

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

AZƏRBAYCAN ƏRAZİSİNİN YER QABIĞININ MÜASİR HORIZONTAL SÜRƏTLƏRİNİN VƏ DEFORMASIYALARININ STRUKTUR ANALİZİ

İxtisas: 2507.01 - Geofizika, faydalı qazıntıların geofiziki axtarış üsulları

Elm sahəsi: Yer elmləri

Fəlsəfə doktoru

elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş

D İ S S E R T A S İ Y A

İddiaçı: _____ **Elnarə Vaqif qızı Əhmədova**

Elmi rəhbər _____ akademik, g.-m.e.d.

prof.Fəxrəddin Əbülfət oğlu

Qədirov

Bakı – 2021

MÜNDƏRİCAT

GİRİŞ	4
I FƏSİL. Azərbaycan ərazisinin tektonik quruluşu və geodinamiki şəraiti	12
1.1. Azərbaycan ərazisinin tektonik rayonları.....	12
1.2. Plitə tektonikası konsepsiyası və Alp-Himalay qurşağının (Azərbaycan ərazisi) müasir geodinamik şəraiti	17
1.2.1. Azərbaycan ərazisində yer qabığının şaquli hərəkətləri	21
Nəticələr	23
II FƏSİL. Plitələrin üfüqi hərəkətlərinin və deformatsiyalarının öyrənilməsində GPS kosmik geodeziya üsulu	25
2.1. GPS kosmik geodeziya üsulu haqda qısa məlumat	25
2.2. Qlobal mövqe təyin etmə sistemi – GPS	26
2.3. GPS sisteminin işləmə prinsipi	31
2.4. Kosmik geodeziya GPS texnologiyasının yer səthinin hərəkəti və deformatsiyalarının öyrənilməsinə tətbiqinin qısa icmalı	34
Nəticələr	49
III FƏSİL. Azərbaycan GPS poliqonunda müasir horizontal hərəkətlərin tədqiqinin nəticələri	50
3.1. Azərbaycan GPS şəbəkəsi	50
3.1.1. GPS məlumatlarının emalı: GAMIT/GLOBK proqram təminatı	56
3.2. Azərbaycan geodinamik poliqonunda GPS monitorinqinin nəticələri	61
3.2.1. GPS məlumatları əsasında Azərbaycan ərazisinin müasir geodinamik şəraiti (1998-2017-ci illər)	62
Nəticələr	69
IV FƏSİL. “World Stress Map” proyehti proqramının tətbiqi ilə Qafqaz (Azərbaycan) ərazisində litosfer və üst mantiyanın gərginlik-deformasiya vəziyyətinin analizi	71
4.1. Təkli (bir qırılma müstəvisi olan) ocaq mexanizmləri (FMS) və təyini	71
4.1.1. P dalğalarının ilk hərəkəti	72
4.1.2. Qüvvə momenti tenzorunun inversiyası	74

4.1.3. Qırılma müstəvisi həllərinin etibarlılığı	75
4.2. FMS-dən gərginliklərin əldə edilməsində olan məhdudiyyətlər ...	76
4.2.1. Ümumi anlayışlar	76
4.2.2. Qırılma müstəvisinin qeyri-birmənalılığı	76
4.2.3. Daxili sürtünmə, gərginlik istiqamətləri və plitə sərhədlərində ehtimal olunan hadisələr	78
4.3. Ocaq mexanizmlərinin formal gərginlik inversiyaları (FMF)	79
4.3.1. Orta və ya mürəkkəb ocaq mexanizmləri (FMA)	81
4.3.1.1. Orta ocaq mexanizmləri	82
4.3.1.2. Mürəkkəb (kompozit) ocaq mexanizmləri	82
4.4. Tektonik gərginlik rejimi	83
4.5. Dünya Gərginlik Xəritəsinin Keyfiyyət Qiymətləndirməsi	85
4.6. Qafqaz regionunun (Azərbaycan) gərginlik-deformasiya halının “World stress map” proqramlarından istifadə etməklə təhlili	87
Nəticələr	97
V FƏSİL. Azərbaycan ərazisində Yer qabığının GPS horizontal sürətlərinin struktur analizi	98
5.1. Azərbaycan ərazisində seysmikliyin GPS sürətlər sahəsi ilə müqayisəli analizi	98
5.2. Azərbaycan ərazisində GPS sürət sahəsinin tektonik strukturlarla müqayisəli analizi	102
5.3. GPS sürətləri əsasında hesablanmış deformasiya sahəsinin analizi	106
5.4. Azərbaycan ərazisinin plitə daxili “domen” bölgələri	109
Nəticələr	115
NƏTİCƏLƏR.....	116
ƏDƏBİYYAT	119

GİRİŞ

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi.

Plitə tektonikası çərçivəsində Azərbaycan ərazisinin müasir geodinamik şəraiti Ərəbistan və Avrasiya plitələrinin qarşılıqlı təsiri ilə təyin edilir. Kosmik geodeziya GPS (Global Positioning System-Global Mövqe Sistemi) üsulu plitələrin qarşılıqlı təsirinin və bunun nəticəsində yaranan deformasiyaların öyrənilməsində, litosferdə baş verən horizontal hərəkətlərin izlənilməsində dünyada tətbiq olunan müasir üsuldur (J.T.Freymueller, T.A.Herring, Ch.Reigber, R.E.Reilinger, Floyd M., Vernant Ph., S.McClusky, F.Kadirov, R.Kinç, A.Barka və başqaları).

Son 25 ildə kosmik geodeziya GPS üsulunun tətbiqi litosfer plitələrinin müasir hərəkət sürətlərini və plitələrin təmas sərhədlərində yaranan deformasiyaları yüksək dəqiqliklə birbaşa ölçülməsinə və eyni zamanda plitələrin qarşılıqlı təsirləri haqqında olan çox sayda fərziyyələrin yoxlanılmasına böyük imkan yaratmışdır [102, 104, 117, 121, 133, 151]. GPS müasir sürət məlumatları bir çox nəzəri tektonik mülahizələrin yoxlanılmasına imkan yaratmaqla eyni zamanda Yer qabığının müasir inkişaf dövründə yaranan deformasiyaların mahiyyətinin araşdırılmasına da öz töhfəsini verməkdədir.

Plitələr daxilində yer qabığında baş verən yer dəyişmələrin və deformasiyaların qanunauyğunluqlarının öyrənilməsi geoloji proseslərin (zəlzələlər, palçıq vulkanı püskürmələri, sürüşmələr və s.) təbiətini aydınlaşdırılmasında böyük əhəmiyyət daşıyır və geofizikanın aktual məsələlərindəndir. Bu nöqtəyi nəzərdən aydınlaşdırılmalı olan aktual məsələlərdən biridə Qafqaz blokunun şərq hissəsini təşkil edən Azərbaycan ərazisində litosferin GPS horizontal sürətlərinin məkan paylanması strukturu fərqli geodinamik rejimli sahələrin müəyyən edilməsi, blokların qarşılıqlı təsirinin modelləşdirilməsi və özünün fərdi xüsusiyyəti ilə səciyyələnən kiçik plitə daxili sahələrin (“domenlərin”) müəyyən edilməsidir. GPS ölçüləri ilə birlikdə digər sahə məlumatları da problemin həllində istifadə edilir.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri:

Dissertasiya işinin məqsədi Azərbaycan GPS şəbəkəsində yeni ölçü məlumatlarından əldə edilən Yer səthinin müasir horizontal hərəkət sürətlərinin məkan paylanması struktur analizinin aparılması, fərdi kinematik xüsusiyyətləri ilə səciyyələnən kiçik plitə daxili domenlərin müəyyən edilməsi, ərazinin tektonik elementləri, qravitasiya anomaliyaları və seysmikliyi ilə korrelyasiyasının tədqiqidir.

Qoyulan məqsədə çatmaq üçün aşağıdakı məsələlər həll edilmişdir:

- Azərbaycan GPS poliqonunda periodik olaraq ölçmələrin aparılması, baza məlumatlarının toplanması və emalı.

- Azərbaycan və qonşu ərazilərin GPS müasir üfüqi hərəkətlərinin (2000-2017-ci illər) sürət sahəsinin hesablanması, GPS sürət vektorlarının, onun Şimal (VN) və Şərq (VE) komponentlərinin paylanma xəritələrinin hazırlanması.

- Fərqli geodinamik rejimli sahələrin müəyyən edilməsi və blokların qarşılıqlı təsir modeli əsasında burada yerləşən GPS nöqtələri üçün üfüqi sürətlərin nəzəri hesablanması.

- Qafqaz (Azərbaycan) regionu ərazisində Yer səthinin, bazalt və Moxoroviç çərçələrinin GOCAD və Abaqus proqram təminatları ilə rəqəmsal 3D geoloji modelinin hazırlanması.

- CASMO (Dünyanın gərginliklər xəritəsi) metodikası ilə Azərbaycan və qonşu ərazilərin $M_w \geq 5$ maqnitudlu 1990-2017-ci illər ərzində baş verən zəlzələ ocaqlarının mexanizmlərinə görə gərginliklərinin paylanması xəritəsinin tərtibi.

- Azərbaycan ərazisində GPS sürət paylanmasının struktur analizi, fərqli GPS sürət və geofiziki sahə xüsusiyyətlərinə sahib olan domenlərin müəyyən edilməsi və tektonik strukturlarla müqayisəli analizi.

- GPS sürət vektorlarının VN və VE komponentlərinin seçilmiş profillər üzrə məsafədən asılılıq qrafiklərinin qurulması və müəyyən edilmiş domenlərin kinematikasının tədqiqi

- GPS sürət sahəsində fərqli xüsusiyyətləri ilə ayrılmış domenlərin lokal qravitasiya anomaliyaları ilə korrelyasiyası və geoloji şərh.

Tədqiqat metodları:

Dissertasiya işində aşağıdakı tədqiqat metodlarından istifadə edilib:

- Yer qabığı səthində müasir hərəkətləri öyrənmək məqsədi ilə Kosmik geode-

ziya (GPS) üsulu istifadə edilmişdir;

- GPS üsulu ilə əldə edilən məlumatlar Massachusetts Texnologiyalar İnstitutu tərəfindən hazırlanan GAMIT/GLOBK proqram paketi ilə emal edilmişdir;

- TDEFNODE, elastik litosfer bloklarının dönməsini modelləşdirmək üçün Fortran proqramı;

- Qafqaz regionunun (Azərbaycan) gərginlik-deformasiya şəraiti AbaqusTM və “World stress map” proqramlarından istifadə etməklə araşdırılmışdır;

- Zəlzələ sayının paylanma xəritəsi sürüşən pəncərə üsulu ilə hesablanaraq hazırlanmışdır;

- Xəritələrin hazırlanması üçün Generic Mapping Tools (GMT) və SURFER proqramları istifadə olunmuşdur.

Müdafiyyə çıxarılan əsas müddəalar:

1. Aşağı Kür, Qobustan və Abşeron struktur ərazilərinin İran plitəsinin təsirinə məruz qalan Cənubi Xəzər blokunun kinematikasına uyğun olaraq ŞmŞ istiqamətində hərəkəti.

2. Azərbaycan ərazisində 2000-2017-ci il məlumatları əsasında yeni diskret GPS sürət sahəsində kompleks yanaşma ilə ayrılmış plitə daxili “domenlər” və onların lokal qravitasiya anomaliyaları sahəsi ilə korrelyasiyası.

Tədqiqatın elmi yeniliyi:

Azərbaycan və onunla qonşu ərazilərdə aparılan GPS ölçü və seysmik monitoring məlumatlarının, Yer in səthinin, Moxoroviçiq və Bazalt geoloji səthlərinin topografiaları və zəlzələlərin ocaq mexanizmləri istifadə edilərək hesablanmış gərginlik və qravitasiya sahələrinin anomaliyalarının kompleks şəkildə müqayisəli tədqiqi ilə aşağıdakı elmi yeniliklər əldə edilib:

1. Qafqaz blokunun şərq hissəni təşkil edən Azərbaycan ərazisinin yeni GPS ölçü məntəqələri nəzərə alınmaqla 2000-2017-ci il monitoring nəticələri əsasında müasir üfüqi hərəkətlərin parametrləri təyin edilmişdir.

2. Qərbi Xəzər qırılmasının şərqindəki Aşağı Kür, Qobustan və Abşeron struktur zonasının İran plitəsinin təsirinə məruz qalaraq Cənubi Xəzər bloku ilə birlikdə saat əqrəbi istiqamətində hərəkət etdiyi müəyyən edilmişdir.

3. Azərbaycan və qonşu ərazilər üçün zəlzələ sayının paylanma xəritəsi tərtib edilmiş və maksimal sayın GPS sürət vektorlarının həm istiqamətlərinin və həm də qiymətinin dəyişdiyi sahələrə aid olduğu müəyyən edilmişdir

4. CASMO (Dünyanın gərginliklər xəritəsi) metodikası ilə Azərbaycan ərazisində hesablanmış horizontal gərginlik vektorunun (σ_{max}) istiqamətinin əsasən Yer qabığının müasir hərəkət istiqamətində olduğu bəzi yerlərdə isə fərqlilik müşahidə edildiyi qeyd edilmiş, gərginliyin yaranmasında kolliziya tektonikası ilə eyni zamanda yerli gərginlik mənbələrinin də müəyyən rolunun olduğu ehtimal edilmişdir.

5. Azərbaycan ərazisində GPS sürət və müasir deformasiya sahəsində özünü plitə daxili bloklar kimi aparan və tektonik proseslərin (zəlzələlər, palçıq vulkanı püskürmələri, sürüşmələr və s.) təbiətinin aydınlaşdırılmasında əhəmiyyət daşıyan “domenlər” müəyyənləşdirilib.

6. Azərbaycan ərazisində lokal qravitasiya anomaliyaları sahəsi ilə domenlərin məkan paylanmasında korrelyasiyanın mövcud olması müəyyən edilib ki, bu da domenlərin Yer qabığı struktur formaları və süxurların tərkibi ilə əlaqəli olduğunu göstərir.

7. Orta Kür “domenində” Yevlax (YEVL) GPS məntəqəsində sürət vektorunun istiqamətinin ətraf məntəqələrə nəzərən kəskin dəyişilməsi Yevlax-Ağcabədi iri mənfə lokal qravitasiya anomaliyasının təbiəti, xüsusi halda çökəkliyin geoloji quruluşundakı vulkanogen törəmələrin təsiri ilə əlaqəlidir.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti:

Əldə edilmiş tədqiqat nəticələri, GPS ölçü məlumatları litosfer plitələrinin kinematikasının təyininə, bir qayda olaraq güclü zəlzələ ocaqları yerləşən plitə sərhədlərinin aşkarlanması və dəqiqləşdirilməsində; əsas qırılma sistemlərinin və nisbətən daha çox seysmik təhlükəli zonaların müəyyənləşdirilməsində; mühitin gərginlik-deformasiya şəraitinin dəyişməsinə və bu tip qırılma zonalarında elastiki deformasiyanın toplanmasının monitorinqi zamanı istifadə oluna bilər.

Hazırlanmış GPS sürətləri, onların emal və analizi nəticələrinin məlumat bazası regional arxivə əlavə edilə və Azərbaycan Respublikası ərazisində tətbiqi tədqiqatlar və o cümlədən, mühəndisi seysmologiya məsələlərinin həlli üçün istifadə oluna bilər.

Alınmış nəticələr endogen proseslərin qiymətləndirilməsi və yer qabığı deformasiya mexanizmlərinin öyrənilməsi kimi tədqiqatlarda faydalı ola bilər. Xüsusi hallarda yer qabığı səthinin üfüqi hərəkətləri mantiyada gedən proseslərə təsir göstərdiyindən bu qarşılıqlı əlaqənin öyrənilməsi yer qabığının müasir təkamülünü tədqiq etmək üçün məlumat bazasıdır. Əldə olunmuş nəticələr qarşıya qoyulan müxtəlif məsələlərin həllində interpretasiyanın dəyərləndirilməsi üçün əhəmiyyətlidir.

Alınmış struktur-kinematik sxemlər seysmotektonik modellərin qurulmasında, müasir seysmik təhlükə xəritələrinin dəqiqləşdirilməsində də faydalı ola bilər.

Aprobasiyası və tətbiqi:

Dissertasiya işinin əsas müddəaları və nəticələri Azərbaycan xalqının Ümummilli lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 91-ci ildönümünə həsr olunmuş “Geologiyanın aktual problemləri” mövzusunda Respublika Elmi Konfransında (Bakı, 2014), Heydər Əliyevin anadan olmasının 92-ci ildönümünə həsr olunmuş “Geologiyanın aktual problemləri” mövzusunda Respublika Elmi Konfransında (Bakı, 2015), Azərbaycan Respublikası Təhsil nazirliyi Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XX Respublika elmi konfransında (Bakı, 2016), Azərbaycan xalqının Ümummilli lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 93-cü ildönümünə həsr olunmuş “Geologiyanın aktual problemləri” mövzusunda Respublika Elmi Konfransında (Bakı, 2016), Avstriyanın Vyana şəhərində Avropa Geoelmlər İttifaqı (EGU) Baş Assambleyası Tədbirində (EGU-2017, 2018, 2019), Azərbaycan xalqının Ümummilli lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 94-cü ildönümünə həsr olunmuş “Geologiyanın aktual problemləri” mövzusunda Respublika Elmi Konfransında (Bakı, 2017), AMEA Geologiya və Geofizika İnstitutunun 80 illiyinə həsr olunan Gənc alim və tələbələrin “Geologiya və Geofizikanın problemlərinin həllində informasiya texnologiyaları” mövzusunda VII Beynəlxalq elmi konfransında (Bakı, 2018), Azərbaycan xalqının Ümummilli lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 95-ci ildönümünə həsr olunmuş “Geologiyanın aktual problemləri” mövzusunda Respublika Elmi Konfransında (Bakı, 2018), Azərbaycan xalqının Ümummilli lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 96-cı ildönümünə həsr olunmuş “Geologiyanın aktual problemləri” mövzusunda Respublika Elmi Konfransında (Bakı 2019) məruzə edilmişdir. Dissertasiya mövzusu üzrə 7 məqalə, 12 tezis, 2 proqram dərc olunmuşdur.

Faktiki material, cihazlar və müəllifin şəxsi töhfəsi: Dissertasiya işi Azərbaycan GPS şəbəkəsində 2000-2017-ci illərdə müəllifin də iştirakı ilə AMEA Geologiya və Geofizika İnstitutunun əməkdaşları tərəfindən aparılan ölçülərin nəticələri əsasında hazırlanmışdır. Azərbaycan ərazisində bu dövrdə baş verən zəlzələlərin kataloqu AMEA Respublika Seysmoloji Xidmət Mərkəzindən alınmışdır. GPS məlumatları Trimble 5700, Trimble R7 və Trimble NetRS tipli GPS qəbulediciləri vasitəsi ilə əldə edilmişdir. GPS məlumatlarının emalı GAMIT/GLOBK proqramı ilə aparılmışdır. Gərginlik-deformasiya məlumatları CASMO proqram təminatı vasitəsi ilə hesablanmışdır. Dissertasiya işində alınan nəticələr əsasında tərtib edilən xəritələr GMT (Global Mapping Tool) proqramı vasitəsi ilə hazırlanmışdır.

Dissertasiya işinin **etibarlılığı** istifadə olunan aşağıdakı faktiki materialların yüksək dəqiqliklə əldə edilən monitoring nəticələri olması ilə təyin edilir:

1. Azərbaycan ərazisində stasionar şəkildə fəaliyyət göstərən cGPS və GPS məntəqələrində periodik olaraq Massachusetts Texnologiyalar İnstitutu (ABŞ) ilə birlikdə aparılan ölçü məlumatları.
2. GAMIT/GLOBK proqramının tətbiqində Beynəlxalq Geodinamika Sisteminin (İGS) ABŞ-da yerləşən SOPAC məlumat bazası məlumatlarından istifadə olunması.
3. Müəllifin iştirakı ilə əldə edilən 2000-2017-ci illər arasındakı GPS sürət məlumatları.
4. Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Respublika Seysmoloji Xidmət Mərkəzin müasir seysmik şəbəkəsinin məlumatları.

Dissertasiya işinin yerinə yetirilməsində müəllifin **şəxsi töhfəsi** aşağıdakılardan ibarətdir:

1. Dissertasiya mövzusunə aid əvvəllər yerinə yetirilmiş tədqiqatların icmalı.
 2. GPS kosmik geodeziya və seysmik məlumatlarının seçilməsi;
 3. GPS kosmik geodeziya ölçmələrinin aparılmasında və emalında iştirak.
 4. CASMO proqram təminatı vasitəsi ilə litosfer gərginliklərinin hesablanması.
 5. Son nəticələrin qrafik təsviri və interpretasiyası.
- Əldə edilmiş məlumatların analizi və əsas nəticələrin şərhini elmi rəhbərim akade-

mik F.Qədirovla birlikdə yerinə yetirilmişdir. Dissertasiya işində bəzi nəticələr Yer Elmləri üzrə elmlər doktoru Q.Babayevlə və Yer Elmləri üzrə fəlsəfə doktoru, dosent R.Səfərovla birlikdə əldə edimişdir.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı:

Dissertasiya işi Bakı Dövlət Universitetinin “Seysmologiya və Yer təkinin fizikası” kafedrasında yerinə yetirilmişdir. Bu dissertasiya işi qismən Azərbaycan Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondunun (Qrant № EIF-KETPL-2015-1(25)-56/27/2) ABŞ-ın Milli Elm Fondlarının birgə təşkil etdiyi təlim və magistr proqramının köməkliyi ilə yerinə yetirilib.

Dissertasiyanın həcmi və strukturu:

Dissertasiya işi girişdən, beş fəsildən, nəticələrdən, 168 sayda istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. Burada 50 şəkil, 8 cədvəl də daxil olmaqla 141 səhifəni əhatə edir. Dissertasiyanın məzmununda giriş 8 səhifə olub 15022 işarədən, birinci fəsil 14 səhifə olub 19889 işarədən, ikinci fəsil 27 səhifə olub 50680 işarədən, üçüncü fəsil 32 səhifə olub 31760 işarədən, dördüncü fəsil 30 səhifə olub 38664 işarədən, beşinci fəsil 20 səhifə olub 26918 işarədən, nəticələr 2 səhifə olub 2580 işarədən və istifadə edilmiş 168 sayda ədəbiyyat siyahısı 16 səhifə olub 29594 işarədən ibarətdir. Dissertasiyanın həcmi 141 səhifə kompüter yazısından ibarət olmaqla, ümumi həcmi 220593 işarəni (istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısı istisna edilməklə 190999 işarə) təşkil edir.

Təşəkkürlər:

İlk növbədə elmi rəhbərim AMEA-nın həqiqi üzvü, professor F.Ə.Qədirova bütün mərhələlərdə göstərdiyi diqqətə, elmi və praktiki köməliyə görə dərin təşəkkürümü bildirirəm.

Dissertasiyanın yerinə yetirilməsində Bakı Dövlət Universitetinin “Seysmologiya və Yer təkinin fizikası” kafedrasının AMEA Geologiya və Geofizika institutundakı baza kafedrasının imkanlarından istifadəyə görə AMEA Geologiya və Geofizika İnstitutunun rəhbərliyinə öz dərin təşəkkürümü bildirirəm. Dissertasiya işinin yerinə yetirilməsi zamanı seysmik məlumatların istifadəsi üçün tövsiyə və qeydlərə görə AMEA nəzdində Respublika Seysmoloji Xidmət Mərkəzinin (RSXM) baş direktoru AMEA

müxbir üzvü, professor Q.Yetirmişliyə dərin təşəkkürümü bildirəm. Azərbaycan GPS şəbəkəsində ölçülərin aparılmasında və GPS stansiyalarından alınan məlumatların emalında və alınmış nəticələrin birlikdə təhlilində göstərdiyi köməkliliyə görə AMEA Geologiya İnstitutunun “Müasir geodinamika və kosmik geodeziya” şöbəsinin aparıcı elmi işçisi, Yer elmləri üzrə fəlsəfə doktoru R.Səfərova, CASMO (Dünyanın gərginliklər xəritəsi) metodikasının istifadəsində və interpretasiyasında göstərdiyi köməkliliyə görə isə “Seysmologiya və seysmik təhlükə” şöbəsinin rəhbəri, Yer elmləri üzrə Elmlər doktoru Q.Babayevə təşəkkür edirəm.

Həmçinin, mənimlə birgə çalışan Bakı Dövlət Universitetinin Seysmologiya və Yer təkinin fizikası kafedrasının əməkdaşlarına, xüsusilə kafedra müdiri, dosent Ə.Q.Novruzova alınmış nəticələrin konstruktiv müzakirəsinə görə minnətdarlığımı bildirirəm.

I FƏSİL. AZƏRBAYCAN ƏRAZİSİNİN TEKTONİK QURULUŞU VƏ GEODİNAMİKİ ŞƏRAİTİ

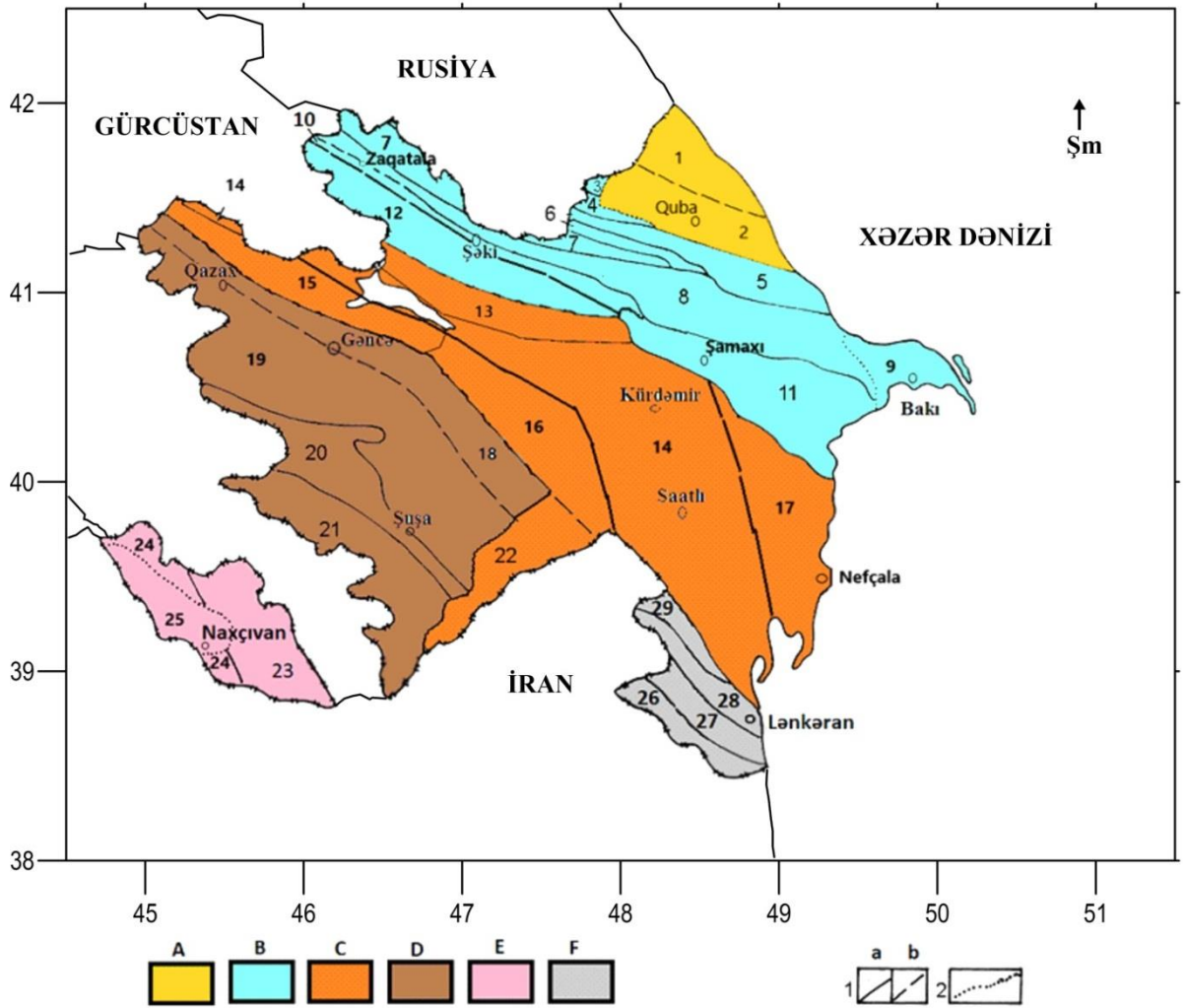
1.1. Azərbaycan ərazisinin tektonik rayonları

Azərbaycan ərazisinin tektonik rayonlaşdırılması ilə bir çox tədqiqatçılar məşğul olmuşlar. V.P.Renqarten, V.E.Xain, K.N.Paffenhols, M.V.Muratov, E.E.Milanovski, V.V.Belousov, İ.V.Kirillova və A.A.Sorski və b. tərtib etdikləri tektonik sxemlər nisbətən daha çox tanınmışdır. Qafqazın tektonik şəraitinin öyrənilməsində Ş.A.Adamiya, A.A.Belov, A.L.Knipper, İ.P.Qamkrelidze, M.L.Somin, Kopp və Şerba, S.İ.Dotduyev, İ.A.Rezanov, V.İ.Şevçenko, Ə.Ş.Şıxəlibəyli, F.S.Əhmədbəyli, T.N.Kəngərli və digərlərinin böyük əməyi olmuşdur. Qafqazın struktur elementləri onun dərinlik quruluşunun xüsusiyyətlərini də özündə əks etdirir [3, 10, 27-29, 32, 51, 54].

Azərbaycan ərazisi Alp-Himalay qırışıqlıq zonasının Qafqaz seqmentinin şərq hissəsini əhatə edir və şimalda Qusar-Şabran kənar çökəkliyi vasitəsilə Skif plitəsi, cənubda isə Naxçıvan qırışıqlıq sistemi vasitəsilə İran platforması ilə qovuşur. Cənubda Talış zonası isə Elburs qırışıqlıq sisteminin şimal-qərb hissəsi ilə əlaqələndir.

Azərbaycanın tektonik rayonlaşdırma sistemində birinci dərəcəli strukturlar (şimaldan başlayaraq cənuba tərəf) aşağıdakılardır: Qusar-Şabran kənar çökəkliyi, böyük Qafqaz qırışıqlıq sistemi, Dağarası Kür çökəkliyi, Kiçik Qafqaz qırışıqlıq sistemi, Naxçıvan qırışıqlıq sistemi və Elburs qırışıqlıq sisteminin Talış zonası. Bu tektonik vahidlərin hər birinin hüdudunda zonalar və daha aşağı dərəcəli struktur zonaları ayrılır (Şəkil 1.1.1).

Regionun ən şimal strukturu cənub hissədə Böyük Qafqazın şimal yamacının mezozoy çöküntülərini, şimalda isə epiherzen platformasının yuxarı paleozoy-mezozoy çöküntülərini qeyri-uyğun şəkildə örtən qalın dəniz (oligozen-orta miosen), həm də dəniz və kontinental (gec İmiosen-kvarter) çöküntülərlə molass komplekslərdən ibarət olan Qusar-Şabran çökəkliyidir.



Şəkil 1.1.1. Azərbaycan Respublikası ərazisinin tektonik rayonlaşdırılmasının sxemi [3].

Əsas tektonik vahidlər

A-Qusar-Şabran kənar çökəkliyi; B - Böyük Qafqaz qırışıqlıq sistemi; C – Kür dağarası çökəkliyi; D – Kiçik Qafqaz qırışıqlıq sistemi; E – Naxçıvan qırışıqlıq sistemi; F – Elburs-Talış zonası qırışıqlıq sistemi.

Zonaların sərhədləri: 1 – tektonik (a – çılpaqlaşmış, b – gömülmüş); 2 – stratigrafik.

Struktur zonaları (rəqəmlər sxemdə göstərilir)

Qusar-Şabran çökəkliyi (1-2): 1. Xaçmaz; 2. Quba;

Böyük Qafqaz (3-12): 3 – Tahircal; 4 – Sudur; 5 – Şahdağ-Xızı; 6 – Qonaqkənd; 7 – Tfan; 8 – Zaqatala-Qovdağ; 9 – Abşeron; 10 – Vəndam; 11 – Şamaxı-Qobustan; 12 – Alazan-Əyriçay;

Kür çökəkliyi (13-17): Orta Kür (13-16); 13 – Acınohur; 14 – Kürdəmir-Saatlı; 15 – Ceyrançöl; 16 – Yevlax-Ağcabədi; 17 – Aşağı Kür;

Kiçik Qafqaz (18-22): 18 – Kiçik Qafqazönü; 19 – Löh-Qarabağ; 20 – Göyçə-Həkəri; 21 – Qafan; 22 – Aşağı Araz;

Naxçıvan (23-25): 23 – Ordubad; 24 – Şərur-Culfa; 25- Naxçıvan;

Talış (26-29): 26 – Astarə; 27 – Lerik-Yardımlı; 28 – Buravar; 29 – Cəlilabad.

Şabran rayonunda qazılmış quyudan əldə edilmiş nəticələr əsasında çökəkliyin bünövrəsində erkən yuranın vulkanik törəmələrindən və onların altında yerləşən perm-triasın metamorfik komplekslərinin slyuda şistlərindən ibarət olması müəyyən edilmişdir

və metamorfizm də nəzərə alınarsa bu kompleksin daha qədim kembriyəqədərki süxurlardan ibarət olması ehtimal edilə bilər.

Böyük Qafqaz qırıqlıq sistemi şimalda kənar çökəkliyi ilə hüdudlanır, şərqdə isə Abşeron yarımadası, Abşeron çökəkliyi və Pribalxan vasitəsi ilə Kopetdağla birləşir. Böyük Qafqazın mərkəzi strukturu, Tfan zonası, vulkanitlərlə növbələşən, dayka və intruzivlərlə yarılmış alt-orta yura çöküntü kompleksləri ilə təmsil olunmuşdur. Şimal və cənub yamacları üst yura, tabaşir və kaynozoy çöküntülərinin inkişaf etdiyi sahələrdən ibarətdir. Bu zona üçün əksər halda cənuba doğru çevrilmiş və Baş Qafqaz yarığı boyunca daha da cənubda yerləşmiş Zaqatala-Qovdağ sinklinal çökəkliyin üstünə gəlmiş, kənar hövzələrin törəmələrinə uyğun gələn gec yura, tabaşir və erkən paleogenin fliş törəmələri təmsil olunmuş yatıq qırıqların inkişafı səciyyəvidir. Struktur baxımdan bu, dərin, intensiv dislokasiyaya uğrayaraq çevrilmiş və cənuba doğru sürüşmüş fliş çökəkliyi başqa sözlə “troqdur”.

Böyük Qafqazın ən cənub strukturuna antiklinorium tipinə daxil edilən Vəndam zonası daxildir. Qərbdə toar-aalen çöküntülərindən ibarət olan bu strukturun quruluşunda şərqə doğru hərəkət etdikcə orta yuranın vulkanik törəmələri, gec yuranın karbonat (rif) çöküntüləri, gec yura – erkən tabaşir flişləri, gec tabaşirin vulkanik törəmələri iştirak edir. Bütövlükdə Böyük-Qafqazın cənub yamacının strukturları üçün cənub istiqamətində bir-birinin üstünə irəliləmiş üst qat təbəqələrini formalaşdıran və təkrarlanan üstəgəlmə proseslərinin intensiv təzahür etməsi səciyyəvidir. Cənub-Şərqdə Böyük Qafqazın struktur zonaları dərinə gömülür və əsasən oliqosen-miosenin və pliosen-kvarterin çökmə və molass komplekslərindən ibarət Abşeron-Qobustan pereklinal çökəkliyini əmələ gətirir.

Kür çökəkliyi qitə daxili molass çökəkliyi olaraq regionun təkamülünün orogen (gec kaynozoy dövrü) mərhələsində formalaşmışdır. Çökəkliyin mezozoy dövrü struktur planı alp dövrünə qədərki dövrün müvafiq planına uyğundur. Sonuncu, listrik yarıqlar üzrə Kür çökəkliyinin mərkəzinə doğru enir, eninə istiqamətdə isə pilləvari şəkildə qərbdən şərqə doğru Cənubi Xəzər çökəkliyinə tərəf gömülür. Özülün struktur vəziyyəti onun alp dövründə formalaşmasını göstərir ki, bu da onun müasir strukturunda Yuxarı, Orta və Aşağı Kür çökəkliklərinin formalaşması ilə tamamlanmışdır. Çökəkliklərin şimal kənarları uzununa istiqamətdə dartılmış Daşüz-Əmirvan və Acınohur qalxıntıları sisiləsi ilə əhatə

edilmişdir. Bu qalxıntılar Qanıx (Alazan)-Əyriçay və Qabırrı(İori)-Acınohur çökəklikləri ilə biri-birindən ayrılmışlar [3, 17]. Çökəkliklərdə mio-pliosen və dördüncü dövr molass çöküntüləri, qalxımlarda isə mezozoy-kaynozoy yaşlı vulkanik-çökmə süxurları iştirak edir. Bu zona üçün üstəgəlmə tipli qırılmalar səciyyəvidir və bu səbəbdən də müsbət strukturlar şimal-şərq cinahlarda təmsil olunmuşdur. Çökəkliyin cənub kənarı paleogenin və qitə(kontinent)-dəniz neogen-antropogenin molass komplekslərindən ibarət Yevlax-Ağcabədi və Kiçik Qafqaz önü çökəkliklərini əhatə edir.

Onların arasındakı sərhəd Kür yarığı boyu, Kür çayı vadisi üzrə və Yevlax-Ağcabədi çökəkliyinin cənub-qərb kənarı boyu layların fleksur əyintisi boyu keçir.

Kiçik Qafqaz qırıqlıq sistemi Zaqafqaziya və Naxçıvan bloklarının tarixi inkişafına görə müxtəlif olan zonalarından təşkil olunmuşdur. Şimaldan cənuba doğru Zaqafqaziya blokunda aşağıdakı zonalar ayrılır: Löh-Qarabağ, Göyçə (Sevan)-Həkəri və Qafan.

Löh-Qarabağ zonası qalxımlar və çökəkliklər silsiləsi ilə mürəkkəbləşmiş Kiçik Qafqazın şimal-şərq yamaclarının mezozoy dövrünə aid vulkanik-çökmə komplekslərini əhatə edir. Onların arasında struktur nisbətləri yuraya qədərki özülün cənub-şərq istiqamətində pilləvari şəkildə dərinləşməsi ilə mürəkkəbləşən blok halı ilə əlaqəli olub atılım-fayları (qırılmalar) və fleksur əyintiləri ilə ifadə olunur. Zonanın quruluşunda əsasən yura dövrünə, qismən də təbaşir və paleogenə aid bazaltdan riolitə kimi vulkanitlər vulkanik-çökmə və terrigen-karbonat kompleksləri geniş iştirak edir. Orta yura və gec yura-erkən təbaşir dövrlərinə aid intruzivlər, subvulkanik törəmələr və ekstruzivlər geniş təmsil olunmuşdur.

Göyçə-Həkəri zonası əvvəlki zonadan daha cənubda, Kiçik Qafqazın mərkəzi hissəsində yerləşir və ondan şimalda Murovdağ və Qarabağ, cənubda isə Laçın-Başlıbel qırılmaları ilə hədudlanır. Bu, erkən təbaşirin karbonatlı çöküntülərindən və senomanın qumsal-alevrit qatından ibarət şimal-qərb istiqamətində yatıma malik olan ensiz əyilmiş zolaqdır. Zonanın fərqləndirici xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, onun hədudlarında Qarabağ horst qalxımının şimal-qərb kənarı ilə ayrılan iki kulisvarı - Torağaçay və Sarıbaba strukturlarında - melanj ofiolit zolağı yerləşir. Ofiolit assosiasiyası kompleksləri - hiperbazit, qabbroid və effuziv-radiolyarit kompleksləri -

gec senoman-erkən konyak dövrünün olistostrom kompleksinə keçən və neoavtoxtunun gec santon çöküntü kompleksi ilə örtülən avtoxton mezozoy-terriqen çöküntü kompleksi (alb) üzərinə şaryaşlaşmış alloxton lövhələr şəklindədir.

Ofiolit kompleksləri intensiv dislokasiyaya uğramış və uzununa qırılmalarla mürəkkəbləşmişdir. Bunun nəticəsində kompleks içərisində hiperbazit-qabroid olan lentvari sıxılmış zolaqlı uzununa-qırışıq bloklarla təmsil olunmuşdur. Ofiolit kompleksləri öz aralarında və onları əhatə edən süxurlarla tektonik təmasdadır. Göyçə-Həkəri zonasında həm də daha cavan, paleogen və neogen, qabroid və qranitoid intruzivləri də mövcuddur.

Göyçə-Həkəri zonasından cənub-qərbə tərəf mezozoy komplekslərin toplusuna görə Löh-Qarabağ zonasına çox oxşayan Qafan strukturu ayrılır. Bu struktur pazvari şəkildə şimal-qərbə doğru uzanaraq pliosen-dördüncü dövr vulkanitləri ilə örtülərək əhəmiyyətli dərəcədə dərin qatlara gedib çıxır. Strukturun dik cənub-qərb qanadı onu Zəngəzur qalxımından ayıran yarıqla kəsilir, şimal-şərqdə isə Göyçə-Həkəri zonasından ayıran Laçın-Başlıbel yarığı ilə hüdudlanır. Zonanın şimal haşiyəsində Laçın, şərq haşiyəsində isə Tsav qranitoid intruzivləri müşahidə edilir.

Həmin zonadan cənubda, Zaqaqaziya və Naxçıvan blokları arasında Misxan-Zəngəzur qovuşma zonası mövcuddur. Bu qovuşma zonasının 15-20 km enində olan şərq hissəsi sıxılmalara, parçalanmalara, izoklinal qırışıqlığa və dinamometamorfizmə məruz qalmış, tabaşir və paleogen çöküntüləri komplekslərindən təşkil olunmuşdur.

Təsvir edilən zonaya müxtəlif istiqamətli yarıqlar, eləcə də müxtəlif yerdəyişmə amplitudlarına malik olan ayrı-ayrı tektonik bloklara parçalanma xarakterikdir. Zonada, Respublika ərazisindən kənar kembriyəqədərki, orta paleozoy dövrlərinə aid komplekslərin fraqment halında çıxışları, eləcə də ofiolit assosiasiya süxurlarının blokları qeyd olunur; kaynozoy yaşlı qranitoidlərin intruziv gövdələri geniş yayılmışdır.

Qafqaz seqmentinin eninə kəsiyində ən mürəkkəb cənub struktur vahidi Naxçıvan zonasıdır. Bu zona bir sıra uzununa strukturlardan – Ordubad sinklinoriumundan, Şərur-Culfa antiklinoriumundan və Naxçıvan çökəkliyindən ibarətdir.

Ordubad zonası (sinklinoriumu) şimal-şərqdə Girətağ yarığı və cənub-qərbdə

Aznaburt-Nehrəm yarığı ilə hüdudlanır. Onun quruluşunda konsedimentasionalqalxımı və çökəkliklərlə mürəkkəbləşmiş, xətti qırışıqlar şəklində deformasiya olunmuş gec tabaşir-paleogen dövrünə aid terrigen-karbonatlı, karbonatlı, vulkanik-çökmə mənşəli gec eosen və oliqosen əhəng-qələvi və subqələvi kompleksləri iştirak edir. Zonanın cənub-şərq kənarında iri Meqri-Ordubad qranitoid batolitivardır. Şərur-Culfa zonası (antiklinoriumu) İran mikrokontinentinin son şimal blokudur və devon, karbon, perm, trias dövrlərinin terrigen-karbonatlı və karbonatlı kompleksləri ilə xarakterizə olunur. Naxçıvan çökəkliyi orogen dövründə inkişaf etmişdir və miosen çöküntülərindən ibarətdir, kənarlarında en dairəsinə yaxın, mərkəzi hissələrində isə şimal-şərq istiqamətdə qırışılıqlı olması ilə xarakterizə olunur.

Azərbaycanın cənub-şərqində, İran platformasının şimal haşiyəsinin Elburs qırışılıqlı sisteminin şimal-qərb seqmenti olan Talış qırışılıqlı zonası yerləşir. Bu sərbəst olaraq şimal-qərbə, Aşağı Araz çökəkliyinə tərəf və şimal-şərqə, Cənubi Xəzər çökəkliyinə tərəf dərinə gömülmüş böyük horst-qalxımıdır. Talış zonasında Astara horst-antiklinoriumu, Lerik-Yardımlı sinklinoriumu, Buravar antiklinoriumu və Cəlilabad sinklinoriumu fərqləndirilir. Bütün struktur zonalar tərs fay və üstəgəlmələri ilə mürəkkəbləşmişdir. Şərqdə Talış zonasının strukturları Cənubi Qafqaz hövzəsinin şelf zonasına keçən Lənkəran ovalığını əmələ gətirən Talışönü qırılması ilə kəsilir. Onun quruluşunda aşağıdakı komplekslər iştirak edir: karbonatlı – gec senon, tuflu-çökmə – paleogen-erkən eosen, vulkanik-çökmə və qələvi-bazalt vulkanitləri, plutonik subqələvi ultraəsaslı kompleksi mərkəzi hissədə oliqosen-miosenin mollas kompleksi və şimal-şərqdə allyuvial-prolyuvial-pliosen-dördüncü dövr kompleksi.

1.2. Plitə tektonikası konsepsiyası və Alp-Himalay qurşağının (Azərbaycan ərazisi) müasir geodinamik şəraiti

Alp-Himalay qurşağının orta hissəsi Yaxın Şərqi, Qafqazın və qisməndə orta şərqin qırışılıqlı sistemini əhatə edir. Sual olunur ki, kaynozoy dövrü yəni 65 milyon il əvvəl baş verən konkret geoloji hadisələrin litosfer plitələrinin hərəkəti ilə əlaqəsi varmı,

əgər varsa, o zaman bu özünü necə büruzə verir və litosfer plitələrinin qarşılıqlı təsirinin analizini geoloji tarixin öyrənilməsində necə istifadə etmək olar?

Bu problemin ilk tədqiqatçıları A.G.Smith, J.Dewey və b., McKenzie, Ş.Adamiya və digərləri olmuşlar [9, 79, 115, 142].

Smith A.G. ilk dəfə olaraq zolaqlı maqnit anomalionaları əsasında təyin edilmiş Afrika və Avropanın nisbi hərəkətlərini Alp orogen qurşağının tektonik inkişaf tarixi ilə əlaqəli olmasını göstərmişdir. Daha sonra isə J.Dewey və başqaları daha dəqiq məlumatlardan yararlanaraq bənzər tədqiqatlar aparmışlar. Amma bu tədqiqatlar Alp orogen qurşağının tektonik inkişaf tarixini yalnız iki Afrika və Avropa plitələrinin hərəkəti ilə öyrənilməsinin mümkün olmadığını göstərmiş vəburada bir neçə hərəkət edə bilən mikroplitənin də olması ehtimalı irəli sürülmüşdür. Bu mikroplitələrin dönmə və irəliləmə hərəkətlərinin öyrənilməsi də əsas məsələ olaraq meydana çıxmışdır. Mikroplitələrin bəzilərinin hərəkətləri zolaqlı maqnit anomalionaları ilə müəyyən edilsə də bunun həmişə bu üsulla bu səbəbdən də mümkün olmadığı aydınlaşmışdır. 1960-cı illərdə mikroplitələrin varlığı şübhələr doğururdu. GPS texnologiyalarının tətbiqinə qədər Alp orogen qurşağının plitə hərəkəti ilə bağlı müasir interpretasiyası bir çox çətinliklə qarşılaşmışdır.

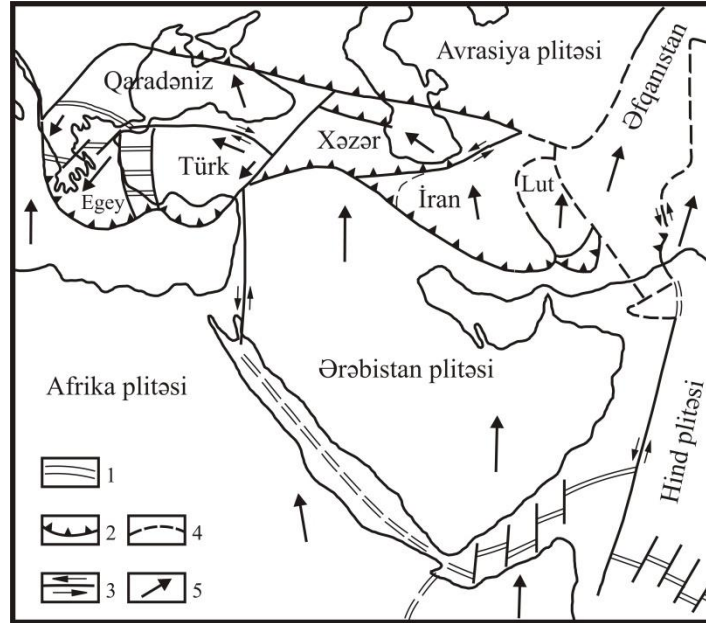
Erkən yuraya qədərki dövrdə bütün qitələr birlikdə olmuş və super qitə təşkil etmişdir. Vegener bu super qitəni Pangeya adlandırmışdır. Tetis dənizi isə bu super qitənin ortasında yer almış dərin körfəz halında olmuşdur. Belə qəbul etmək olar ki, super qitə çox sayda ona daxil olan mikroplitə ilə əhatə olunmuşdur [39]. Erkən yurada Mərkəzi Arktikanın açılması ilə Pangeyanın parçalanmasının başladığı qəbul edilir. Bu o deməkdir ki, Cənubi Amerikaya birləşmiş Afrika şimal qitəsinə (Amerika və Avrasiya) nəzərən şərqə tərəf hərəkət etmişdir. Bu proses mərkəzi Atlantikada mövcud olan orta-okeanik dağ silsiləsinin spreidinə nəticəsində olmuşdur.

Eosəndən başlayaraq Afrika qitəsi Avropa istiqamətində şimala tərəf hərəkət etməyə başlamış və bu səbəbdən də Alp qurşağında sıxılma və subduksiya prosesləri başlamışdır.

Alp-Himalay qurşağının geologiya və tektonikasına aid plitə tektonikası konsepsiyası çərçivəsində çox sayda tədqiqat işləri aparılmışdır [8, 45, 46, 54].

Alp-Himalay qurşağı Avrasiya plitəsinin cənub hissəsində olub onu qərbdə Afrika plitəsindən, mərkəzdə isə Ərəbistan plitəsindən ayırır. Bu regionda Avrasiya, Afrika və Ərəbistan plitələrinin qarşılıqlı təsiri müşahidə edilir [22, 115, 116].

Şəkil 1.2.1-də Alp-Himalay qurşağı litosferinin plitə və mikroplitələrinin McKenziye görə sxemi verilmişdir.

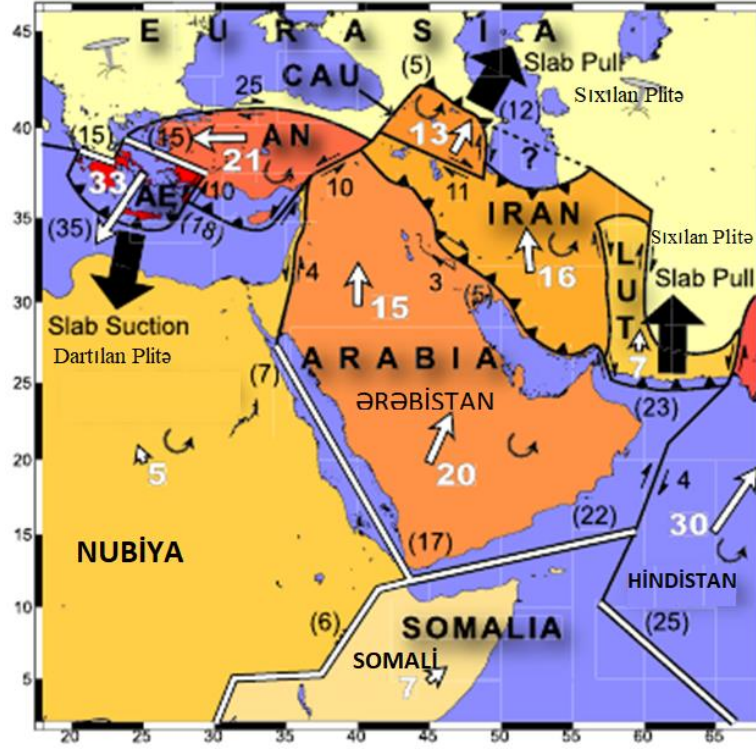


Şəkil 1.2.1. Alp-Himalay qurşağı litosferinin plitə və mikroplitələri [115, 116].

1-3-Sərhədlər(1-gərilmə, 2-sıxılma, 3-sürüşmə); 4-mikroplitələrin ehtimal edilən sərhədləri; 5-Avrasiya plitəsinə nəzərən plitə və mikroplitələrin hərəkət istiqamətləri. Mikroplitələr: Əfqanıstan, İran, Xəzər, Lut, Türkiyə, Qaradəniz, Ege.

1988-2005-ci illərdə aparılmış GPS monitoring nəticələri əsasında Aralıq dənizi və Qafqaz ərazisinin yeni geodinamik modeli verilib (şəkil 1.2.2).

Şəkil 1.2.2-dən görüldüyü kimi Ərəbistan plitəsi 15.7-17.1 mm/il sürəti ilə C-Şm istiqamətində hərəkət edir. Onun qarşısında hətta daha sürətli hərəkətlər qeyd olunmuşdur. Onlar Anadolu zolağının şərqə daha yaxın olan hissəsində təyin edilmişdir və o, birbaşa indentorun ucundan başlayır və qərbə doğru Şimali və Şərqi Anadolu üfüqi yerdəyişmə tipli qırılma zonaları ilə hüdudlanaraq genişlənir. Anadolu zolağı 15.7-21.4 mm/il sürəti ilə qərbə doğru hərəkət edir. Onun daxilində hərəkət vektorlarının istiqaməti orta hissədə ŞCŞ-QŞmQ istiqamətindən, Ege dənizi yaxınında isə şimala daha yaxın olan hissədəŞmŞ-CQ istiqamətinə dəyişir.



Şəkil 1.2.2. Afrika-Ərəbistan-Avrasiya plitələrinin qarşılıqlı təsir modeli və geodinamik şəraiti [133].

Şərti işarələr. *Plitə və bloklar:* CAU – Qafqaz bloku, AN – Anadolu plitəsi, AE – Ege plitəsi. *İkili xətt* plitələrin sərhədidir, *qara rəngli xətt* – horizontal hərəkət sərhədləri, *iki qoşa və əks tərəfli oxlar*-qırılma boyu nisbi yerdəyişmə istiqamətləridir; *üzərində üçbucaq olan xətlər* – atılım (üstəgəlmə) qırılmalarıdır, *qara rəqəmlər* – blokları ayıran qırılmalarda GPS-ölçmələri ilə əldə edilmiş mm/il vahidi ilə göstərilən horizontal sürətlərdir (mötərizədə göstərilən rəqəmlər düşmə zamanı yerdəyişməyə, digərləri isə qırılma boyu yerdəyişməyə uyğundur). *Ağ rəngli oxlar və bunlara uyğun rəqəmlər*-Avrasiya sisteminə nəzərən plitələrin mm/il vahidi ilə göstərilən sürətləridir. *Qövs şəkilli oxlar*-Avrasiyaya nəzərən blokların dönməsi istiqamətini göstərir. *İri qara oxlar*-plitə/blok sisteminə təsir edən aktiv subduksiya ilə əlaqədar meydana gələn və Avrasiya sisteminə nəzərən Ərəbistan-mərkəzi İran-Anadolu-Ege plitələrini saat əqrəbinin əksinə dönməyə məcbur edən hipotetik; (fərziyyəyə əsaslanan) qüvvələri göstərir. Slab Suction – Dartılan Plitə, Slab Pull – Sıxılan Plitə.

Ərəbistan indentoru və Avrasiya platforması arasında yerləşən 500-1000 km geniş deformasiya zonasında horizontal hərəkət vektorları ümumilikdə fırlanma tipli hərəkəti təsvir edir. Onun simmetriya oxu Ərəbistan indentorunun kənarından Anadolu blokunun şərqə daha yaxın olan kənarından keçməklə Qara dənizə doğru CŞ-ŞmQ istiqamətlənən xəttidir.

Aparılmış tədqiqatlar göstərir ki, Ərəbistan plitəsinin Avrasiya plitəsi ilə toqquşması 10-30 mln il əvvəl başlamışdır və bu gündə davam edir [129]. Bu toqquşma prosesi başlayan zamandan bu günə kimi Ərəbistan plitəsinin şimala tərəf hərəkətinin orta sürəti sabit qalıb və təxminən 20 mm/il təşkil edir [117, 133]. Bu

şərtlər daxilində özünün ilk yerindən əvvəl Avrasiya kontinental litosferinin olduğu yerə 200-600 km irəliləmişdir. Ərəbistan plitəsinin Avrasiya qitəsinə bu şəkildə davamlı “daxil olması” Ş-Q istiqamətində uzanan Böyük Qafqaz üstəgəlməsi boyu litosferin qısalmasına səbəb [6, 8, 97, 100, 102, 104, 115, 133]. Ərəbistan plitəsinin Avrasiya qitəsi ilə belə qarşılıqlı təsiri Qafqazda yer qabığına deformasiyalarına səbəb olur ki, bu da tarixən baş verən zəlzələlərlə müşayiət olunur.

Göründüyü kimi, Qırmızı dənizin dibində baş verən spreading prosesi nəticəsində meydana gələn Ərəbistan plitəsinin şimala tərəf hərəkəti Qafqaz ərazisinin müasir geodinamik şəraitini müəyyənləşdirir.

1.2.1. Azərbaycan ərazisində yer qabığının şaquli hərəkətləri

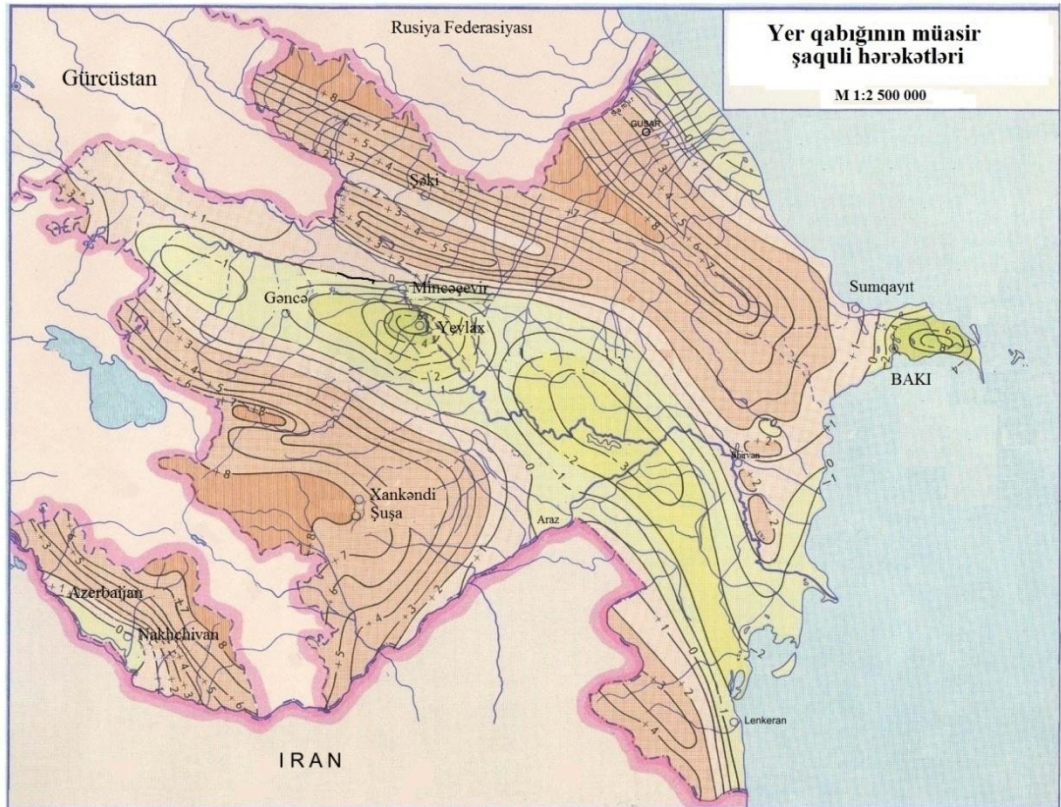
Ərəbistan plitəsinin davamlı olaraq Qafqazı sıxma prosesi ilə eyni zamanda yer qabığında şaquli hərəkətlər baş verir. Üfüqi yer qabığı hərəkətlərinin nəticəsində Kiçik və Böyük Qafqaz dağ silsiləsi və Kür çökəkliyi əmələ gəlmişdir.

Şaquli hərəkətlər haqqında məlumatlar Tiflis-Bakı-Dərbənd, Naxçıvan-Ələt, Şirvan-Astara, Şirvan-Biləsuvar-Yevlax, Yevlax-Zaqatala-Gəncə kimi geodeziya poliqonlarında aparılan yüksək dəqiqlikli təkrar nivelir ölçmələri əsasında əldə edilmişdir (Şəkil 1.2.3) [2, 6, 8, 34, 54].

Şaquli hərəkət məlumatlarının ərazi üzrə ekstrapolyasiyası morfostruktur xüsusiyyətlərdən istifadə olunaraq aparılmışdır. Şəkil 1.2.3-də verilən Azərbaycan ərazisinin yer qabığının müasir şaquli hərəkət xəritəsi F.S.Əhmədbəylinin, Ə.V.Məmmədovun, N.Ş.Şirinovun və Ə.Ş.Şixəlibəylinin redaktorluğu ilə hazırlanan Azərbaycanın neotektonik xəritəsindən alınmışdır. Azərbaycan ərazisinin yer qabığının müasir şaquli hərəkət xəritəsinin tərtibçiləri Şirinov N.Ş., Lilienberq D.A., Hacıyev B.D., V.R.Yaşenkodur.

Yer qabığının vertikal hərəkətləri xəritəsindən görünür ki, Azərbaycan ərazisini müasir şaquli hərəkətlərin paylanma xarakterinə görə dörd vilayətə ayırmaq olar. Bunlar Böyük Qafqaz, Kür çökəkliyi, Kiçik Qafqaz və Talış vilayətləridir. Xəritə

müəllifləri qeyd edirlər ki, bu xəritədə Kiçik Qafqaz və Talış üçün müasir şaquli hərəkətlərin sürət izoxətləri İran ərazisindəki məlumatlar nəzərə alınmadan hazırlanmışdır. Bu səbəbdən də xəritədə Araz çayı rayonunda izoxətlər dönməkdədir. Belə ehtimal etmək olar ki, İran ərazisindəki nivelirləmə nəzərə alınsa idi müasir şaquli hərəkətlərin sürət izoxətləri Araz çayı rayonunda əyilmədən Talış regionuna tərəf davam etməli idi. Müəlliflərin qeyd etdiyinə görə bu hissədə yüksək dəqiqlikdə nivelirləmə işləri aparılmadığından bu mümkün olmamışdır.



Şəkil 1.2.3. Geodeziya poliqlonlarında 1949-1989-cü illər arasında aparılan yüksək dəqiqlikli nivelir ölçülərindən əldə edilmiş Azərbaycanın şaquli hərəkətlər xəritəsi.

Kontur xətt qiymətləri mm/il-dir. Mənfi və müsbət qiymətlər uyğun olaraq çökmə və yüksəlməni ifadə edir (Əhmədbəyli F.Ş., Məmmədov Ə.V., Şirinov N.Ş., Şıxəlibəyli Ə.Ş. Azərbaycanın neotektonik xəritəsindən istifadə edilmişdir [2]. Yer qabığı müasir vertikal hərəkətləri xəritəsi Şirinov N.Ş., Liliqberq D.A., Hacıyev B.D., Yaşenko V.R. tərəfindən hazırlanmışdır).

Ərəbistan plitəsinin Qafqaz ərazisinə (o cümlədən Azərbaycan ərazisinə) təsiri fonunda Yer qabığı müasir şaquli hərəkətləri Böyük və Kiçik Qafqazda yüksəlmə baş verdiyini və bu sürətin maksimal qiymətinin 10 mm/il dəyərinə yaxın olduğunu göstərir. Talış dağlarında da yüksəlmə baş verir və burada sürətin maksimal qiyməti 6

mm/il-dir. Böyük Qafqaz vilayətinin yüksəlmə sahəsi geniş olub Böyük Qafqaz submeridional qırılmalarına paralel olaraq ŞCŞ-QŞmQ istiqamətində uzanmış formaya malikdir. Kiçik Qafqazın qalxım zonası da eyni istiqamətdə uzanaraq geniş ərazini əhatə edir.

Eyni zamanda müasir dövrdə Kür çökəkliyində yer səthində -6 mm/il sürətlə çökmə prosesi davam edir.

Kür çökəkliyi Böyük Qafqazı Kiçik Qafqaz-Talış zonasından ayıraraq çökməyə davam edir və Böyük Qafqaz sərhədində yer qabığının müasir şaquli hərəkət sürətləri kəskin olaraq dəyişir.

Yer qabığı şaquli hərəkətlərinin sürətləri və sonrakı dövr üçün tektonik proseslərin gedişi nəzərə alınarsa şaquli hərəkətlərdə müasir dövrdə inversiya olmadığı və hərəkətlərin ümumi xarakterinin indi də eyni olduğunu qəbul etmək olar.

Nəticələr

Tektonik tədqiqatlar nəticəsində Azərbaycan ərazisində birinci dərəcəli Qusar-Şabran kənar çökəkliyi, böyük Qafqaz qırışıqlıq sistemi, Dağarası Kür çökəkliyi, Kiçik Qafqaz qırışıqlıq sistemi, Naxçıvan qırışıqlıq sistemi və Elbrus qırışıqlıq sisteminin Talış zonası kimi strukturlara ayrılmışdır.

Ərəbistan piltəsinin şimala tərəf hərəkəti və Avrasiya plitəsi ilə qarşılıqlı təsiri Qafqaz ərazisinin müasir geodinamik və seysmo-tektonik şəraitini müəyyənləşdirən əsas faktordur.

Azərbaycan ərazisini müasir şaquli hərəkətlərin paylanma xarakterinə görə Böyük Qafqaz, Kür çökəkliyi, Kiçik Qafqaz və Talış vilayətlərinə ayrılır.

Azərbaycan ərazisində Yer qabığı müasir şaquli hərəkətləri Böyük və Kiçik Qafqaz dağlarının 10 mm/il, Talış dağlarının 6 mm/il sürətləri ilə yüksəldiyini, Kür depressiya zonasının isə -6 mm/il sürətlə çökdüyünü göstərir.

DİSSERTSIYA İŞİNİN ƏSAS NƏTİCƏLƏRİ

Dissertasiya işində GPS müasir sürət sahəsinin kompleks yanaşma ilə struktur analizi aparılmış və aşağıdakı əsas nəticələr əldə edilmişdir:

- Son 20 ildə aparılmış GPS müşahidələrindən əldə olunmuş sürət sahəsi Azərbaycan və Kiçik Qafqaza qonşu olan ərazilərdə yer qabığı səthinin Avrasiyaya nəzərən Şm-ŞmŞ istiqamətində hərəkətini aydın şəkildə təsvir edir.

- GPS sürət sahəsinin aydın şəkildə ifadə olunan xüsusiyyətlərindən biri cənubdan şimala doğru Böyük Qafqaz Üstəgəlməsinin uzanma istiqamətinə perpendikulyar olan GPS sürət komponentlərinin (şimal komponenti VN) qiymətinin azalmasıdır.

- Kiçik Qafqaz ərazisində sürəti < 2 mm/il olan yer qabığı qısalmasının və zəif deformasiya prosesinin baş verdiyi müəyyən edilmişdir.

- Şıxlar, Sanqaçal və Bakı GPS məntəqələrində VE şərq sürət komponenti üstünlük təşkil edir.

- Abşeron-Pribalxan astanasının qərb hüdudunda Gürgən (GURK) GPS məntəqəsində VN şimal sürət komponenti üstünlük təşkil edir.

- İran plitəsinin təsirinə məruz qalaraq saat əqrəbi istiqamətində dönmə Cənubi Xəzər Hövzəsi Aşağı Kür, Qobustan və Abşeron struktur ərazilərinin kinematikasını təyin edir.

- Qafqaz (Azərbaycan) regionu ərazisində Yer litosferində regional gərginlik sahəsinin formalaşmasında yer səthi və geoloji sərhədlərin topoqrafiyasının dominant təsiri müşahidə olunur.

- Böyük Qafqazın qərb və mərkəzi hissələri ŞmŞ-CQ istiqamətli gərilmə şəraitindədir, şərq hissəsində isə bu gərilmə intensiv sıxılma ilə əvəz olunur.

- Azərbaycan ərazisində ümumiyyətlə horizontal gərginlik vektorunun σ_{max} istiqaməti Yer qabığının müasir hərəkət istiqaməti ilə eyni olsa da bəzi yerlərdə fərqliliyin müşahidə edilməsi faktı, gərginliyin yaranmasında yalnız kolliziya tektonikası deyil yerli mənbələrinin də müəyyən rolu olduğunu göstərir.

- Yer səthində GPS sürətlərin struktur analizi aparılmış ətraf bölgələrə nəzərən fərqli sürət xarakteristikası olan aşağıdakı “domen” ərazilər müəyyən edilmişdir: Böyük

Qafqaz qırıxıqlıq sistemi “domeni”; Kiçik Qafqaz qırıxıqlıq sistemi“domeni” ; Kür çökəkliyi “domeni”; Aşağı Kür çökəkliyi-Qobustan-Abşeron “domeni”; Talış zonası “domeni”; Qusar-Şabran kənar çökəkliyi “domeni”

- Azərbaycan ərazisində lokal qravitasiya anomaliyaları sahəsi ilə domenlərin paylanması arasında korrelyasiya mövcuddur.

- Orta Kür “domenində” Yevlax (YEVL) GPS məntəqəsində sürət vektoru istiqamətinin kəskin dəyişilməsi Yevlax-Ağcabədi iri mənfi lokal qravitasiya anomaliyasının təbiətini müəyyən edən geoloji quruluşla, xüsusi halda buradakı vulkanogen törəmələrin təsiri ilə əlaqəlidir.

ƏDƏBİYYAT

1. Azərbaycanın geologiyası, - Bakı: - Elm, - c 2, - 2015, - 372 s.
2. Azərbaycanın neotektonik xəritəsi / F.S.Əhmədbəyli, Ə.V.Məmmədov, N.Ş.Şirinov [və b.] - Bakı: - 1991.
3. Azərbaycanın geoloji xəritəsi. İzahat kitabçası / A.C.İsmayılzadə, T.N.Kəngərli, V.V.Korobanov [və b.]. - Bakı, - 2008. 75 s.
4. Əhmədova, E.V., Səfərov, R.T., Aslanov R.E. Azərbaycan ərazisində Yer səthi GPS horizontal sürətlər sahəsinin struktur analizi // Bakı Universitetinin Xəbərləri. Təbiət elmləri seriyası, - Bakı, - 2019. № 1, s.100-107.
5. Əhmədova E. GPS məlumatları əsasında Xəzər dənizinin şərq sahili boyu yer səthinin müasir hərəkətlərinin modelləşdirilməsi // ANAS Transactions, Earth Sciences. - 2021. N 2, - s. 63-68.
6. Kərimov, K.M., Vəliyev, H.Ö. Cənubi Xəzər meqaçökəkliyinin dərinlik quruluşu və neftlilik-qazlılığı, - Bakı: Elm, - 2003. 240 s.
7. Səfərov, R., Əhmədova, E. Azərbaycan ərazisinin müasir geodinamik şəraiti: GPS və seysmik məlumatlar əsasında // Azərbaycanca Geofizika Yenilikləri, - 2018. № 2, - s.47-52.
8. Vəliyev, H.Ö. Neft yataqlarında geodinamik-tektonik gərginliyin təsirindən nəzərdən yayınmış neftli-qazlı obyektlərin aşkar olunması metodikası. - Bakı: - 2001. 144 s.
9. Адамия, Ш.А., Закариадзе, Г.С., Лордкипанидзе, М.Б. Эволюция древней активной континентальной окраины на примере альпийской истории Кавказа // Геотектоника. - 1977. №4, - с.88-103.
10. Ахмедбейли, Ф.С. Исмаил-заде, А.Д., Кенгерли Т.Н. Геодинамика Восточного Кавказа в альпийском тектоно-магматическом цикле (Азербайджан) // Тр. ИГ НАНА, - 2002. № 30, - с.36-48.
11. Бабаев, Г.Р., Ахмедова, Э.В., Кадиров, Ф.А. Анализ напряженно-деформированного состояния Кавказского региона (Азербайджан) по векторам максимальных горизонтальных напряжений и с использованием

- программ проекта «World Stress Map» // Геофизический журнал, - 2017. № 3, - Vol. 39, - сс. 26-39.
12. Балавадзе, Б.К. К построению модели земной коры Кавказа и сопредельных акваторий // Известия АН СССР, Физика Земли. - 1975. №2, - с.75-83.
 13. Беляков Н.А. Геомеханическое обоснование параметров крепления железнодорожных тоннелей в условиях Северного Кавказа // Записки горного института, - т. 186, - 2010. - с. 99-103.
 14. Гадиров, В.Г. О глубинном строении Евлах-Агджабединского прогиба Азербайджана по данным гравимагнитометрических исследований / В.Г.Гадиров, К.В.Гадиров, А.Г.Гамидова. Геодинамика. - Львов: 1(20), - Баку: - 2019. - с. 133-143.
 15. Гасанов А.Г. Глубинное строение и сейсмичность Азербайджана в связи с прогнозом нефтегазоносности. - Баку: Элм, - 2001. - 280 с.
 16. Гасанов А.Г. Ощутимые Землетрясения Азербайджана /- Баку: Элм, - 1983-2002 гг. - 2003. - 129 с.
 17. Геология Азербайджана. Тектоника. - т. 4. - 2005, - 506 с.
 18. Геология СССР. Азербайджанская ССР. Геологическое описание / Под ред. Ш.Р.Азизбекова. - Москва: Недра, - т. 47. - 1972, - 520 с.
 19. Дотдугев, С.И. Мезозойско-кайнозойская геодинамика Большого Кавказа. Геодинамика Кавказа. - Москва: Наука, - 1989. - с. 82-91.
 20. Етирмишли, Г.Д. Взаимосвязь очаговых зон землетрясений с глубинными разломами в Шамахи-Исмаиллинском районе за период 1993-2009 гг. «Сейсмопрогностические наблюдения на территории Азербайджана» / Г.Д.Етирмишли, Р.Р.Абдуллаева, С.Э.Казымова. - 2011.
 21. Захаров, В.С., Симонов Д.А. Анализ современных дискретных движений блоков земной коры в геодинамически активных областях по данным GPS // Вестн. Моск. ун-та.сер. 4. Геология, - 2010, № 3, - с.25-32.
 22. Зоненшайн, Л.П. Введение в геодинамику / Л.П.Зоненшайн, Л.А.Савостин. - Москва: Недра, - 1979. - 311 с.
 23. Зоненшайн, Л.П. Тектоника литосферных плит территории СССР [в 2-х кн.]

- / Л.П.Зоненшайн, М.И.Кузьмин, Л.М.Натапов. Недра, - Кн. 2. - 1990, - 334 с.
24. Кадилов, Ф.А. Сейсмическое районирование южного склона Большого Кавказа по фрактальным особенностям землетрясений, напряженному состоянию и по данным GPS скоростей / Ф.А.Кадилов, А.Г.Кадыров, Г.Р.Бабаев [и др.]. // Изв. РАН, Физика Земли, - 2013. №4, - с.1-9.
 25. Кадилов, Ф.А., Сафаров Р.Т.Деформация земной коры Азербайджана и сопредельных территорий по данным GPS-измерений // Известия НАН Азербайджана, Науки о Земле, - 2013. № 1, - с.47-55.
 26. Кадилов, Ф.А. Деформации земной коры в Азербайджане по GPS данным и их влияния на сейсмичность и грязевой вулканизм / Ф.А.Кадилов, И.С.Гулиев, А.А.Фейзуллаев [и др.] // Известия НАН. Физика Земли, -2014. № 6, с. 1-10.
 27. Кенгерли, Т.Н. Тектоническая расслоенность альпийского чехла Большого Кавказа в пределах Азербайджана / Автореф. дис. докт. геол.-мин. наук / - Баку: - 2009.
 28. Кенгерли, Т.Н. Шарьяжи в структуре Юго-Восточного Кавказа как индикатор аккреционного взаимодействия Северо- и Южно-Кавказской микроплит / Материалы международной конференции «Современное состояние наук о Земле», посвященной памяти В.Е.Хаина. - МГУ, - 2011, - с.849-854.
 29. Книппер, А.Л. Океаническая кора в структуре Альпийской складчатой области (юг Европы, западная часть Азии и Куба) // Труды ГИНАН СССР, - вып. 267. - Москва: Наука, - 1975.
 30. Кондорская, Н.В. Новый каталог сильных землетрясений на территории / Н.В.Шебалин - Москва: Наука, 1975 г. - 1977. - 536 с.
 31. Коптев, А. Численное моделирование термального состояния литосферы, распределения внутриплитных напряжений в литосферных складках Черноморско-Кавказско-Каспийского региона / А.Коптев, А.Ершов. Бюлл. Моск. Об-ва Испытателей Природы, Отд. Геол., - т. 86, - вып. 5, - 2011. - с. 3-11.

32. Копц, М.Л., Щерба И.Г. История позднеальпийского развития Восточного Кавказа // Геотектоника, - 1985. № 6, - с.94-108.
33. Костюк, А.Д. Деформация земной коры северного Тянь-Шаня по данным очагов землетрясений и космической геодезии / А.Д.Костюк, Н.А.Сычева, С.Л.Юнга [и др.] // Физика Земли, - 2010. № 3, - с. 52-65.
34. Лилиенберг Д.А. Опыт комплексного картирования современной геодинамики (на примере Азербайджанской ССР) / В сб.: Современные движения земной коры. Теория, методы, прогноз. - Москва: Наука, - 1980. - с. 65-76.
35. Любушин А.А. Анализ данных систем геофизического и экологического мониторинга. - Москва: Наука, - 2007. 228 с.
36. Макаров, В.И., Трапезников А.Ш. Изучение современных деформаций земной коры методами космической геодезии // Геоэкология, - 1996. № 3, - с.70-85.
37. Милюков, В.К. “Оценки скоростей современных движений северного Кавказа по GPS наблюдениям” / В.К.Милюков, А.П.Миронов, Е.А.Рогожин [и др.]. Геотектоника, - 2015. № 3, - с. 56-65.
38. Милюков, В.К. Спутниковый геодезический мониторинг зоны Владикавказского активного разлома: первые результаты / В.К.Милюков, А.П.Миронов, Г.М.Стеблов[и др.]. // Физика Земли. - Наука, - 2017. № 4, - с.110-117.
39. Миясиро, А. Орогенез / А.Миясиро, К.Аки, А.Дж.Шенгер. - Москва: Мир, - 1985. - 286 с.
40. Неотектоническая карта Азербайджана м-б 1:500 000. / Ф.С.Ахмедбейли, А.В.Мамедов, Н.Ш.Ширинов [и др.] - Баку, ГКГК, Бакинская картфабрика, - 1991.
41. Одуан, К. Измерение времени. Основы GPS. / К.Одуан, Б.Гино. ТЕХНОСФЕРА. Москва: [п.у.], - 2002. - 400 с.
42. Протосеня А.Г. Определение пространственного напряженно-деформированного состояния временной крепи железнодорожного тоннеля с

- учетом влияния рельефа земной поверхности / Беляков Н.А., А.Г. Протосеня, Н.А.Беляков // Известия ТкЛГУ. Науки о Земле, -2011.-Вып. 1, - с. 158-166.
43. Ребецкий, Ю.Л. Новые данные о природных напряжениях в области подготовки сильного землетрясения. Модель очага землетрясения // Геофизический журнал. - т. 29, - 2007. № 6, - с. 92-110.
44. Ребецкий, Ю.Л., Кучай, О.А., Маринин А.В. Напряженное состояние и деформации земной коры Алтае-Саянской горной области // Геология и геофизика. - т. 54, - 2013. № 2, - с. 271-291.
45. Рогожин, Е.А. Структура и современная геодинамика мегантиклинория большого кавказа в свете новых данных о глубинном строении / Е.А.Рогожин, А.В.Горбатиков, М.Ю.Степанова [и др.] // Геотектоника. - 2015. - № 2, - с.36-49.
46. Хаин, В.Е. Тектоника континентов и океанов (год 2000). - Москва: Научный мир, - 2001. - 606 с.
47. Халафлы, А.А. Реконструкция тектоники мезозойско-кайнозойских прогибов Малого Кавказа // Геофизика. - 2002. № 2, - с. 64-68.
48. Халафлы, А.А. Палеомагнетизм и проблемы сдвиговых деформации Малого Кавказа. - Баку: Тахсил, - 2006. - 210 с.
49. Шенгелая, Г.Ш. Гравитационная модель земной коры Кавказа, - Москва: Наука, - 1984. - 128с.
50. Шевченко, В.И. Современная геодинамика Кавказа (по результатам GPS измерений и сейсмическим данным) / В.И.Шевченко, Т.В.Гусева, А.А.Лукк [и др.]. // Физика земли. - 1999. № 9, - с.3-18.
51. Шихалибейли, Э.Ш. Некоторые проблемные вопросы геологического строения и тектоники Азербайджана. - Баку: Элм, - 1996. -216 с.
52. Якубов, А.А. Грязевые вулканы Азербайджанской ССР / А.А.Ализаде, М.М.Зейналов. - Баку: Элм, - 1971. - 257 с.
53. Яценко, В.Р. Геодезические исследования вертикальных движений земной коры. - Москва; Недра, - 1989. - 192 с.

54. Adamia, Sh.A. Tectonics of the Caucasus and adjoining regions: implications for the evolution of the Tethys ocean // *Journal of Structural Geology*, - 1981. - vol. 3, Issue 4. - p. 437-447.
55. Agayeva, S.T. Stress state of the Earth's crust in Azerbaijan. Recent geodynamics, georisk and sustainable development in the Black Sea to Caspian Sea region // *Conference proceedings of American Institute of Physics. New-York, USA, Melville,- 2006,-p. 97-102.*
56. Agayeva, S.T., Babayev G.R. Analysis of earthquake focal mechanisms for Greater and Lesser Caucasus applying the method of World Stress Map. Azerbaijan// *National Academy of Sciences. Proceedings of Geology Institute*, - Baku: -2009. № 2, - pp. 40-44.
57. Alizadeh, A.A. *Geosciences of Azerbaijan Geology* / A.A.Alizadeh, I.S.Guliyev, F.A.Kadirov [et al.]- Springer International Publishing, - 2016. - p. 237.
58. Alizadeh, A.A. *Geosciences of Azerbaijan. Economic Geology and Applied Geophysics/* A.A.Alizadeh, I.S. Guliyev, F.A. Kadirov [et al.] - Springer International Publishing, – 2017.-p.340.
59. Allen, M. Late Ceno-zoic reorganization of the Arabia-Eurasia collision and the comparison of short-term and long-term deformation rates / M.Allen, J.Jackson, R.Walker // *Tectonics*, - 2004. - p. 1-16.
60. Anderson, E.M. *The dynamics of faulting and dyke formation with application to Britain*, 2nd ed./ Edinburgh: Oliver and Boyd,-1951.
61. Angelier, J. Determination of the mean principal directions of stresses for a given fault population // *Tectonophysics*, 56, - 1979. T17-T26.
62. Angelier, J. Inversion of earthquake focal mechanisms to obtain the seismotectonic stress IV - a new method free of choice among the nodal planes/ *Geophys. J.// Int.*,150, - 2002. - p. 588-609.
63. Arnold, R., Townend J.A Bayesian approach to estimating tectonic stress from seismological data// *Geophys. J. Int.*, - 2007. -p.1336-1356.
64. Babayev, G.R. Analysis of earthquake focal mechanisms for Greater and Lesser Caucasus applying the method of World Stress Map // *Azerbaijan National*

- Academy of Science. Catalogue of Azerbaijan Republican Seismological Center, - 2009. - p. 67-74.
65. Babayev, G. Scenario-based earthquake hazard and risk assessment for Baku (Azerbaijan) / G.Babayev, A.Ismail-Zadeh, J.-L Le Moüel // Nat Hazards Earth Syst. Sci., 10, - 2010. - p. 2697-2712.
 66. Babayev, G., Telesca L. Strong motion scenario of 25th November 2000 earthquake for Absheron peninsula (Azerbaijan) // Natural Hazards, 73, - 2014. - p. 1647-1661.
 67. Bada, G. Role of topography-induced gravitational stresses in basin inversion: The case study of the Pannonian basin / G.Bada, F.Horvath,S.Cloetingh [et. al] // Tectonics, - 2001. - vol. 20. - p. 343-363.
 68. Bada, G. Societal aspects of ongoing deformation in the Pannonian region / G.Bada, F.Horváth, L.Tóth [et al.] // The AdriaMicroplate: GPS Geodesy, Tectonics and Hazards. NATO ARW Series,- 2005. Kluwer Academic Publishers, - vol. 61, - pp. 385-402.
 69. Barka, A., Reilinger,R. Active tectonics of the Eastern Mediterranean region: deduced from GPS, neotectonic and seismicity data // Annali di geofisica, - vol. XL, - 1997. No 3, - pp. 587-610.
 70. Barth, A. Wenzel, F., Giardini D. Frequency sensitive moment tensor inversion for light to moderate magnitude earthquakes in eastern Africa // Geophys. Res. Lett., - 2007. - L15302.
 71. Bird, P. An updated digital model for plate boundaries / Geochem. Geophys. Geosyst., -2003.-402 s.
 72. Bossier, J.D., Goad, C.D., BenderP.L.Using the Global Positioning System (GPS) for geodetic positioning // Bulletin Geodesique, - 1980. - vol. 54, N 4, - pp.553-563.
 73. Bott,M.H.P. The mechanics of oblique slip faulting // Geol. Mag.,-1959.-p.109-117.
 74. Byerlee,J.D. Friction of rocks // Pure Appl. Geophys., -1978. - p.615-626.
 75. Calais, E. GPS, earthquakes, the ionosphere, and the Space Shuttle / E.Calais,

- J.B.Minster // Physics of the Earth and Planetary interiors, - 1998. - vol. 105, N 3.- pp. 167-181.
76. Calais E. GPS theory and principles. ICTP // Trieste, - 2009. August 24. <http://indico.ictp.it/event/a08176/session/71/contribution/56/material/0/0.pdf>
77. Cowgill, E. Orogen-scale structural architecture and potential seismic sources resulting from Cenozoic closure of a relict Mesozoic ocean basin in the Greater Caucasus // Spring AGU Meeting, - 2012. - S43J-07.
78. Dahm, T., Krüger F. Higher-degree moment tensor inversion using far-field broadband recordings: theory and evaluation of the method with application to the 1994 Bolivia deep earthquake // Geophys. J. Int., 137, - 1999. - p. 35-50.
79. Dewey, J.F. Plate tectonics and the evolution of the Alpine system / J.F.Dewey, W.C.Pitman, W.B.F.Ryan [et al.] // Geol.Soc.Am.Bull.84, - 1973. - p3137-3180.
80. Dong, D. Estimating regional deformation from a combination of space and terrestrial geodetic data / D.Dong, T.A.Herring, R.W.K.Geodesy [et al.] // Journ. Geodesy,- 1998.- p.200-214.
81. Djamour, Y. GPS and gravity constraints on continental deformation in the Alborz mountain range, Iran / Y.Djamour, P.Vernant, R.Bayer [et al.] // Geophysical Journal International, - 2010, - vol.183, N 3, - pp. 1287-1301.
82. Dziewonski, A.M. Chou, T.-A., Woodhouse J.H. Determination of earthquake source parameters from waveform data for studies of global and regional seismicity // J. Geophys. Res., 86, - 1981. - p.2825-2852.
83. Ferhat, G. Geodetic measurement of tectonic deformation in the Southern Alps and Provence / G.Ferhat, K.L.Feigl, J.F.Ritz [et al.] // Earth Planet. Sci. Lett. 159 - France, - 1998. - p 35-46.
84. Fleitout, L. Tectonics and topography for a lithosphere containing density heterogeneities / L.Fleitout, C.Froidevaux // Tectonics, - 1982.- vol. 1, - p. 21-56.
85. Gephart, J.W., Forsyth D.W. An Improved Method for Determining the Regional Stress Tensor Using Earthquake Focal Mechanism Data Application to the San Fernando Earthquake Sequence // J. Geophys. Res., 89, - 1984. - p.9305-9320.
86. Guochang X. GPS theory, algorithms and applications. Springer, - 2003. - p.315.

87. Hager, B.H., King R.W. and Murray M.H. Measurement of crustal deformation using Global Positioning System // Annu. Rev. Earth Planet. Sci, - 1991. - vol. 19, N 2, - pp. 351-382.
88. Hardebeck J.L., Jost, M.L., Hermann, R.B. Stress orientations at intermediate angles to the San Andreas Fault, California // J. Geophys. Res., - 1989. - p. 37-57.
89. Hashimoto M. Numerical Modelling of the Three-dimensional Stress Field in Southwestern Japan// Tectonophysics 84, - 1982. - p. 247-266.
90. Heidbach O., Barth A., Connolly P., Fuchs K., [Stress Maps in a Minute: The 2004 World Stress Map Release: Eos Trans.,] / - 2004. - p. 521-529. London
91. Heidbach, O. The World Stress Map database release / O.Heidbach, M.Tingay, A.Barth [et al.] // Tectonophysics, - 2008. 482: p.3-15
92. Herring T.A. Global Kalman Filter VLBI and GPS Analysis Program M.I.T.-Cambridge, -2002. March -25. p. 1-94.
93. Herring T.A. Introduction to GAMIT/GLOBK. Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences Massachusetts Institute of Technology / T.A.Herring, R.W.King, S.C.McClusky. - 2008. - 36 p.
94. Herring T.A. GAMIT Reference Manual. GPS Analysis at MIT/ T.A.Herring, R.W.King// Release 10.6. - 2015. - p. 68.
95. Hofmann-Wellenhof B. Global Positioning System Theory and Practice / B.Hofmann-Wellenhof, H.Lichtenberger and J. Collins // Springer Wien New York, - 2001. - p. 382.
96. Ismail-Zadeh A. Three-dimensional modeling of present-day tectonic stress beneath the earthquake-prone southeastern Carpathians based on integrated analysis of seismic, heat flow and gravity observations / A.Ismail-Zadeh, B.Müller and G.Schubert // Phys. Earth. Planet. Int., - 2005. - vol. 149, - p. 81-98.
97. Jackson J. Partitioning of strike-slip and convergent motion between Eurasia and Arabia in eastern Turkey // J. Geophys. Res. 97, - 1992. - pp. 12471-12479.
98. Jost, M.L. A Student's Guide to and Review of Moment Tensors, Seism. Res. Lett./ M.L.Jost, R.B.Hermann // - 1989. - 60, - p. 37-57.
99. Kadirov F. Gravity model of lithosphere in the Caucasus-Caspian region. In:

- South-Caspian Basin: geology, geophysics, oil and gas content. - Baku: Nafta-Press, - 2004. - pp. 107-121.
100. Kadirov F. Some new data on modern tectonic deformation and active faulting in Azerbaijan (according to Global Positioning System measurements). / F.Kadirov, S.Mammadov, R.Reilinger, S.McClusky. // Proc. Sci. Earth Azerbaijan Natl. Acad. Sci. - 2008. - 1, - p. 82-88.
 101. Kadirov A. G. Monitoring and seismicity of collision zone of Azerbaijan part of Greater Caucasus / A.G. Kadirov, S.T. Agayeva, F.A.Aliyev [et al.]// Azerbaijan National Academy of Sciences.Proceedings of Geology Institute, -2009. № 3, - pp. 25-37.
 102. Kadirov F. Kinematics of the eastern Caucasus near Baku, Azerbaijan/ F.Kadirov, M.Floyd, A.Alizadeh[et al.] // J. Natural Hazards, -2012. - vol. 63, Issue 2, - pp. 997-1006.
 103. Kadirov F.A. GPS-based crustal deformations in Azerbaijan and their influence on seismicity and mud volcanism / F.A.Kadirov, I.S.Guliyev, A.A.Feyzullayev [et al.] // Physics of the Solid Earth, -2014. -p.814-823.
 104. Kadirov F.A. Active geodynamics of the Caucasus region: implications for earthquake hazards in Azerbaijan / F.A.Kadirov, M.Floyd, R.Reilinger, A.Alizadeh [et al.] // Proceedings of Azerbaijan National Academy of Sciences, The Sciences of Earth, - 2015. - vol. 3, - p.3-17.
 105. Khattri K. Earthquake focal mechanism studies // A review, Earth Sci., -1973. Rev. 9, -p.19-63.
 106. Kreemer C. A geodetic plate motion and Global Strain Rate Model / C.Kreemer, G.Blewitt, E.Klein // American Geophysical Union Publication,- 2014. -pp. 3849-3889.
 107. Kisslinger C. Procedures for computing focal mechanisms from local (SV/P) data / C.Kisslinger, J.R.Bowman and K.Koch // Bull. Seism. Soc. Am. 71, - 1981. - p. 1719-1729.
 108. Lanbo, L., Zoback, M.The effect of topography on the state of stress in the Crust: Application to the site of the Cajon Pass scientific drilling Project// Journal of

- Geophysical Research, - 1992. - vol. 97, N. B4, - pp. 5095-5108.
109. Luciano Telesca. Spectral and informational analysis of seismicity: an application to the 1996-2012 seismicity of Northern Caucasus-Azerbaijan part of Greater Caucasus-Kopet Dag Region. *Physica-A Statistical Mechanics and Its Applications/ T.Luciano M.Lovallo, G.Babayev, F.Kadirov // J.physa.* -2013. - vol. 392, - pp. 6064-6078.
 110. Lund, B. Townend, J. Calculating horizontal stress orientations with full or partial knowledge of the tectonic stress tensor // *Geophysical Journal International.* 170, - 2007. - p.1328-1335.
 111. Malekzade Z. Block rotation induced by the change from the collision to subduction: Implications for active deformations within the areas surrounding South Caspian Basin // *Marine Geology.* 1 October 2018, - vol. 404, - p. 111-129.
 112. McCaffrey, R., Time-dependent inversion of three-component continuous GPS for steady and transient sources in northern Cascadia, *Geophysical Research Letters,* 36, - 2009, L07304, doi:10.1029/2008GL036784.
 113. McClusky S. GPS constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus / S.McClusky, A.Balassania, A.Barka [et al.] // *J. Geophys. Res.,* 105, - 2000. - p. 5695-5719.
 114. McKenzie D.P. The relation between fault plane solutions for earthquakes and the directions of the principal stress // *Bull. Seism. Soc. Am.,* 59, - 1969. -p. 591-601.
 115. McKenzie D.P. Plate Tectonics of the Red Sea and East Africa / D.P.McKenzie, D.Davies, P.Molnar//*Published Nature,* - 1970. April 18 . - vol. 226, - p. 243-248.
 116. McKenzie D.P. Active tectonics of the Mediterranean region, *Geophys // J. R. Astron. Soc.,* 30, - 1972. - p.239-243.
 117. McQuarrie N. Cenozoic evolution of Neotethys and implications for the causes of plate motions / N.McQuarrie, J.Stock, C.Verdel and B.P. Wernicke // *Geophys. Res. Lett.,* - 2003. - p.1-4.
 118. Michael A.J. Determination of stress from slip data: Faults and folds // *J. Geophys. Res.,* 89, - 1984. - p. 11,517-11,526.
 119. Michael A.J. Use of Focal Mechanisms to Determine Stress: A Control Study // *J.*

- Geophys. Res., 92, - 1987. - p.357-368.
120. Molnar P. Some simple physical aspects of the support, structure, and evolution of mountain belts / P.Molnar, H.Lyon-Caen // Geological Society of America, Special Paper,- 1988.vol. 218,-p. 179-207.
 121. Mousavi Z. Global Positioning System constraints on the active tectonics of NE Iran and the South Caspian region / Z.Mousavi, A.Walpersdorf, R.T.Walker [et al.] // Earth and Planetary Science Letters. 377,-2013. - p.287-298.
 122. National Geophysical Data Center. ETOPO5 bathymetry and topography data. Data Announc. 88-MGG-02. NOAA. Boulder. Colorado. - 1988. (mgg.info@noaa.gov)
 123. Nemčok M. Neotectonics of the Caucasus and Kura valley, Azerbaijan / M.Nemčok, A.Feyzullayev, A.Kadirov[et al.]// Global Engineers & Technologist Review 1, -2011.- pp. 1-14.
 124. Nilforoushan F. GPS network monitors the Arabia-Eurasia collision deformation in Iran / F.Nilforoushan, F.Masson, P.Vernant [et al.] // Journal of Geodesy. 77,- 2003. -pp. 411-422.
 125. Okada,Y., Surface deformation due to shear and tensile faults in a half-space / Bull. Seismol. Soc.Am. - 1985. - 75, - p. 1135-1154.
 126. Philip H. The Caucasus: An actual example of the initial stages of continental collision / H.Philip, A.Cisternas, A.Gvishiani [et al.] // Tectonophysics 161, - 1989. -p. 1-21.
 127. Randolph M. The Caucasus seismic information network study and its extension into Central Asia / M.Randolph, L.Mary, Krasovec, Spring Romer [et al.] // Vergino. 27th Seismic Research Review Ground-Based Nuclear Explosion Monitoring Technologies, - 2015.- pp. 71-78.
 128. Rivera, L.Cisternas, A.Stress tensor and fault plane solutions for a population of earthquakes // Bull. Seism. Soc. Am. 80, - 1990. - p. 600-614.
 129. Robertson A.H.F. Mesozoic-Tertiary tectonic evolution of a south Tethyan ocean basin and its margins in southern Turkey, in Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area edited by E. Bozkurt / A.H.F.Robertson,

- J.A.Winchester, J.D.A.Piper // Geol. Soc. Spec. Pub. London 173, - 2000. - p.97-138.
130. Ruppel C. Regional compensation of the Greater Caucasus mountains based on an analysis of Bouguer gravity data / C.Ruppel, M.McNutt // Earth and Planetary Science Letters, - 1990. - vol. 98, - p. 360-379.
131. Reilinger R.E. Global Positioning System measurements of present-day crustal movements in the Arabia-Africa-Eurasia plate collision zone / R.E.Reilinger, S.C.McClusky, M.B.Oral [et al.] // Journal of Geophysical Research: Solid Earth (1978-2012), -1997. - vol. 102, N B5, - pp.9983-9999.
132. Reilinger R.E. Preliminary estimates of plate convergence in the Caucasus collision zone from global positioning system measurements / R.E.Reilinger, S.C.McClusky, B.J.Souter [et al.] // Geophysical research letters, - 1997. - vol. 24, N 14, -pp.1815-1818.
133. Reilinger R. GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions / R.Reilinger, S.McClusky, P.Vernant [et al.] // Journal of Geophysical Research: Solid Earth (1978-2012), - 2006. - vol.111, - p. 1-26.
134. Reilinger R.E. Present-day kinematics of the Arabia-Eurasia collision zone and some possible implications for lithospheric dynamics / R.E.Reilinger, S.McClusky, P.Vernant [et al.] // AGU Fall Meeting Abstracts, - 2009. - vol.1, - p.1534.
135. Priestley, K. Jackson, J.McKenzie, D.Lithospheric structure and deep earthquakes beneath India, the Himalaya and southern Tibet// Geophysical Journal International, -2008. - vol. 172, N 1,-pp.345-362.
136. Sagiya T. Continuous GPS array and present-day crustal deformation of Japan / T.Sagiya, S.Miyazaki, T.Tada // PAGEOPH , - 2000. - p. 2303-2322.
137. Segall, P., Davis, J.GPS applications for geodynamics and earthquake studies // Annual Review of Earth and Planetary Sciences, - 1997. - v.25, No 1, -pp.301-336.
138. Sengor A.M.C. Strike slip faulting and related basin formation in zones of tectonic

- escape: Turkey as a case study, in: Strike slip Faulting and Basin Formation / A.M.C.Sengor, N.Gorur, F.Saroglu // Soc. Econ. Paleont. Min. Spec. Pub., - 1985. - vol. 37, - pp. 227-264.
139. Sbar M.L. Tectonics of the Intermountain Seismic Belt, western United States, Microearthquake seismicity and composite fault plane solutions / M.L.Sbar, M.Barazangi, J.Dorman [et al.] // Geological Society of America Bulletin. 83, - 1972. - p.13-28.
140. Sbar M.L. Contemporary compressive stress and seismicity in eastern North America, An example of intraplate tectonics / M.L.Sbar, L.R.Sykes // Geol. Soc. Am. Bull., 84, - 1973. - p.1861-1882.
141. Shen Z. Crustal deformation across and beyond the Los Angeles Basin from geodetic measurements / Z.Shen, D.D.Jackson, B.X.Ge // J. Geophys. Res., - 1996. - V. 101 (B12). - p. 27957-27980.
142. Smith A.G. Alpine deformation and the oceanic areas of the Tethys, Mediterranean and Atlantik// Geol.Soc.Am.Bull.82, -1971. - p.2039-2070.
143. Sokhadze G. Active convergence between the Lesser and Greater Caucasus in Georgia /G.Sokhadze, M.Floyd, T.Godoladze, R.King // Constraints on the tectonic evolution of the Lesser-Greater Caucasus continental collision. Earth and Planetary Science Letters, - 2018. January 1. - vol. 1, - p. 154-161.
144. Stein S. An introduction to seismology, earthquakes, and earth structure/S.Stein, M.Wyssession// Blackwell Publishing,-2003. - p.1-38.
145. Townend J. What do Faults Feel Observational Constraints on the Stresses Acting on Seismogenic Faults, Earthquakes// Radiated Energy and the Physics of Faulting Geophysical Monograph Series170,- 2006.-p. 313-327.
146. Townend, J., Zoback, M.D.Stress, strain, and mountain building in central Japan // J. Geophys. Res., 111, - 2006. - p.1-11.
147. Telesca L. Babayev, M.Kadirov, G.Spectral and informational analysis of seismicity: an application to the 1996-2012 seismicity of Northern Caucasus-Azerbaijan part of Greater Caucasus-Kopet Dag Region Physica A Lavallo // J.physa., - 2013. - pp. 6064-6078

148. Telesca L. Statistical analysis of the 2003-2016 seismicity of Azerbaijan and surrounding areas/ L.Telesca, F.Kadirov, G.Yetirmishli [et al.] // Journal of Seismology, - 2017. - vol. 21, Issue 6, - pp. 1467-1485.
149. Telesca L. Joint Use of Seismological and Topological Statistical Methods for the Analysis of 2010-2016 Azerbaijan Seismicity / L.Telesca, F.Kadirov, G.Yetirmishli[et al.] // Pure and Applied Geophysics, - 2018. July 13. - pp.1-15.
150. Triep E.G. Active thrust front of the Greater Caucasus.1991 Racha earthquake sequence and its tectonic implications / E.G.Triep, G.A.Abers, A.L.Lerner-Lam [et al.] // J. Geophys. Res., -1995.April 29. N 100, - p. 4011-4033.
151. Vernant Ph. Present-day crustal deformation and plate kinematics in the Middle East constrained by GPS measurements in Iran and northern Oman / Ph.Vernant, F.Nilforoushan, D.Hatzfeld [et al.] // Geophysical Journal International,- 2004. April. - vol.157, Issue1. - p. 381-398.
152. Wallace R.E. Geometry of shearing stress and relation to faulting // J. Geol., 59, - 1951. - p. 118-130.
153. Walters, R.J. England, P.C., Houseman G.A.Constraints from GPS measurements on the dynamics of the zone of convergence between Arabia and Eurasia // Journal of Geophysical Research, Solid Earth, - 2017. - p.1470-1495.
154. Yamasaki, T., Seno, T.High strain rate zone in central Honshu resulting from the viscosity heterogeneities in the mantle, Earth Planet // Sci. Lett., 232, - 2005. - pp. 13-27.
155. Yetirmishli, G.J. Mammadli, T.Y., Kazimova, S.E.Features of seismicity of Azerbaijan part of the greater Caucasus // Journal of Georgian Geophysical Society, - 2013. - V. 16a, - pp. 55-60.
156. Yetirmishli G.J. Focal and Dynamic Parameters of Strong Earthquakes on the Territory of Azerbaijan for the Period 2005-2015/ G.J.Yetirmishli, S.E.Kazimova// Fluid Mech Open Acc 4,-2017. – pp. 2-6.
157. Yetirmishli G.J. Types of tectonic movements of seismogenic regions of Azerbaijan by mechanisms of earthquake foci / G.J.Yetirmishli, S.E.Kazimova // Geological-geophysical studies of the deep structure of the Caucasus: geology and

- geophysics of Caucasus, Vladikavkaz, -2017.- p. 20-25.
158. Zoback M.L., Zoback, M.D. Faulting patterns in north-central Nevada and strength of the crust // Journal of Geophysical Research, 85, - 1980. - p. 275-284.
 159. Zoback M.L. New Evidence of the State of Stress of the San Andreas Fault System / M.L.Zoback , V.S.Mount, J.Suppe [et al.] // Science, - 1987. - p.1105-1111.
 160. Zoback, M. First and second order patterns of tectonic stress: The World Stress Map Project // Journal of Geophys. Res. 97, -1992.- pp. 11703-11728.
 161. Zoback, M., Mooney, W. Lithospheric Buoyancy and Continental Intraplate Stresses / M.Zoback // International Geology Review, 45, -2003v.- p. 95-118.
 162. <https://www.e-education.psu.edu/geog862/node/1768>)
 163. <https://www.gps.gov/multimedia/images/GPS-control-segment-map.pdf>
 164. <http://indico.ictp.it/event/a08176/session/71/contribution/56/material/0/0.pdf>.
 165. <http://bowie.mit.edu>
 166. <http://unavco.org>
 167. <http://www.globalcmt.org>
 168. <http://www.world-stress-map.org/casmo>