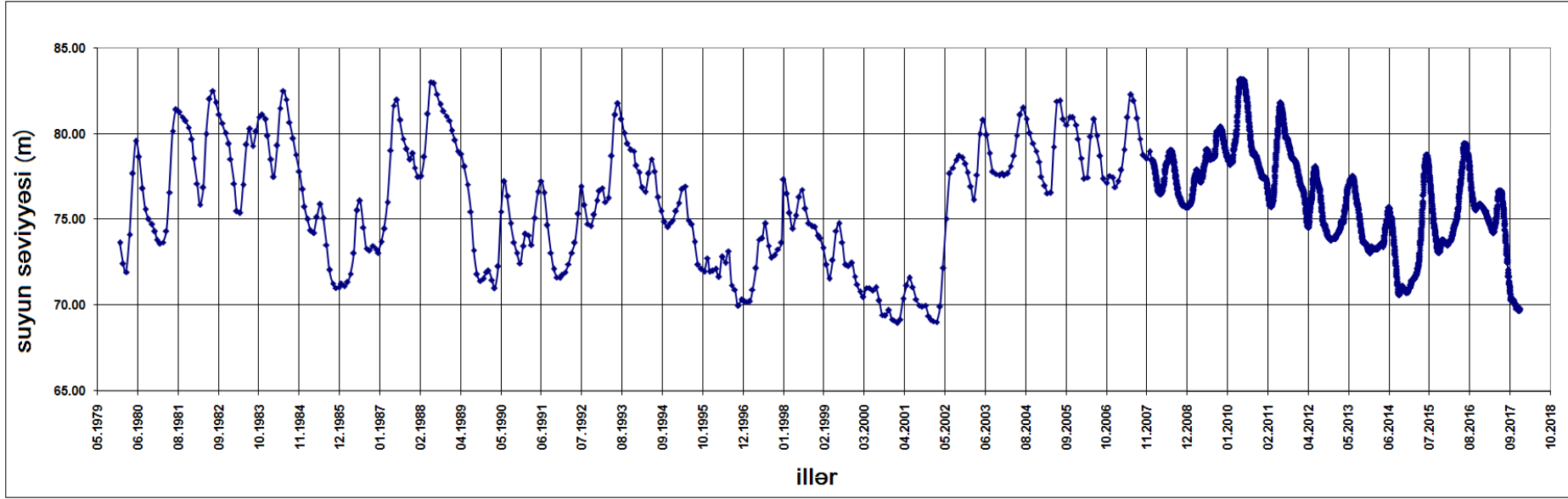
Qeyd etmək lazımdır ki, son illər ərzində bu ərazidə zəif seysmiklik artmışdır (2010-2013-cü illərdə baş vermiş $m \geq 0.5$). Bu zəlzələlərin əsasən çox hissəsi (75 %) tədqiq olunan ərazinin cənub hissəsində cəmlənmişdir.

Şəkil 4.1.1e.-də 2014 -cü ildə su anbarında suyun səviyyəsinin və zəlzələlərin sayının zaman üzrə paylanması qrafiki verilmişdir (suyun səviyyəsi - 70.60-75.78 m). 2014-cü ildə Mingəçevir su hövzəsi ərazisində 104 təkan qeydə alınmışdır.

Beləki, su anbarının doldurulması birbaşa Mingəçevir su anbarı rayonunda və bitişik ərazilərdə zəif zəlzələlərin meydana gəlməsinə təsir göstərir. Şəkil 4.1.4a,b-də su anbarında suyun səviyyəsinin və spektri bütün illər üzrə göstərilir. Şəkildən göründüyü kimi hər 5 ildən bir periodik dəyişmələr baş verir və 2012-ci ildən başlayaraq suyun maksimal səviyyəsi müşahidə olunur və 2018-ci ilə kimi saxlanılır.



Şəkil. 4.1.4a. Su anbarında suyun səviyyəsinin illər üzrə spektri



Şəkil. 4.1.4b. Su anbarında suyun səviyyəsinin illər üzrə dəyişməsi histqramı

4.2. Təkrarlanma qrafiki

Təkrarlanma qrafikinə enmə bucağı γ (bir ölçülü miqyasda istifadə edərək) zəlzələlərin sayının onların enerji ilə bölüşdürülməsini əks etdirir və seysmik prosesi xarakterizə etmək üçün geniş istifadə olunur. Təkrarlanma qrafikinə enmə bucağının maraqlı xüsusiyyətlərindən biri onun zamanında qeyri-müəyyənliyi. Bu məqsədlə dissertasiya işində 1235-2017-ci illər dövrünə Mingəçevir regional kataloğunun təkrarlanma qrafikinə enmə bucağının anomaliyaları zaman üzrə öyrənilmişdir [50-54].

Zəlzələlərin təkrarlanması. Zəlzələlərin təkrarlanmasını qiymətləndirmək üçün Qutenberq-Rixter xətti nisbəti tətbiq olunur. Zəlzələlərin baş verdiyi zamanın təsadüfi olduğunu düşünsək, onların sayı artmaqda olan artım ilə artmaqdadır və maqnitudanın gücü məhdud deyildir.

Statistik məlumatlara əsasən, M $\lg N$ -dən asılı olaraq müəyyən edilmişdir, burada N - müəyyən məbləğə malik olan zəlzələlərin sayıdır. Bundan əlavə, bu məlumatlar funksiya (4.2.1) ilə təxmin edilmişdir [41]:

$$\lg N = a + bM \quad (4.2.1)$$

(4.2.1) formulu maqnitudanın Qutenberq-Rixter ölçüsünün təkrarlanması qanununu əks etdirir. Burada a və b regional sabitlərdir.

Məlum olduğu kimi, zəlzələnin enerjisi (E) maqnituda ilə aşağıdakı əlaqələrlə bağlıdır (4.2.2) [41]:

$$\lg E = \beta M + \alpha, \quad (4.2.2)$$

burada,

α və β empirik əmsallardır;

M - zəlzələ gücünün empirik bir ölçüsüdür.

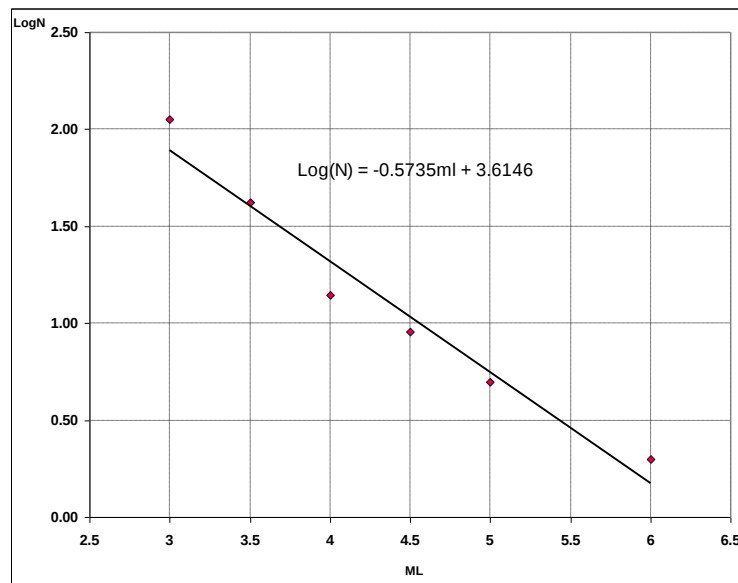
Ortakvadratik xətanın təkrarlanma qrafikini təyin edərkən, ortakvadratik xəta istifadə edilən zəlzələ sayının kvadrat kökü ilə tərs mütənasib olduğu səbəbindən səhvləri azaltmaq üçün nümunə ölçüsünü artırmaq lazımdır. Digər tərəfdən, nümunə artımı istifadə olunan ərazinin yer-zaman ölçüsündə artımını tələb edir. Bu baxımdan,

tədqiqatın hazırkı mərhələsindəki hesablamalar geniş diapazonda başlanğıc parametrlərinin dəyişməsi ilə həyata keçirilmişdir [41].

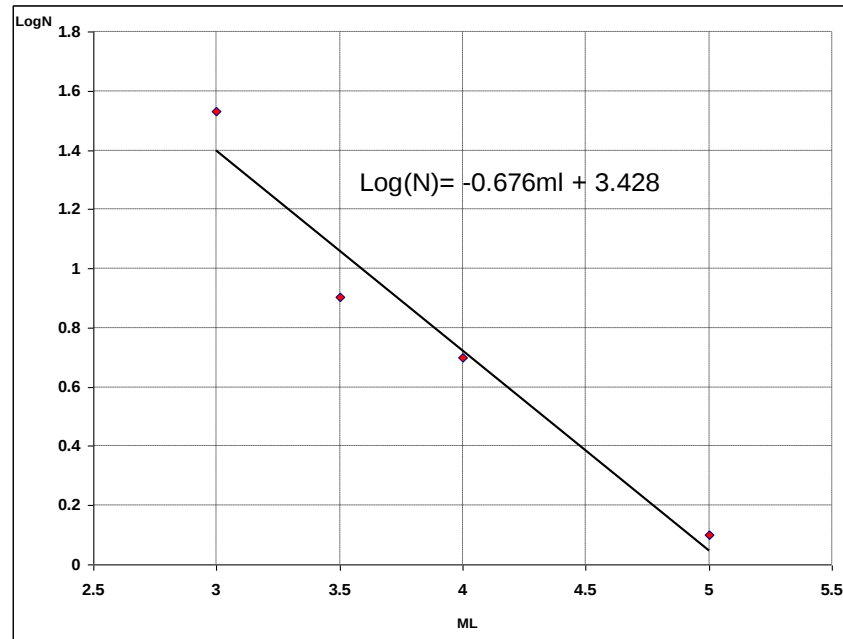
Beləliklə, 1235-2002 və 2003-2017-ci illər üçün Mingəçevir su anbarı zonasında baş vermiş zəlzələlər AMEA RSXM-nin kataloqlarından seçilmişdir. Kataloqdan 1235-2002 dövründə 1168 zəlzələ, 1235-2002 dövrü üçün $M = 3.2$ -dən $M = 7.0$ -ə qədər olan 1433 zəlzələ seçilmişdir.

Aydın variant - təkrarlanma qrafikinə mövcud dəyərlərini müəyyən bir məkan sahəsində müşahidələrin bütün vaxt üçün orta qiymətlərilə müqayisə etməkdir. Bizim tərəfimizdən Mingəçevir ərazisi üçün əldə edilən məlumatlarla -0.45 -ə bərabər olan bir müqayisə aparıldı.

Bu kataloqlar əsasında, aşağıda göstərilən zəlzələlərin təkrarlanma qrafikləri qurulmuşdur (şək. 4.2.1, 4.2.2). Mingəçevir su anbarlarının ərazisi üçün mövcud olan məlumatlara əsasən, zəlzələlərin sayının maqnitudadan asılılığı qrafiki qurulmuşdur: $\lg N = 3.6 - 0.57M$ və $\lg N = 3.4 - 0.68M$. Bizim əldə etdiyimiz təkrarlanma bucağının artması seysmikliyin azaldığını göstərir. Buradan görürük ki, hər iki halda təkrarlanma qrafikinə qiyməti Qafqaz üçün qəbul edilmiş ümumi qiymətdən daha yüksəkdir.



Şəkil. 4.2.1. 1900-2002-ci illər üçün zəlzələlərin təkrarlanma qrafiki



Şəkil. 4.2.2. 2003-2017-ci illər üçün zəlzələlərin təkrarlanma qrafiki

Güclü zəlzələlərin enerjisi və maqnitudası arasında asılılıq (Rixter formulu) aşağıda göstərilən əmsallarda (3) ilə bir-birinə bağlılığı məlum olur:

$$\lg E = 11,8 + 1,5 M \quad (3)$$

4.3. Seysmik aktivlik

Seysmik prosesin, müxtəlif tektonik regionlarda və müxtəlif miqyaslarda-bütövlükdə litosferdən dağ süxurları nümunələrinədək ümumi xüsusiyyətlərindən biri, onun strukturluğudur. Seysmik proseslərin sturukturu məkan, energetik və zaman sahələrində oxşarlıq xüsusiyyətləri ilə fərqlənir.

Seysmik proses – litosferdə dinamik proseslərin əks olunmasıdır. Onun strukturunda blokların, qırılmaların, catların və digər müxtəlifliklərin bərqərar olunmuş bəzi dinamik vəziyyəti reallaşmışdır. Bununla əlaqədar, seysmik rejimdə, litosferin vəziyyətində baş verən dəyişikliklərin göstəricilərinin qanunauyğunluqlarını aşkar edib tədqiq etmək maraq doğurur.

Belə təzahürün baris nümunəsi kimi, iri süni sututumlarının yaradılması ilə şərtləndirilən istiqamətlənmiş seysmikliyi göstərmək olar. Metodik nöqtəyi nəzərdən,

sututumunun doldurulmasını verilmiş (məlum) yüklənmə qanunu əsasında, real mühitin yüklənməsini təbii eksperiment (sınaq) kimi nəzərdən keçirmək olar.

Seysmiklik struktur göstəriciləri ilə xarakterizə oluna bilər: məkanda, bir çox hipomərkəzin (d) fraktal ölçülüyü və energetik sahədə təkrarlığın (b) əyri qrafiki ilə.

Məlumdur ki, sabit fon rejimində bu göstəricilər kifayət qədər sabitdir (zaman variyasiyası 15-20%): bunların orta göstəriciləri $d=3b$ tənəsübündədir.

Qeyd etməliyik ki, hadisələrin məkanda klasterləşmə dərəcəsi, bu hadisələrin çoxsaylı həndəsi özünəbənzərliyi ilə sıx əlaqədardır.

Həqiqətən də, fraktal ölçülülük öz mənasına görə, özünəbənzərlik göstəricisi kimi, müxtəlif ölçülü boşluqsuz dama şəbəkəsinin mütənasıblılığını müəyyən edir [51].

$$\frac{N_i}{N_j} = \left(\frac{l_i}{l_j} \right)^{-d}, \quad (4.3.1)$$

burada,

N_i - l_i ölçülü evklid məkanın bölünmüş damalarının sayı,

N_j - ən azı bir hadisənin daxil olduğu evklid məkanın bölünmüş l_j ölçülü damalarının sayıdır.

Deməli, l ölçülü boşluqsuz damaların sayı

$$N(l) \sim l^d. \quad (4.3.2)$$

r ölçülü evklid məkanında (r -in qiyməti 1, 2 və ya 3 ola bilər), hadisələrin sıxlığını ölçək,

$$\mu = \frac{\bar{n}}{l^r}, \quad (4.3.3)$$

sahəsində N damalarında paylanan hadisələrin sayı m olarsa, məlumdurki,

$$\bar{n} = \frac{m}{N}.$$

Bunu, (1) nəzərə alınmaqla (2) – də yerinə qoyularsa, onda tapırıq:

$$\mu \sim l^{d-r}. \quad (4.3.4)$$

Əgər $d = r$ olarsa, yəni hadisələr məkanda bir bərabərdə paylanıbsa, onda

$\mu = \text{const}$, bu da hadisələrin sıxlığının “adətən” qəbuluna mütənasibdir (uyğun gəlir) [51].

Əgər hadisələrin sıxlığı fraktal strukturaya malikdirsə, onda $d < r$ və $\mu \sim l^{-d}$, burada $\alpha = r - d > 0$, yəni damanın ölçüsü kiçildikcə hadisələrin sıxlığı artır. Bu səbəb göstərir ki, (4.3.3) düsturuna əsasən, hadisələrin sıxlığı qiymətləndirilərkən, fraktal çoxluq öz mənasını itirir, çünki onun ölçüsü, l damasının ölçüsünü qəbul etməklə, onun ölçmə qaydasından asılıdır [51].

Göstərməliyik ki, seysmikliyə tətbiq edərkən, fraktal obyektlərin bu xüsusiyyəti, seysmik aktivlik anlayışına tətbiqində yeni münasibət tələb edir və müvafiq olaraq zəlzələlərin təkrarlandığının zamanın orta qiymətində eyni tətbiq olunur.

Zəlzələlərin məcmusunun fraktal ölçülüyünü müəyyən etmək üçün əsasən iki qiymətləndirmədən istifadə olunur: dama şəbəkəsinin və korrelyasiya ölçülüyünün qiymətləri. Hər iki qiymətləndirmə, multi-fraktal ölçülüyə, ayrıca hadisələr kimi daxil olur, həmçinin seysmikliyə də tətbiq oluna bilər. Dama ölçülüyü bilavasitə fraktal ölçülük əsasında qiymətləndirilir [51].

$$d_0 = -\lim_{l \rightarrow 0} \frac{\lg N}{\lg l}, \quad (4.3.5)$$

burada,

N – evklid məkanında l ölçülü damaların sayı olaraq ölçülən toplusunun (çoxluğun) heç olmazsa bir elementini özündə əks etdirir.

Korrelyasiya ölçülüyü kimi

$$d_2 = \lim_{l \rightarrow 0} \frac{\lg C(l)}{\lg(l)}, \quad (4.3.6)$$

burada, $C(l)$ – korrelyasiya inteqralıdır:

$$C(l) = N(|r_i - r_j| \leq l) / (m(m-1)), \quad (4.3.6^1)$$

burada,

$N(|r_i - r_j| \leq l)$ – hadisə cütlərinin sayı, bunların arasındakı məsafə l -dən böyük deyil,

m - hadisələrin sayıdır.

d_0 və d_2 qiyməti, 0 və 2 rəqəmli, ümumiləşdirilmiş Reni entropiyasına müvafiq ümumiləşdirilməyə keçir, bu da onların multifraktal ölçülər cərgəsində yerini müəyyən edir. Məlumdurki, $d_2 \leq d_0$, burada bərabərlik yekcins fraktallarda yer tutur (qeyd olunur) [51].

Qeyd etmək lazımdır ki, (4.3.5) və (4.3.6) tənlikləri, $1 \rightarrow 0$ - əməliyyatı çərçivəsində, həddlərin aşkar olunmasını tələb edir, bunlar d_0 və d_2 empirik verilənlərə görə qiymətləndirmələrdə həyata keçirilmir. Buna görə də d_0 və d_2 qiymətləndirmə qurumu zamanı skeylinq sahəsi məvhumunu – 1 – in qiymətlər diapazonunu daxil edirlər ki, bunun daxilində $\lg N$ -in $\lg l$ -dən asılılığı və $\lg C$ -nin $\lg l$ -dən asılılığı düzəldilir. Skeylinq sahəsi (altdan) verilənlərin dəqiqliyi və (üstədən) nəzərdən keçirilən məkan sahəsinin ölçüləri ilə sərhədlənir və ya nəzərdən keçirilən toplumun strukturunun həqiqi dəyişiklikləri ilə ($\lg N = f(\lg l)$ və ($\lg C = f(\lg l)$) asılılıqlarının qırıqları sərhədlənir [51].

Dama ölçülüyünün (və multifraktal ölçülərin) qiymətləndirilməsi özünün statistik mötəbərliyini təmin etmək üçün, kifayət qədər böyük həcmli seçimləri olmasını tələb edir. Bu vəziyyət özünə bənzərliyin parametrlərinin zaman variasiyalarını təyin etmək üçün məsələnin həll olunmasına imkan verir. Korrelyasion inteqralı qiymətləndirmək üçün həddən az seçim tələb olunur ki, bu da qoyulan məsələnin həlli üçün korrelyasiya ölçülüyünü seçməyi tələb edir. Buna görə hesab çəkmə, korrelyasiya ölçülüyünün interpretasiyasının yaxınlığının fraktal ölçülüyü kimi olmasının üzərinə düşür ki, bu da seysmikliyin yekcins fraktala yaxın olması postulativ texmininə əsaslanır [51].

Empirik tədqiqatlar göstərir ki, Kür ovalığı üçün $M=5,5$, $\beta=1,1$ və M olduqda, bu məlumatların orta qiyməti $\beta=1,5$ və R_x formulunda β dəyərinə bərabərdir. b və β empirik olaraq əldə edilən dəyərlərdən istifadə edərək, 1235-2002 və 2003-2017 dövründə Mingəçevir su anbarının zəlzələləri üçün $dE = b / \beta$ fraktal ölçüsünü hesablayırıq: 1) 1235-2002, $dE = 0.57 / 1.8$ zəlzələləri üçün $= 0.31$; 2) 2003-2017-ci illərdəki zəlzələlər üçün - $dE = 0.68 / 1.5 = 0.45$.

Mingəçevir su anbarının ərazisində zaman keçdikcə zəlzələlərin tezliyinin qrafikindəki dəyişikliklər araşdırılır. Bu metodika, güclü zəlzələlərin baş vermə yerlərində arxa fon dəyərlərinə nisbətən təkrarlanma qrafikinə yamacdakı yerli vaxt dəyişikliyi izləməyə imkan verir.

1235-2002 dövründə zəlzələlərin təkrarlanma qrafikinə qiyməti 1235, 2002-ci illərin $M=3.2$ -dən $M=7.0$ -ə olan zəlzələləri üçün -0.57 və -0.68 bərabərdir olduğu müəyyən edilmişdir.

Mingəçevir su anbarı zonasında baş verən zəlzələlərin fraktal statistikasına dair tədqiqatlar bizə aşağıdakı nəticələri verir: - zəlzələlərin enerjiyə nisbətə fraktal ölçüsü $0,31$ və $0,45$ təşkil edir.

Seysmik aktivlik xəritəsinin təhlili Mingəçevir su anbarının sol sahilinin ($A_{10} = 2.0-1.6$) sağ sahilə ($A_{10} = 1.0-1.6$) nisbətən nisbətən yüksək aktiv olduğunu müəyyən etməyə imkan verir.

4.4. Pirson korrelyasiya əmsalı

Seysmik aktivliyin artmasının digər təsiredici faktorlarla əlaqəli olması mümkündür: əlavə yüklənmə ilə, tektonik qırılmaların olması ilə, subasma, məsamə təzyiqinin dəyişməsi ilə və s.

Zəlzələlərin sayı ilə, suyun orta illik səviyyəsinin əlaqəsini aşkar etmək məqsədi ilə biz bəndlərdən 50 km radiusla aralı olan ərazini tədqiq etdik və korrelyasiya əmsalını (Pirson) hesabladıq. Korrelyasiya analizi dəyişkən kəmiyyətlərlə onların mütləq kəmiyyətləri arasında bilavasitə əlaqəni müəyyən etməyə imkan verir. Korrelyasiya əmsalının hesablanmış formulu elə qurulub ki, əgər əlamətlər arasındakı əlaqə xətti xarakter daşıyarsa, Pirson əmsalı bu əlaqənin sıxlığını dəqiq müəyyən edir.

Korrelyasiya əmsalını hesablamaq üçün formula ümumi şəkildə belədir:

$$r_{xy} = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) \times (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \times \sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

burada,

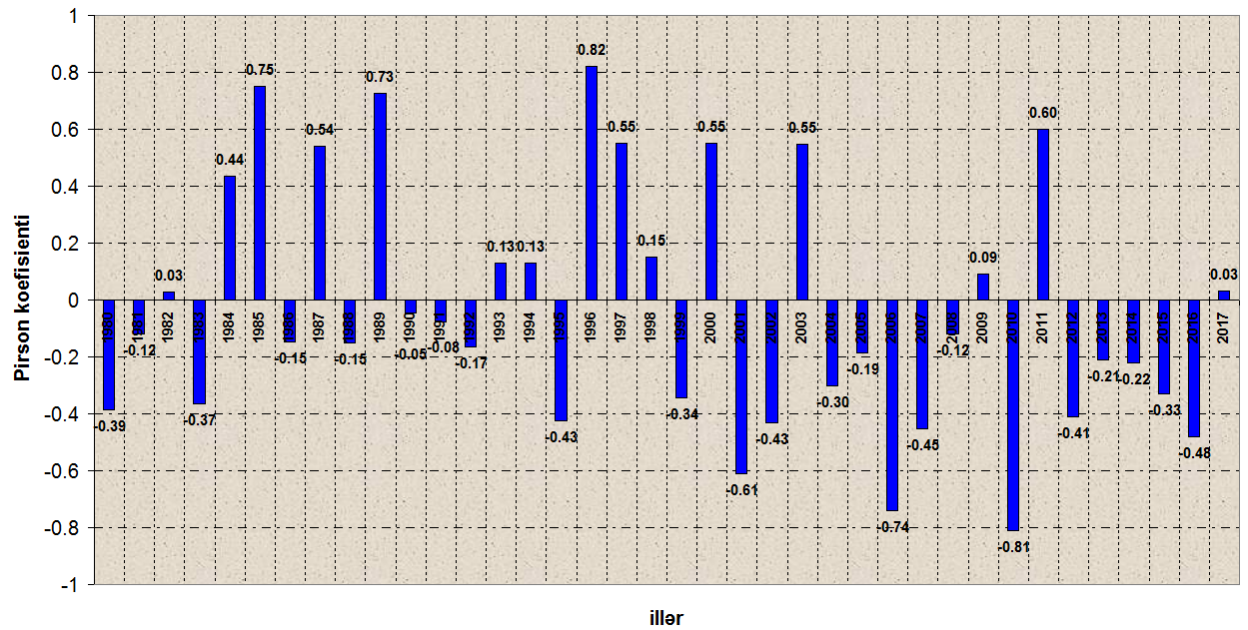
x_i - suyun səviyyəsinin kəmiyyəti,

y_i -seysmik enerjinin kəmiyyəti,

$\bar{x}$ -suyun səviyyəsinin orta qiyməti,

$\bar{y}$ -seysmik enerjinin orta qiymətidir.

Nəticələr şəkildə göstərilmişdir (şək. 4.4.1).



Şəkil. 4.4.1. 1980-2017–ci illər üzrə Mingəçevir su hövzəsində suyun səviyyəsi ilə seysmikliyin korrelyasiyası qrafiki

Göstərilən dövrdə 3 mərhələ ayırmaq olar. Birinci mərhələ 1984-1989 illər, sututumunda suyun səviyyəsinin 82,5 m qədər artması ilə əlaqədardır. Suyun səviyyəsinin artması məsamə təzyiqinin artması ilə müşayət olundu ki, bu da öz növbəsində güman ki, 1985-1986 illərdə baş verən zəlzələlərə və ya onlar üçün trigger olmasına şərait yaratdı. Burada korrelyasiya əmsalı, özünün maksimal qiymətini $\approx 0,73$ alır.

İkinci mərhələ 1990-1999-cu illər, korrelyasiya əmsalının minimal qiymətləri ilə xarakterizə olunur ki, bu da tədqiq olunan regionun seysmiklik səviyyəsində əks olunur. Bu vaxt intervalı əsasən zəif seysmikliklə xarakterizə olunur. Bu güman ki, məsamə təzyiqinin doyumlığa görə stabilləşməsi ilə əlaqədardır.

Üçüncü mərhələ 2000-2007 illəri əhatə edir. 2001 ildən başlayaraq korrelyasiya əmsalının 0,61-dən 0,11-ə qədər azalması müşahidə olunur.

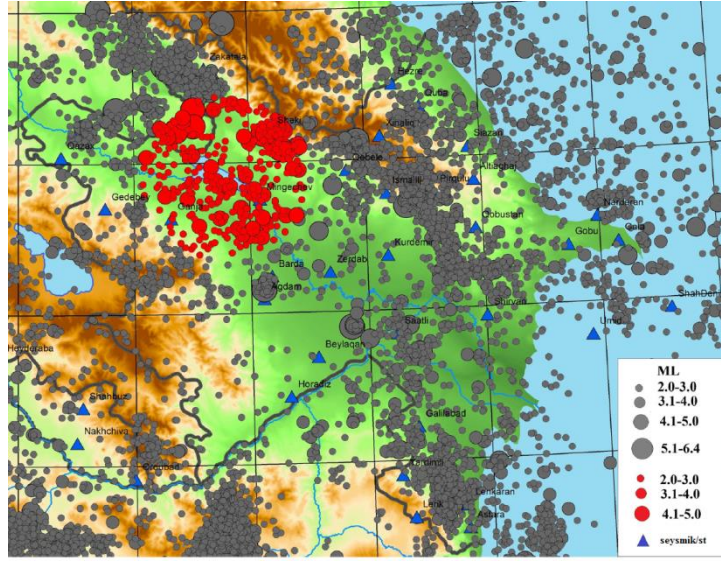
Korrelyasiya əmsalının mənfi qiymətini yüksək məsamə təzyiqi olan mühitdə təzyiqin azalması ilə izah etmək olar.

Belə ki, korrelyasiya əmsalının qiymətləri 0.4-0.5 arasında dəyişir. Əmsalın maksimum qiymətləri (0.73-0.82) 1985, 1996, 2006 və 2010-cu illərdə müşahidə olunur. Pirson əmsalının maksimum olması seysmikliyin suyun səviyyəsinin dəyişməsi ilə əlaqəsini göstərir.

4.5. Mingəçevir su anbarında zamanla suyun səviyyəsinin və seysmikliyin dəyişməsi ilə qarşılıqlı əlaqəsinin təhlili

Bu tədqiqatda 1953-cü ildə doldurulmuş Mingəçevir su anbarında 2010-2018-ci illər ərzində instrumental seysmikliyinin zaman dinamikasının statistik təhlili aparılmışdır. Maqnitudadan asılı olaraq ($M_C=1,6$) Mingəçevir su anbarının mərkəzindən maksimum 30 km məsafədə və 54 km dərinlikdə 9 il ərzində yalnız 269 hadisə seçilib. Buna görə də, bölgənin seysmik fəaliyyətinin dinamikası barədə məlumat əldə etmək üçün biz hər ay statistik metodlardan istifadə edərək zaman dinamikasının Mingəçevir su anbarında su səviyyəsinin ərazinin seysmikliyinə təsiri ilə əlaqəsini tapmaq üçün bu metodlardan istifadə etdik. Bu məqsədlə aşağıdakı metodları tətbiq etdik: korrelogramlara və bir parçalanma metoduna əsaslanan bir periodoqram, yəni: tək spektr analizi və empirik analiz. Gupta (1992) tərəfindən aparılan tədqiqatlar göstərdi ki, su anbarları nəticəsində yaranan zəlzələlərin $\frac{3}{4}$ -dən çoxu su anbarının mərkəzindən 25 km məsafədə yerləşir. Digər bir alim Talwani (1997) bildirmişdir ki, 0,1 ilə 10 m^2/s arasında bir yayılma əmsalı ilə, 1 il müddətinə su anbarı səviyyəsindəki dəyişikliklər səbəbindən məsamələrin təzyiqindəki əlaqəli dəyişikliklərlə, zəlzələlərin dərinliyi təxminən 78 km dərinliyə çata bilər [85].

Beləliklə, apardığımız araşdırmada, su anbarının mərkəzindən 30 km məsafədə ($40.92^\circ N$, $46.82^\circ E$) və 54 km dərinliyə qədər olan zəlzələləri seçdik (yəni, maksimum hiposentral dərinlik). Məlumatlar, RCSS-AMES seysmik şəbəkəsi tərəfindən qeydə alınıb və yerli, maqnitudası ml- 0,5-dən ml-4.7-i arasında dəyişən 498 hadisəni əhatə edir. Şəkil 4.5.1 təhlil olunan seysmik məlumat bazasının episentral paylanması göstərir [85].



Şəkil. 4.5.1. 2010-cu ilin yanvarından 2018-ci ilin avqust ayınadək Azərbaycanda seysmikliyin fəza paylanması (hadisələr mərkəzdən su anbarından 60 km-ə qədər olan məsafədə qırmızı rənglə işarələnmişdir)

Zəlzələlərin təkrarlanmasını qiymətləndirmək üçün Qutenberq-Rixter xətti nisbəti tətbiq olunur. Zəlzələlərin baş verdiyi zaman təsadüfi olduğunu düşünsək, onların sayı artmaqda olan artım ilə artmaqdadır və maqnitudanın gücü məhdud deyildir. Qutenberq-Rixter qanunu hər hansı bir bölgə və zaman intervalı üçün zəlzələlərin gücü və ümumi sayı arasındakı əlaqəni təsvir edir:

$$\log_{10} (N) = a - bM_{th}, \quad (4.5.1)$$

burada,

a və b regional sabitlərdir.

Bu asılılıq ilk olaraq həm məkan, həm də zaman baxımından sabit olaraq Charles Richter və Beno Gutenberg tərəfindən irəli sürülmüşdür. b sabitliyi seysmik cəhətdən aktiv bölgələr üçün ümumiyyətlə 1.0 olur. Bu o deməkdir ki, 4.0 bal gücündə 1 zəlzələ, maqnitudası 3.0 olan 10 zəlzələ və maqnitudası 2.0 olan 100 zəlzələ baş verir. Bölgənin tektonik quruluşundan asılı olaraq b parametrinin dəyəri 0,5 ilə 1,5 arasında dəyişə bilər. Parametr, aşağıdakı düsturdan istifadə edərək maksimum ehtimal metodundan (Aki 1965) istifadə edərək qiymətləndirilmişdir [85]:

$$b = \frac{\log_{10}(e)}{< M > - (M_c - \frac{\Delta M_{bin}}{2})} \quad (4.5.2)$$

burada,

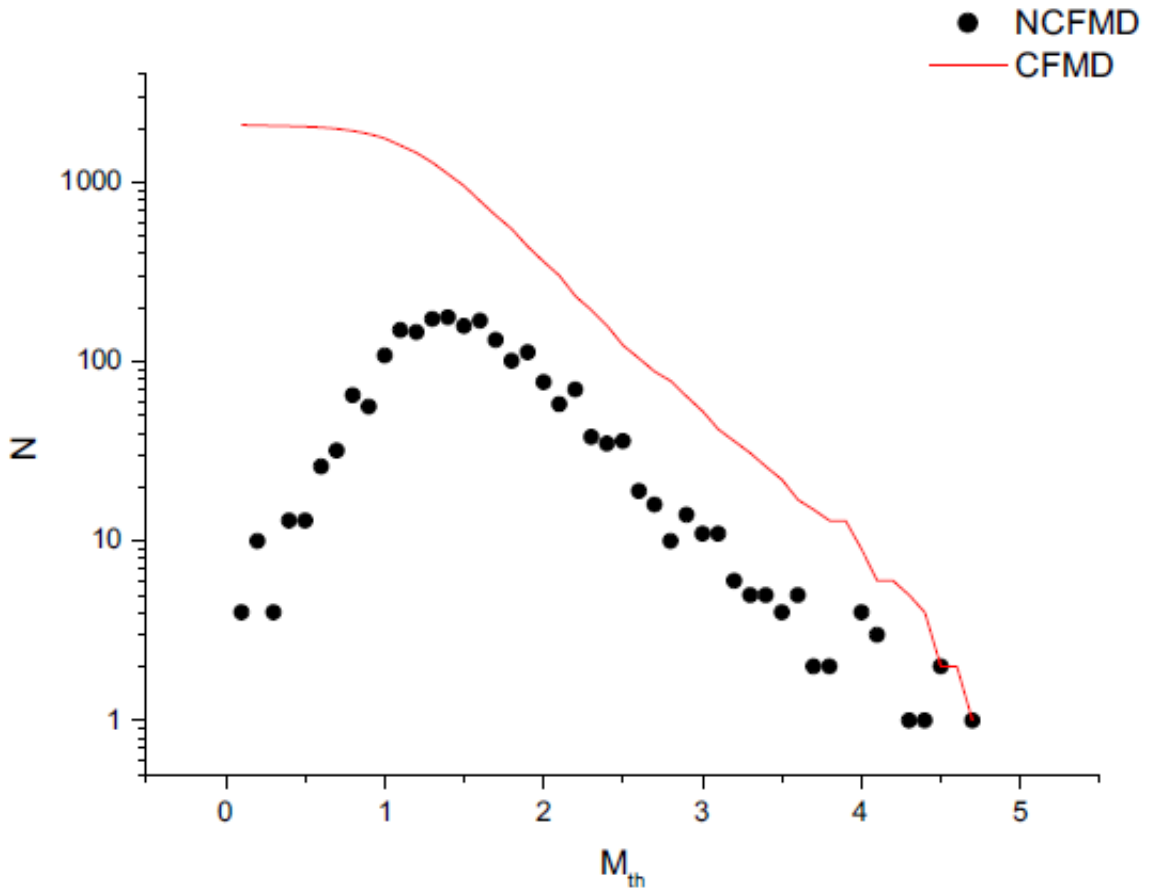
M_c - kataloqun maqnitud tamlığı,

a və b parametrləri maqnitudası M_c –yə bərabər və ya ondan böyük olan zəlzələlərin sayıdır.

Parametrlərin bu cür dəyişməsi tədqiqat rayonunda mövcud olan yüksək parametrlərin fəza variasiyalarının təhlili Azərbaycanın müxtəlif regionlarının bir-birindən fərqli seysmik-tektonik şəraitə malik olması ilə əlaqədar özünəməxsus yüksək fəza variasiyaları ilə səciyyələndiyini göstərir. Ümumiləşdirilmiş instrumental seysmik kataloqun yeni statistik elmi yanaşmalarla analizi vasitəsilə əldə olunmuş nəticələr Azərbaycan ərazisində seysmik təhlükələrin öyrənilməsi baxımından olduqca əhəmiyyətlidir (Utsu 1999). Shi və Bolt (1982) düsturundan istifadə edərək b qiymətinin standart sapmasını da hesablaya bilərik. B -dəyəri qiymətləndirmə minimum M_c böyüklüyündən asılı olduğundan, əvvəlcə seysmik məlumat kataloqunun orta qiymətini qiymətləndirilməlidir [85].

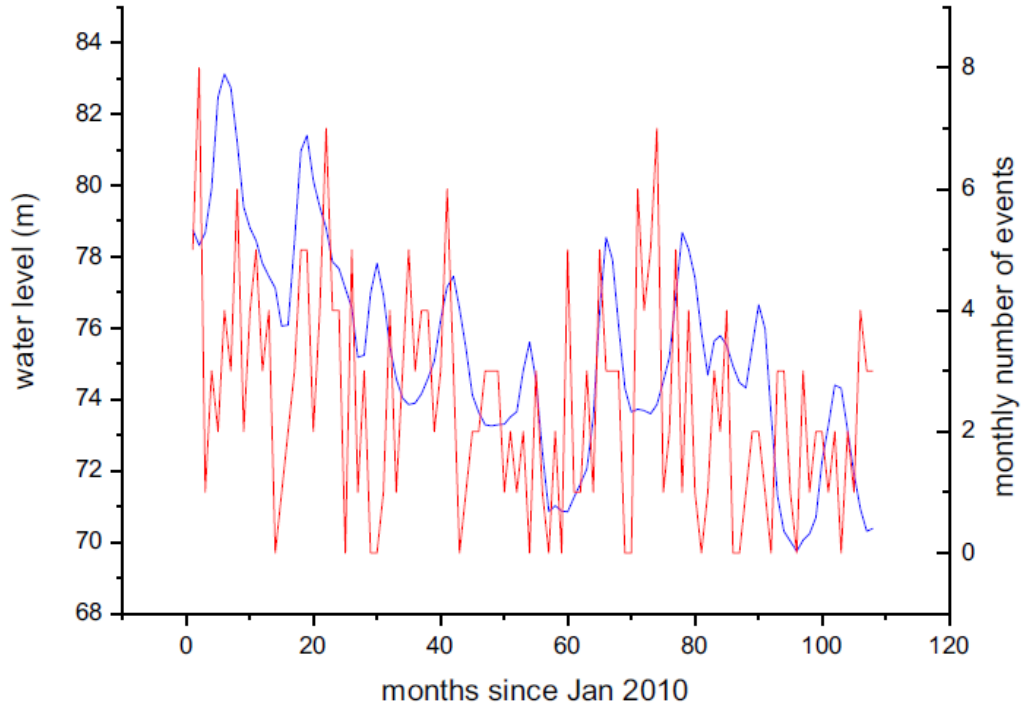
$$\sigma_b = 2.3b^2 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (M_i - < M >)^2}{N(N-1)}} \quad (4.5.3)$$

Şəkil 4.5.2-də M_c hesablamaq üçün istifadə olunan Mingəçevir seysmikliyinin kumulyativ (CFMD) və qeyrikumulyativ olmayan tezlikli maqnit paylanması (NCFMD) göstərilir. Maksimum ayrilik metodu (MAXC) (Wiemer və Wyss 2000) istifadə edərək M_c , NCFMD-də ən yüksək hadisə nisbətində uyğun bir dəyər olaraq qiymətləndirilir. Bizim tədqiqat işimizdə M_c dəyəri 1.6-dır, burada $b = 0.90 \pm 0.05$ bərabərdir. Bu məqsədlə $\geq 1,6$ (269 hadisə) böyüklüyündə hadisələrin seysmik məlumatlarını təhlil etdik (şək. 4.5.2).



Şəkil. 4.5.2. 2010-2018-ci illərdə Mingəçevir ərazisində baş vermiş zəlzələlərin Kumulyativ (qırmızı xətt) və qeyrikumulyativ (qara nöqtələr) tezlik-magnit paylanması

Seysmikliyin, məsələn, Mingəçevir bəndinin ətrafında olduğu qədər sıx olmadığı hallarda, hadisələrin aylıq (və ya hətta illik) sayının zaman seriyalarının öyrənilməsi seysmik proseslər haqqında vacib məlumat verə bilər. Əslində, daha sərt bir vaxt qətnaməsi (ay və ya il) zaman seriyalarını qısaldır, daha dəqiq bir vaxt qətnaməsi (saat və ya gün) isə onları uzadır. Bununla birlikdə, ikinci vəziyyətdə, zaman seriyası birincidən daha çox sıfır dəyərə sahib olacaq; bu səbəbdən həm müvəqqəti həlli, həm də zaman seriyasının ölçüsünü nəzərə almaq son dərəcə vacibdir. Bizim işimizdə, Mingəçevir ərazisində, hiposentrləri 55 km-dən az dərinlikdə, böyüklüyü 1,6-dan böyük və ya bərabər olan baş verən aylıq zəlzələ sayının zaman seriyasını təhlil etdik. Şəkil 4.5.3-də su səviyyəsinin orta aylıq və hadisələrin aylıq sayının müqayisəsi göstərilir. Suyun səviyyəsinin ilk 5 dövr ərzində azaldığı illik bir tezliklə dəyişdiyini müşahidə edə bilərik [85].



Şəkil 4.5.3. Su səviyyəsinin və zəlzələlərin aylar üzrə orta giymətlərinin zaman üzrə dəyişməsi qrafiki (hadisə böyüklüyü ≥ 1.6)

Beləliklə, suyun səviyyəsinin meyli növbəti iki dövr ərzində bir qədər artır, maksimum səviyyəsi demək olar ki dəyişməz qalır. Ayda baş verən hadisələrin sayına baxanda, suyun səviyyəsi maksimuma çatdıqdan sonra seysmik aktivliyin artdığı görünür. Bu davranış su səviyyəsinin ilk dövrlərində daha aydın görünür. Lakin, suyun səviyyəsinin və seysmik aktivliyin maksimumları arasında belə bir yazışma o qədər də aydın deyil. Çox güman ki, hər ayda zəlzələ sayının artması tendensiyası ilk 5 ildə suyun səviyyəsinin azalması və bir qədər sonra artması tendensiyasına uyğundur. Bu nəticələrdən su səviyyəsinin dəyişməsi ilə seysmik aktivlik arasında bir əlaqə ola biləcəyini düşünmək olar. Əlavə olaraq, suyun səviyyəsi illik tezliklə aydın şəkildə modulyasiya olunduğundan, seysmik aktivliyin eyni tezliklə modulyasiya olub olmadığını görmək çox vacibdir; bu vəziyyətdə suyun səviyyəsi açıq su anbarında seysmik aktivliyə səbəb olan amillərdən biri kimi qəbul edilə bilər [85].

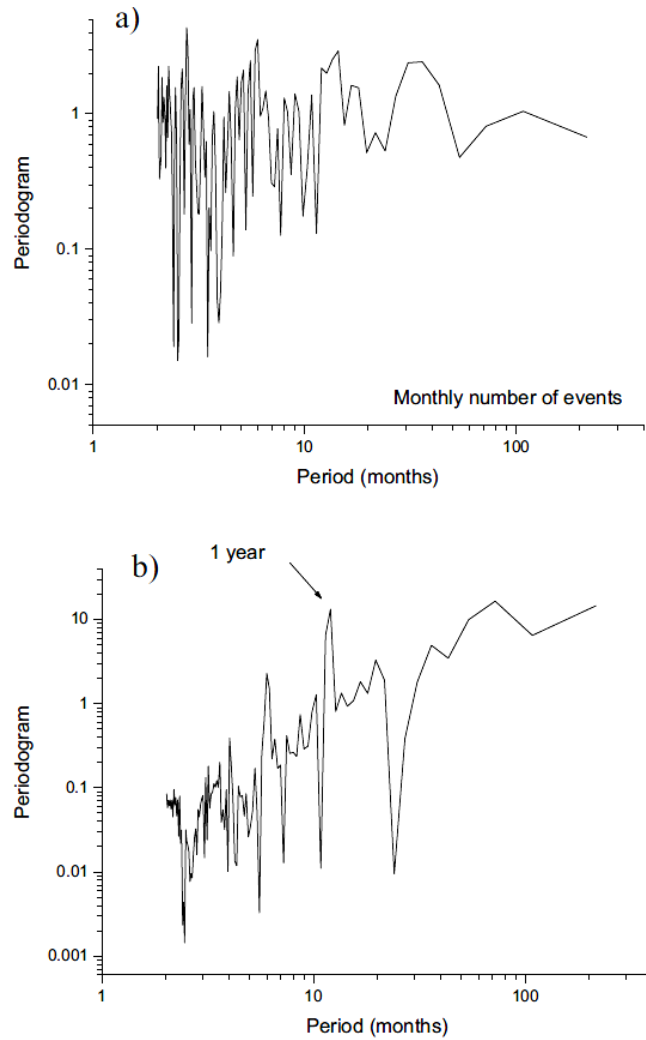
Bu məqsədlə aylıq zəlzələ sayına üç müstəqil zaman seriyası analiz metodu tətbiq edəcəyik: korrelogram əsaslı periodogram və iki paylanma metodu, yəni singular spektr analizi (SSA) və empirik rejimin paylanması (EMD).

SSA metodu, parametrlı keçid prosedurundan istifadə edərək bir ölçülü zaman seriyasının çoxölçülü hala çevrilməsinə, ardınca çox ölçülü zaman seriyasına əsas komponent analizi (PCA) (Principal component analysis) metodunun tətbiq edilməsinə əsaslanır. Bu vəziyyətdə, əldə edilən çoxölçülü trayektoriya seçilmiş əsas komponentlər baxımından seriyanın genişləndirilməsi və yenidən qurulmasından (yaxınlaşdırılması) istifadə edilərək araşdırılır. Metodun məqsədi zaman seriyasını şərh edilə bilən aşqar komponentlərinə ayırmaqdır. Nəzəri nəticələr müəyyən şərtlər daxilində xüsusi dəyərlər, öz dəyərlər və amil vektorları baxımından onların mənalı şərhini verməyə və hər birinə uyğun elementar matrislərin seçilməsini əsaslandırmağa imkan verir [85].

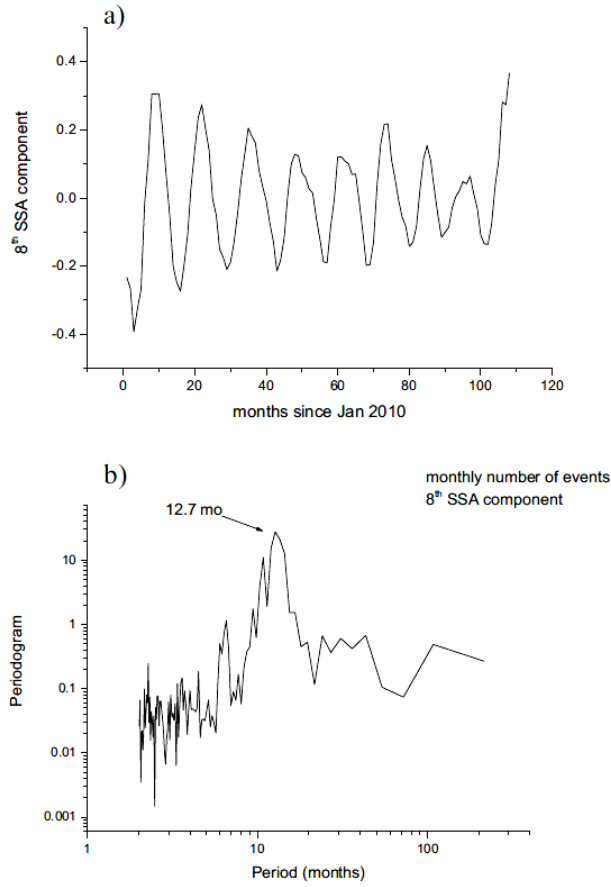
Şəkil 4.5.4-də aylıq zəlzələ sayının və suyun səviyyəsinin korrelograma əsaslanan periodogramı göstərilir. Suyun səviyyəsi 1 il ərzində əsas tezliyi təmsil edən çox aydın bir zirvəni göstərsə də, aylıq zəlzələ sayı aydın bir zirvə göstərmir. Zamanla seysmikliyin dəyişkənliyində illik və ya yarı illik bir dövrüyyənin ola biləcəyini aşkar etmək üçün, hadisələrin aylıq sayını iki müstəqil metoddan istifadə edərək ayırırıq: tək spektral analiz (SSA) və empirik mod dekompozisiyası (EMD) [85].

Əlavə olaraq şəkl. 4.5.5. və şəkl. 4.5.6 aylıq hadisələrin sayını və suyun səviyyəsini müvafiq olaraq yenidən qurulmuş paylanma komponentləri SSA-nı göstərir. Birinci yenidən qurulan komponent, aylıq zəlzələ sayındakı uzunmüddətli dəyişikliyi, digəri isə fərqli dövrlərlə salınan yenidən qurulmuş komponentləri təmsil edir. Yenidən qurulan komponentlər arasında səkkizinci, 12,7 aylıq bir dövr ilə rəqs davranışı ilə xarakterizə olunur; simulyasiya əsaslı bir metod tətbiq edilərkən, bu dövriliyin p dəyəri təxminən sıfıra bərabərdir. Şəkil 4.5.7. səkkizinci komponenti və korreloqramma əsaslanan periodogramını göstərir. periodogramın maksimum zirvəsi bu komponentin əsasən 12,7 aylıq bir tezliklə modulyasiya olunduğunu göstərir.

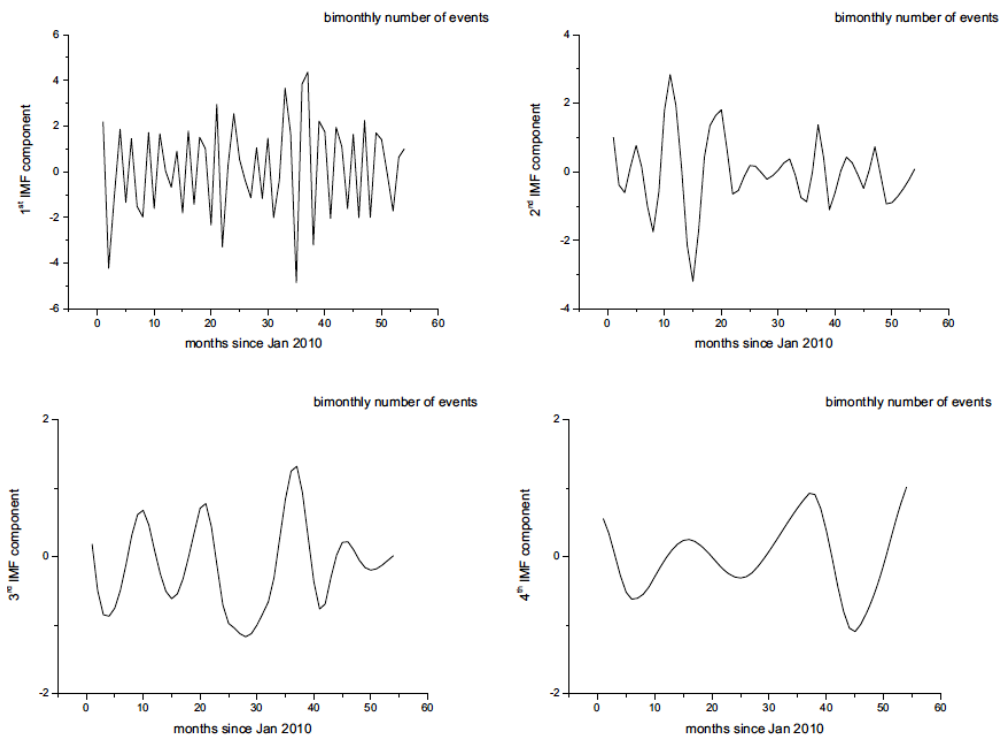
Zəlzələlərin aylıq sayı olduqca çox sayda sıfır dəyər göstərdiyindən, alınan nəticələrin seriyadakı sıfırlara görə qərəzli ola biləcəyini yoxlamaq üçün iki aylıq zəlzələlərin sayına görə tətbiq etdik. Şəkil 4.5.6-də, IMF -nin EMD-dən istifadə edərək əldə etdiyimiz 4 komponenti, Şəkil 4.5.7-də isə korrelogramlara əsaslanan periodogramlar göstərilir. Şəkildə də göründüyü kimi, IMF rejimi funksiyasının ikinci komponenti 10,3 aylıq aparıcı bir dövriyyəyə malikdir, bu da aylıq zəlzələ sayının təhlili və suyun səviyyəsindəki su səviyyəsinin mümkün rolunu təsdiqləməklə əldə edilən nəticələrə tamamilə uyğundur.



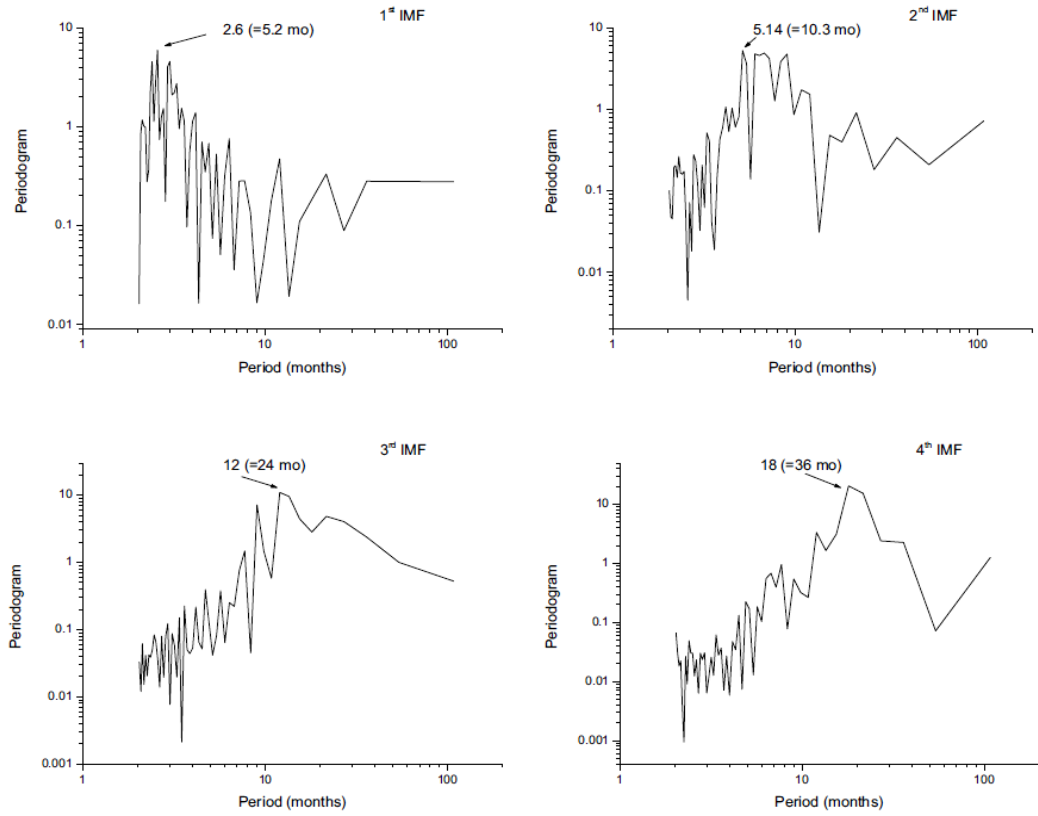
Şək. 4.5.4. Zəlzələ sayının (a) və suyun səviyyəsinin (b) aylıq periodogramının korreloqramması



Şək. 4.5.5. Zəlzələ sayının səkkizinci SSA komponentinin (a) və korrelograma əsaslanan periodogramın zaman üzrə dəyişməsi

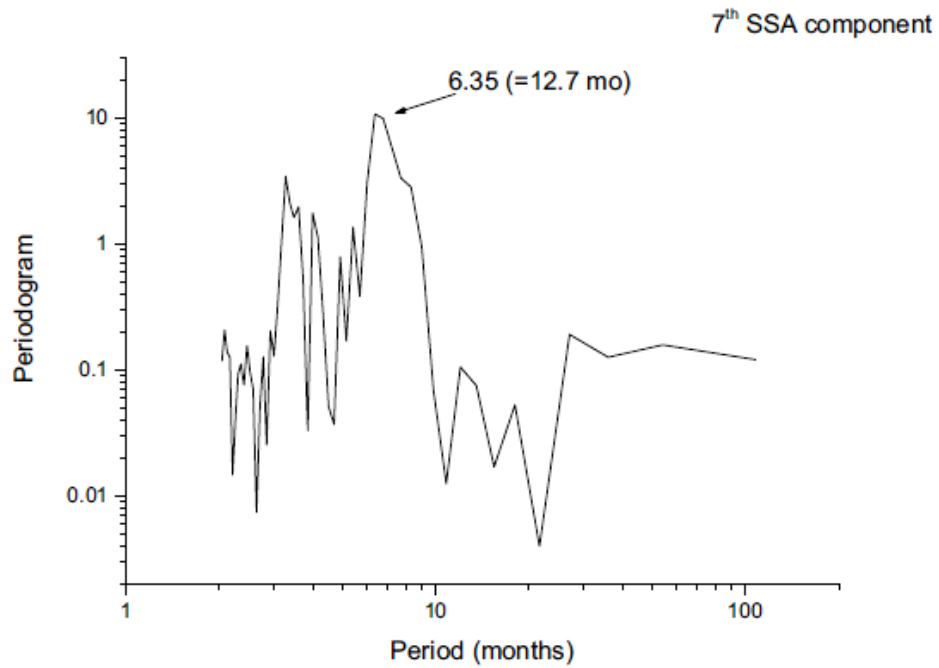


Şəkil. 4.5.6. IMF mod funksiyasının iki aylıq zəlzələ sayının tərkib hissələri



Şək.4.5.7. IMF komponentlərinin periodogramına əsaslanan korrelogram

Belə ki, SSA üsulu $M=12$ ilə istifadə etdik, və 7-ci komponent 12.7 periodiklə xarakterizə olduğunu gördük (şək. 4.5.8).



Şək. 4.5.8. Mod funksiyası komponentlərinin $M=12$ olan periyodogramı

Beləliklə, əldə etdiyimiz nəticələrin dəyişkənliyini dərinlik və tankın mərkəzindən olan məsafə ilə yoxladıq. Cədvəl 4.5-də maksimum əyrilik metodu ilə hesablanan su anbarının mərkəzindən fərqli dərinliklər, məsafələr, illik tezlik, təmsil olunan böyüklük M_c dəyəri, M_c , P_y -dən çox və ya bərabər olan hadisə sayının N_c -ni göstərir. Statistik təhlili yalnız təmsil olunan böyüklüyün böyüklüyündən böyük və ya bərabər olan minimum hadisə sayı 50 olduqda apardıq. Müxtəlif məsafələr və dərinliklər üçün seysmikliyin təhlili göstərdi ki, illik dövriyyə anbarın mərkəzindən 30 km və aşağıda, 30 km hiposentr dərinliyinə qədər məsafədədir. Anbarın mərkəzindən 30 km-dən və dərinlikdən 30 km-dən yuxarı məsafələr üçün illik komponent hələ də mövcuddur, lakin nisbətən zəifləmişdir.

Cədvəl 4.5

Fərqli zəlzələ qrupları üçün SSA və EMD analizinin nəticələri [85]

Episentral məsafə	Dərinlik intervalları	N	M_c	N_c	P_y (SSA)	P_y (EMD)
0-15 km	0-15 km	29				
0-15 km	0-30 km	157	1.7	62	12.7 (11 th and 12 th)	
0-15 km	30-54 km	18				
0-30 km	0-15 km	87	1.6	46		
0-30 km	0-30 km	438	1.6	235		12.7 (2nd)
0-30 km	30-54 km	60	1.7	29		
30-60 km	0-30 km	1466	1.3	845		
30-60 km	30-54 km	195	1.5	89	12.7 (13 th)	

Korrelograma əsaslanan periodogramın tətbiqi, aylıq zəlzələlərin hesablanmasında əhəmiyyətli bir dövrü davranış aşkar etmədi. Eyni zamanda su səviyyəsində illik tezliyi dəqiq müəyyənləşdirildi. Su səviyyəsindəki dalğalanmalara təsir göstərən əsas amil olan illik iqlim dövrü suyun səviyyəsinin dinamikasında

üstünlük təşkil edir və bu səbəbdən bu tezliyi çox açıq şəkildə göstərir. Seysmiklik, tektonik hadisələrin və rezervuar hadisələrin bir yerdə yaşaya biləcəyi daha çox mürəkkəb bir fenomendir. Bu korrelogram əsaslı periodogramdan istifadə edərkən illik tezliyi gizlədə bilər. Ayırışma metodlarının (SSA və EMD) istifadəsi, aylıq zəlzələ saylarının zaman seriyasını bir sıra müstəqil komponentlərə ayırmağa imkan verdi. Onların spektral tərkibi bir periodogramdan istifadə edildi. Korrelogram əsaslı periodogram su səviyyəsindəki illik tezliyi təyin etdi. Qeyd etmək lazımdır ki, illik periyodikliyin SSA-nın 8-ci özünəməxsus dəyəri və EMD-nin 3-cü komponenti ilə əlaqəsi, suyun səviyyəsinin seysmikliyə təsirinin digər mənbələrə nisbətən daha zəif olduğunu göstərir. Ancaq bu təsir mövcuddur. Bu nəticələr aylıq zəlzələ sayının tərkib hissələrindən birinin illik tezliyinin suyun səviyyəsinin illik dövrü ilə əlaqəli ola biləcəyini göstərə bilər. Bu da Mingəçevir ərazisində baş verən seysmikliyə su anbarının səbəb ola biləcəyini statistik olaraq təsdiqləyir. Anbardakı suyun səviyyəsi suyun illik dövrünün davam edən seysmikliyin amillərindən biri ola biləcəyini göstərir. Fərqli məsafələr və dərinliklərdə yerləşən zəlzələlərin təhlili göstərdi ki, illik dövriyyə hələ də su anbarının mərkəzindən 30 km-dən çox məsafələrdə mövcud ola bilər, lakin daha çox zəifləməlidir [85].

Beləliklə aylar üzrə baş verən seysmik hadisələrin sayının və su səviyyə dəyişmə məlumatlarının sinqulyar spektr analizi və siqnalların funksiyalara ayrılması (empirik mod dekompozisiyası- EMD) üsullarının kompleks tətbiqi vasitəsilə təhlili nəticəsində su anbarı ərazilərində su səviyyəsinin dəyişmələri ilə əlaqədar olan yönəldilmiş seysmikliyin zaman-məkan parametrlərinin təyini metodu işlənib hazırlanmışdır.

Təqdim olunan tədqiqat işində 2010-cu ilin yanvar ayından 2018-ci ilin dekabr ayınadək Mingəçevir sahəsində (Azərbaycan) instrumental yolla qeydə alınan seysmiklik ($0.5 \leq M_l \leq 3.5$) və onun su anbarındakı su səviyyəsinin dəyişməsi arasındakı qanunauyğunluqları tədqiq edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, son illərdə Mingəçevir sahəsində lokal maqnitudası $0.5 \leq M_l \leq 3.5$ olan zəlzələlərin əksəriyyəti su anbarının doldurulması başa çatdıqdan sonra 1-3 ay vaxt intervalı

müddətində anbarın mərkəzindən 30 km radiusda olmaqla 34 km dərinlikdə baş verir ki, bu da onların texnogen təbiətini–yönəldilmiş seysmikliyi təsdiq edir [85].

NƏTİCƏLƏR

1. Mingəçevir su hövzəsinin 1954-cü ildə yaradılması süni zəlzələlərin əmələ gəlməsinə və ərazinin seysmoloji vəziyyətinin dəyişməsinə təsir edir.

2. Mingəçevir su hövzəsi zonasında, həmçinin ona bitişik ərazilərdə 2003-2017-ci illər ərzində baş vermiş zəlzələlər, əsasən Kür, Geokçay, Gəncəçay-Alazan və Arpa-Samur qırılmaları ilə əlaqəli baş verir. Zəlzələlərin hiposentrləri 10-30 km dərinlikdə yerləşir və əsasən qranit-bazalt qatlarda baş verir. Son 14 ildə ayrılan seysmik enerji və zəlzələlərin sayının paylanması analizi göstərir ki, 2009-cu ildən başlayaraq hər il aktivliyin artımı müşahidə olunur.

3. 2003-2017-ci illərdə baş vermiş zəlzələ ocaqlarının mexanizmlərinin analizi əsasında, qırılıb-qalxma və qırılıb düşmə tipli hərəkətlər müəyyən edilmişdir.

4. Həmin zəlzələlərin sıxılma və gərilmə oxlarının sxematik xəritəsinin analizi göstərdi ki, gərilmə oriyentasiya oxları əsas QCQ-ŞmŞ istiqamətində mövqe tutur, buna baxmayaraq, sıxılma oriyentasiya oxları isə SmQ-CŞ istiqamətində aşkara çıxır. Mingəçevir su hövzəsi ərazisi sıxılma zonası kimi səciyyələnir.

5. Zəlzələlərin sayı ilə, suyun orta illik səviyyəsinin əlaqəsini göstərən Pirson korrelyasiya əmsalının qiymətləri 0.4-0.5 arasında dəyişir. Əmsalın maksimum qiymətləri (0.73-0.82) 1985, 1996, 2006 və 2010-cu illərdə müşahidə olunur.

6. Su anbarının doldurulması birbaşa Mingəçevir su anbarı rayonunda və bitişik ərazilərdə zəif zəlzələlərin meydana gəlməsinə təsir göstərir. Su anbarında suyun səviyyəsinin qalxması adətən 5 ay - mart ayından iyul ayına qədər davam edir. Avqustda suyun səviyyəsinin düşməsi başlayır: əvvəlcə yavaş-yavaş, sonra isə daha sürətlə (80-78 m-dən 74-73m-ə qədər). Yanvar-mart aylarında suyun səviyyəsinin dalğalanması az miqdarda olur. Su hövzəsində suyun səviyyəsinin düşməsi nəticəsində ərazidə süni seysmikliyin artması müşahidə olunur.

7. Təqdim olunan tədqiqat işində 2010-cu ilin yanvar ayından 2018-ci ilin dekabr ayınadək Mingəçevir sahəsində (Azərbaycan) instrumental yolla qeydə alınan seysmiklik ($0.5 \leq M_l \leq 3.5$) və onun su anbarındakı su səviyyəsinin dəyişməsi

arasındakı qanunauyğunluqları tədqiq edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, son illərdə Mingəçevir sahəsində lokal maqnitudası $0.5 \leq M_l \leq 3.5$ olan zəlzələlərin əksəriyyəti su anbarının doldurulması başa çatdıqdan sonra 1-3 ay vaxt intervalı müddətində anbarın mərkəzindən 30 km radiusda olmaqla 34 km dərinlikdə baş verir ki, bu da onların texnogen təbiətini – yönəldilmiş seysmikliyi təsdiq edir.

8. 2010-cu ildə Mingəçevir su hövzəsində suyun səviyyəsi mart ayından 78-79 metr-dən, may ayında 82-83-metrə qədər qalxmışdır və may aylarında hövzədən buraxılan suyun miqdarının artırılması, Kur çayında suyun səviyyəsinin qalxması ilə əlaqədar daşqınlar baş verib. Həmin dövrdə aparılan seysmikliyin analizi göstərdi ki, fevral, mart aprel aylarında və iyul, avqust sentyabr aylarında Mingəçevir su hövzəsində maqnitudası 1.2-3.0 olan 21 zəlzələ baş vermişdir.

9. Mingəçevir su hövzəsinin ətrafında 03.07-10.12.2014-cü il müddətində baş vermiş sürüşmə sahəsində aparılmış seysmoloji və geodinamik tədqiqatlar əsasında sürüşməyə məruz qalmış Boz dağ yamacının CQ-ŞmŞ istiqamətli hərəkətli sahəsi müəyyənləşdirilmişdir. Su hövzəsi ətrafında 19 zəif zəlzələ ($m_l=0.6-2.5$) və ümumilikdə 80 sürüşmə hadisəsi qeydə alınmışdır. Sürüşmə səthinin dərinliyi əsasən 18-50 m arası dəyişilir.

ƏDƏBİYYAT

1. Əliyev B. Zəlzələ, ondan necə qorunmalı, Bakı-1999, s. 60
2. Həsənov A.H., Məmmədli T.Y., Abdullayeva R.R., İslamova Ş.K., Azərbaycanın güclü zəlzələləri və seysmikrisk, AMEA RSXM Azərbaycan Seysmoloqlar Assosiyasiyası II Seysmologiya və seysmik Riskin Azaldılması Amilləri, Təbii fəlakətlər zamanı şəhərlərin və sənaye obyektlərinin mühafizə olunması Azərbaycanda instrumental müşahidələrin 100 illiyinə həsr edilir. Bakı, 2002, s. 43-44.
3. Islamova Sh.K., S.E. Kazımova, S.S. İsmayılova Assessment of geodynamic risk of Mingachevir water reservoir, *Anas Transactions Earth Sciences*, №2, 2019, s. 61-69
4. Kərimov K.M., Əliyev M.B. "Seysmik situasiyanın dəyişilməsində süni amillərin rolu" Та, Б. Расточи, "Плотины и землетрясения" Москва 1979. Изд "Мир".
5. Məmmədli T.Y., Yetirmişli Q.C. Azərbaycan ərazisinin seysmikliyi və böyük şəhərlərdə seysmik riski şərtləndirən amillər haqqında / Fövqəladə Hallar riskinin azaldılması və Hyoqo prinsipləri barədə tərəfdaşların məlumatlandırılması mövzusunda Beynəlxalq Simpozium 25-26 noyabr 2010, s. 36-39.
6. Mingəçevir su anbarının bənd zonasında çağ sahil yamacının mühəndisi-geoloji şəraiti haqqında//Mingəçevir Kompleks hidrogeologiya-Keofizika partiyasının hesabatı, Azərbaycan respublikası dövlət keologiya və mineral ehtiyatlar komitəsi, hidrogeologiya və mühəndis geologiyası idarəsi, Bakı-2000
7. Yetirmişli Q.C. Aşağı Kür çökəkliyində seysmogeodinamik şərait və kəsilişlərə neft-qaz yataqlarının paylanması. Avtoreferat, g.-m.e.n., AMEA Geologiya İnstitutu., Bakı, 2000, c. 19.
8. Yetirmişli Q.C. Azərbaycan ərazisinin seysmik rayonlaşdırılmasında gərginlik-deformasiya amillərinin nəzərə alınması metodikası, -Bakı, -2006
9. Yetirmişli Q.C., Рзаев А.Г. Сейсмоаномальные геофизические предвестники Агдашского и Огузского землетрясений // Каталог сейсмопрогностических

- наблюдений на территории Азербайджана в 1999 г. Изд. «ЭЛМ», Баку-2001, с.44-55
10. Yetirmishli G.J., Həsənov A.H., Qaravəliyev E.S. Bakı şəhəri ərazisinin seysmik riskini artıran amillər // 2003-cü ildə Azərbaycan ərazisində seysmoproqnoz müşahidələrin kataloqu, «Elm» nəşriyyatı, Bakı: 2004, s. 89-96
 11. Sənaye və mülki obyektlərin antiseysmik və ekoloji təhlükəsizliyinin təminatında müasir seysmoloji şəbəkənin yaradılmasının zəruriliyi // Azərbaycanca geofizika Yenilikləri, Elm-texniki jurnal, № 3-4, 2003, s. 55-58
 12. Агаларова Э.Б. "Детальное исследование напряженного состояния сейсмических областей Азербайджана" Автореф. Канд. Дисс. М., 1975, с.18.
 13. Агамирзаев Р.А. К сейсмическому районированию Азербайджана. - В кн.: Сейсмоструктура некоторых районов юга СССР, М.: Наука, 1976, с. 31-41.
 14. Адушкин В.В., Турунтаев С.Б. Техногенная сейсмичность – индуцированная и триггерная. М.: ИДГ РАН. 2015. 364 с.
 15. Ахмедбейли Ф.С., Гасанов А.Г., Кулиев Ф.Т., Панахи Б.М., Шихалибейли Э.Ш. Новые схемы областей возникновения очагов сильнейших землетрясений и сейсморайонирования территории Азербайджана. Каталог сейсмопрогностических наблюдений на территории Азербайджана в 1987 г. Элм, Баку, 1991, с.62-65
 16. Ахмедов Г.А., Куликов В.И. Особенности глубинного строения Куринского межгорного прогиба по геофизическим материалам. Международный геологический конгресс, XXIII сессия, М.: Недра, 1963.
 17. Бабаев А.М., Кулагин В.К., Лысков А.М., Мамадалиев Ю., Мирзоев К.М. Azərbaycan Respublikası "AZƏRENERJİ" AÇIQ SƏNİMDAR CƏMİYYƏTİ "Mingəçevir Su Elektrik Stansiyaları Silsiləsi" MMC Hesabat.
 18. Бабазаде О.Б. Глубинные разломы и сейсмичность Азербайджана. В кн.: Материалы конференции по изучению сейсмичности и глубинного строения Азербайджана. Баку: март 1973, Элм, 1974, с.76-82.
 19. Бабазаде О.Б. Результаты изучения очаговых сейсмических процессов по

- регистрациям землетрясений в Азербайджане. Европейская сейсмологическая комиссия XIX Генеральная Ассамблея. Тезисы докладов. М.: 1-6 октября 1984.
20. Балавадзе Б.К., Шенгелая Г.Ш. Плотность горных пород территории Кавказа - Труды ин-та геофизики АН Груз. ССР, 1964, т.22, с.153-170.
 21. Гаджиев Ф.М. Глубинное геологическое строение Азербайджана. Баку: Азернешр, 1965.
 22. Гасанов А.Г., Етирмишли Г.Дж., Алиев А.Р., Абдуллаева Р.Р. и др. Агдашское землетрясение 4 июня 1999 года с $M_w=5.4$, $I_0=7$ (Азербайджан) // Сб. науч. трудов. Землетрясения Северной Евразии в 1999 г., РАН Геофизическая служба, Обнинск, 2005, с. 302-310
 23. Гасанов А.Г., Славина Л.Б., Етирмишли Г.Дж. Результаты наблюдения в реальном времени за краткосрочным кинематическим предвестником ТАУ в Азербайджане. 2008-ci ildə Azərbaycan ərazisində seysmo-proqnoz möşahidələrin каталогу “Тəknur” MMC, Bakı-2009, с. 92-97.
 24. Гасанов.А.Г. Ощутимые землетрясения Азербайджана 1983-2002 г., Баку: Elm, 2003, 127 с.
 25. Геология Азербайджана Том III, Магматизм. Баку: Nafta-Press, 2005, 434 с.
 26. Геология Азербайджана, геоморфология, стратиграфия. Баку: АН Аз ССР, 1952, 552 с.
 27. Геология Азербайджана, том 1. ИЗД. АН Азерб.ССР, 1952 г., с. 214-359
 28. Геология СССР Том XLVII, Азербайджанская ССР, Геологическая описание, М.: Недра, 1972, с. 388-381, 428.
 29. Гидрогеологические и инженерно-геологические условия Апшеронского полуострова. Альбом гидрогеологических и инженерно- геологических карт Апшеронского полуострова. М.: 1:50000, Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР, М. :1983, с. 23-70
 30. Джавахишвили З.Ш. Сейсмическая опасность и сейсмичность территории Ингури ГЭС // Геодинамические исследования больших плотин, Тбилиси:

2002, с. 88-96

31. Добровольский И.П. Механизм подготовки тектонического землетрясения. М., Изд. ИФЗ АН СССР, 1984, с. 183.
32. Добровольский И.П. О модели подготовки землетрясений. Изв. АН СССР, Физика Земли, 1980, №11, с. 23-31.
33. Добровольский И.П., Зубков С.И., Мячкин В.И. Об оценке размеров зоны проявления предвестников землетрясений. В сб.: Моделирование предвестников землетрясений. М., Наука, 1980, с. 7-41.
34. Дранников А.И. Оползни (типы, причины образования, меры борьбы). Киев, 1956.
35. Етирмишли Г.Д., Абдуллаева Р.Р., Мамедова М.К. и др. Каталог (оригинал) землетрясений Азербайджана за 2007 г. // Землетрясения Северной Евразии, Фонды ГС РАН, Обнинск: 2010, 15 с.
36. Етирмишли Г.Д., Исламова Ш.К., Гаравелиев Э.С., АХСУИНСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 23 августа 2007 года с $m_l=4.3$, $I_0=5.0$ Землетрясения Северной Евразии, 2007 год, РАН Геофизическая Служба, Обнинск, 2012, с. 408-414.
37. Етирмишли Г.Д., Казымова С.Э., Исламова Ш.К. Seismic geodynamics of Mingachevir water reservoir, Бюллетень Оренбургского научного центра УрЦ РАН, 2018, №4, с.1-12.
38. Етирмишли Г.Д., Казымова С.Э., Исламова Ш.К. Вариаций наклона графика повторяемости землетрясений в зоне Мингячевирского водохранилища. Геология и Геофизика Юга России, №3, 2015, ISSN 2221-3198. 107-111 с.
39. Етирмишли Г.Д., Казымова С.Э., Исламова Ш.К. Особенности сейсмотектонических напряжений Мингечаурского водохранилища по данным цифровых сейсмических станций Азербайджана. РАН Правительство Республики Северная Осетия-Алания Российский Фонд Фундаментальных Исследований Российская Ассоциация по Сейсмостойкому Строительству

- и защите от природных и техногенных воздействий центр геофизических исследований ВНИЦ РАН и РСО-А, Сейсмическая опасность и управление сейсмическим риском на Кавказе, Труды V Кавказской международной школы-семинара молодых ученых, Владикавказ, 16-18 октября, 2013, ISBN 978-5-904868-10-9. 16-21 с.
40. Етирмишли Г.Д., Казымова С.Э., Исламова Ш.К., Особенности сейсмотектонических напряжений Мингечаурского водохранилища по данным цифровых сейсмических станций Азербайджана. Геология и Геофизика Юга России, №3, 2013, ISSN 2221-3198. 64-71 с.
41. Жалковский Н.Д. Закон повторяемости землетрясений и некоторые его следствия, монография, № 21, Новосибирск, 1988, 29 с.
42. Исламов К.Ш., Багдасаров А.М., Корадиллин Е.А., Кузнецов В.П. К геодинамике при разломных очагов землетрясений / Материалы XXXV Тектонического совещания. Том I. РАН отделение геологии, геофизики, геохимии и горных наук. Межведомственный тектонический комитет геологический институт РАН. МГУ им. М.В.Ломоносова Геологический факультет, Москва ГЕОС-2002, с.284-287
43. Исламова Ш.К. Вариаций наклона графика повторяемости землетрясений в зоне Мингячевирского водохранилища. Материалы Десятой Международной сейсмологической школы Азербайджан, 14-18 сентября 2015 г. Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных, 2015, 148-151 с.
44. Исламова Ш.К. Оценка геодинамического риска Мингячевирского водохранилища. «Фундаментальная и прикладная геологическая наука: достижения, перспективы, проблемы и пути их решения». 5-я международная научная конференция молодых ученых и студентов. 14-15 ноября 2013г. Баку, 160-162 с.
45. Исламова Ш.К., Связь сейсмичности Мингячевирского района с заполнением Мингячевирского водохранилища // AMEA RSXM 2005-ci

- ildə Azərbaycan ərazisində seysmoproqnoz müşahidələrin kataloqu. Bakı, 2005, 209-216 s.
46. Исламова Ш.К., Влияние Мингячевирского водохранилища на сейсмическую активность района., Azərbaycan ərazisində seysmoproqnoz müşahidələr, Bakı, 2012. 207-212 s.
47. Исламова Ш.К., Казымова С.Э., Исмаилова С.С. Сейсмотомографические исследования в районе Мингячевирского водохранилища, Бюллетень Оренбургского научного центра УрЦ РАН, 2019, №2, с. 1-13
48. Kərimov K.M., Vəliyev H.Ö., Süleymanov Q.S. Buraxılmış neftli-qazlı obyektlərin geofiziki materiallarının yeni yanaşma üsulu ilə təhlili əsasında aşkar edilməsi. АНТ, 1999, №3, с. 14-18
49. Кадиров Ф.А., Кадыров А.Г., Етирмишли Г.Дж. Оценка максимальной магнитуды и интенсивности землетрясений на территории Азербайджана // НАНА Институт Геологии Труды Института Геологии, №36 Издательство «Нафта-пресс», Баку: 2008, с. 81-87
50. Кейлис-Борок В.И., Кронрод Т.Л., Молчан Г.М. Алгоритм для оценки сейсмического риска. Вычислительные и статистические методы интерпретации сейсмических данных. Вычислительная Сейсмология. М.: Наука, 1973, вып. 6, с. 21-43.
51. Карагезова Н.Р. Фрактальный анализ сейсмичности территории Азербайджана, Геофизический журнал. 2020. Т.42. №4, с.142-151
52. Кузнецов В.П. Результаты инструментального изучения местных очагов землетрясений и сейсмическое микрорайонирование городов Азербайджана Сейсмическое микрорайонирование, Алма-Ата: Наука, 1976, с. 27-33
53. Кузнецов В.П., Кулиев Ф.Т., Исламов К.Ш. и др. инструментальные исследования сейсмичности Абшерона за 1957-1960 гг. Фонды Института геологии АН Азерб. ССР, 1960, 350с.
54. Кулиев Ф.Т., Вопросы детального сейсмическая районирования Абшеронского полуострова: Дис. канд. геол-минер. наук. М.: фонды ИФЗ АН СССР

1962, 198с.

55. Кулиев Ф.Т., Каспаров В.А. Карты сейсмической, тектонической активности и $K_{\max}$ Азербайджанской ССР // Региональные исследования сейсмического режима. Кишинев: Штиница, 1974, с. 32-39.
56. Кулиев Ф.Т., Рагимов Ш.С., Ахмедбейли Ф.С и др. Региональное сейсмическое районирование территории СССР. Азербайджан. Сейсмическое районирование территории СССР, М.; Наука, 1968, с. 27-241.
57. Левицкая А.Я., Лебедева Т.М. Годограф сейсмических волн Кавказа. Квартальный сейсмический бюллетень. Тб.: 1963, № 1-4, 21 с.
58. Лукашевич С.И. О Геологических и гидрогеологических условиях долины р. Куры у с. Мингечаур. Материалы Упрводсхемы. Вып. 6, Тбилиси, 1932.
59. Мячкин В.И. Процессы подготовки землетрясений. М., Наука, 1978, с. 232
60. Мячкин В.И., Костров Б.В., Соболев Г.А., Шамина О.Г. Лабораторные и теоретические исследования процессов подготовки землетрясений. Изв. АН СССР, Физика Земли, 1974, №10, с. 107-112.
61. Николаев А.В., Галкин И.Н. Наведенная сейсмичность. М.: Наука. 1994. 222 с
62. Опыт наблюдений в реальном времени за краткосрочным кинематическим предвестником в Азербайджане как фактор снижения риска внезапного возникновения сильного землетрясения. 2004-cü ildə Azərbaycan ərazisində seysmoproqnoz müşahidələr, «Elm» nəşriyyatı, Bakı: 2005, s.263-270
63. Отчет о работе опытно-методической партии обработки и интерпретации сейсмологических материалов по сейсмичности Азербайджана за 1980-2006 гг. НАНА РЦСС, Баку 1981-2007 гг.
64. Панахи Б.М., Гасанов А.Г., Алиев А.Р., Мамедов Т.Я. Сейсмологические исследования в Азербайджане // Геология Азербайджана. Том V, Физика Земли. Изд. «Nafta-press», Баку 2002, с. 15-21
65. Саламов А.М., Габибов Ф.Г., Саламов Ф.А. Исследования оползневых процессов на правобережной части Мингечаурского водохранилища методами электроразведки Вестник Волгоградского государственного

- архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. Вып. 3(76). 2019, с. 40-49
66. Славина Л.Б., Гасанов А.Г., Етирмишли Г.Дж. Сейсмичность восточной части южных отрогов главного Кавказского хребта и некоторые методические вопросы изучения, серия геол-геогр. Наук. 1959г.
67. Соболева О.В., Старков В.М., Шкляр Г.П., Хакимов Ф. «Изменение сейсмического режима в связи с заполнением водохранилища» Москва. Изд. «Наука» С. 80-83. 1977
68. Соболева О.В., Старков В.М., Шкляр Г.П., Хакимов Ф. «Исследование некоторых пространственно-временных особенностей сейсмического процесса» Москва. Изд. «Наука» С. 83-86. 1977
69. Современное состояние сейсмологических исследований в Европе. Материалы XIX Генеральной Ассамблеи Европейской Сейсмологической Комиссии, Москва, 1-6 октября 1984 г., М., Наука, 1988, с. 578.
70. Страхов В.А. Геологическое строение Мингечаурской горловины. Гидроэнергопроект, 1934.
71. Страхов В.А. История геологического развития Куринской депрессии. Фонд СОПС АН СССР.
72. Страхов В.А. Стратиграфия плиоценовых отложений Мингечаура. Гидроэнергопроект, 1947.
73. Страхов В.А. Тектоника Мингечаура (структура надвигов), Гидроэнергопроект, 1937.
74. Сулейманов Д.М. и др. отчет. "Вопросы физико геологический явлений на берегах Мингечаурского водохранилища" Баку Изд АН. Аз ССР. 1961-143с.
75. Сулейманов Д.М. Общие геологические и инженеро-геологические условия Мингечаурского гидроузла. Тр. Ин-та геологии им.ак. И.М. Губкина АН Азерб. ССР, - т .XVII, - Изд. АН Азерб. ССР, Баку 1956.
76. Султанов А.Д. Апшеронские отложения Прикуринской низменности. Фонд Ин-та геологии Ан Азерб. ССр, 1959.

77. Физические свойства коллекторов нефти при высоких давлениях и температурах. М., Изд. Наука, 1979, с. 168.
78. Хаин В.Е., Ак.А.Ализаде, Геология Азербайджана, Том IV Тектоника. Баку: Nafta-Press, 2005, с. 214-234
79. Carder D.S. Seismic investigations in the Boulder dam area, 1940 – 1944, and the influence of reservoir loading on local earthquake activity // Bull. Seismol. Soc. Am. 1945. V. 35. p. 175-192.
80. Guha S.K. Induced Earthquakes. Dordrecht: Kluwer Academic Publ. 2010. 314 p.
81. Gupta H.K. Reservoir-Induced Earthquakes. Amsterdam: Elsevier. 1992. 364 p
82. Hanks T.S., Kanamore H.A. A moment magnitude scale // J.Geophys. Res., 1979, № 135, p .2348-2350
83. Reasenberг P., Oppenheimer D. FPFIT, FPPLLOT, and FPPAGE FORTRAN computer programs for calculating and displaying earthquake fault-plane solutions. Distributed to depository libraries on microfiche, 2008.
84. Simpson D. Triggered earthquakes // Annu. Rev. Earth Sciences. 1986. V. 14. P. 21 – 42
85. Telesca L., Kadirov F.A., Yetirmishli G.J., Safarov R., Babayev B., Islamova Sh.K., Kazimova S.E. Analysis of the relationship between water level temporal changes and seismicity in the Mingechevir Reservoir (Azerbaijan), Journal of Seismology. Vol. 24, pp. 937–952, 2020.
86. Wang C.Y., Manga M. Earthquakes and Water/Lecture Notes in Earth Sciences. V. 114. Springer. 2015. DOI 10.1007/978-3-642-00810-8 / Chapter 8. Earthquakes Influenced by Water. P. 125-140
87. Westergaard H.M., Adkins A.W. Deformation of Earth’s surface due to weight of Boulder Reservoir // Tech. Mem. U.S. Bur. Reclamation, Denver. Colo. 1934. V. 422.
88. Wilson M. P., Foulger G. R., Gluyas J. G., Davies R. J., Julian B. R. HiQuake: The HumanInduced Earthquake Database // SRL Early Edition, 2017. doi: 10.1785/0220170112

89. Yetirmishli G.J., Abdullayeva R.R., Kazimova E.S. et al. Strong earthquakes on the territory of Azerbaijan for the period of 2012-2014 // Seismoprognozis observations in the territory of Azerbaijan, Baku: 2015, Volume 12, № 1, p. 19-26
90. Yetirmishli G.J., Mammadli T.Y., Rzayev A.G., Muradov R.B., Garaveliyev E.S., Ismayilova S.S., Kazimov I.E., Baghirov E.M. Manifestation features of landslide process around the Mingachevir reservoir (2014), RSSC of ANAS Seismoprognozis observations in the territory of Azerbaijan. Vol. 15, №1, Nafta-Press, Baku, 2018, p. 3-13