

ИССЛЕДОВАНИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И АСПИРАНТОВ

© А.Р.Алиева, 2018

ДОМИНАНТНЫЕ ЧАСТОТЫ КОЛЕБАНИЙ ГРУНТА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ГАММА-ПОЛЕ И УРОВЕНЬ ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ ПОДПОЧВЕННОГО РАДОНА (на примере г.Баку)

А.Р.Алиева

Институт геологии и геофизики НАНА
AZ1143, Баку, просп. Г.Джавида, 119

В статье сопоставлены параметры характеристик грунта, установленные микротреморами измерениями, и естественное радиационное и радоновое поля центральной части г. Баку. Выявлена зависимость концентрации радона от доминантной (резонансной) частоты и коэффициента усиления амплитуды колебаний грунта, а также от интегральной радиоактивности грунта. Была отмечена определенная зависимость концентрации радона и интегральной радиоактивности от типа почв. Наиболее низкие значения обоих параметров характерны для песков, а наиболее высокие – разуплотненных пород с включением суглинков, гравия и глины.

Введение

Радиационное поле земной поверхности, или иначе поле ионизирующих излучений, складывается под влиянием радиоактивного распада естественных и искусственных радионуклидов, содержащихся в окружающей нас среде. Радиоактивные поля земной поверхности индивидуальны для каждого региона.

В формировании радиоактивного фона окружающей среды участвуют многие радиоактивные элементы и продукты их распада, одним из которых является газ радон (Rn-222). Естественным источником радона служат породы литосферы как магматические, так и осадочные (глины, сланцы и т.д.), в которых радон образуется при распаде материнского изотопа радия (Ra-226).

Радон используется в качестве одного из индикаторов изменений в окружающей среде. Зоны с интенсивной флюидодинамикой (зоны активных тектонических нарушений, грязевые вулканы и др.) проявляются аномальными значениями этого газа (Алиев и др., 2003). Он также относится к предвестникам землетрясений (Алиев, 2010).

Целью данной работы является: сопоставление параметров характеристик грунтов, установленных микротреморами измерениями, и

естественного радиационного и радонового поля центральной части г. Баку, выявление зависимости концентрации радона от доминантной (резонансной) частоты, коэффициента усиления амплитуды колебаний и от интегральной радиоактивности грунта.

Изученность вопроса

Одной из первых работ, посвященных изучению газового режима в приповерхностных отложениях в искусственно созданном вибросейсмическом поле, является исследование, проведенное в Белорусском Полесье (Николаев и др., 1984). Здесь в качестве источника вибросейсмических колебаний в почвенных и подпочвенных отложениях был использован вибратор с вибrotройкой силой 50 т, работавший в режиме излучения гармонического сигнала частотой от 1 до 40 Гц. В результате этих экспериментальных работ было установлено существенное изменение химического состава газовой смеси в наблюдательных скважинах на различных расстояниях от вибростанции и при различных режимах его работы, обусловленном, по мнению авторов, механохимическими процессами.

Позднее на этом же полигоне в поле вибродействия учеными Института геологии

Академии наук Азербайджана были проведены наблюдения за вариациями в приповерхностных отложениях радона (Фейзуллаев, 1991). Измерения потока радона осуществлялись альфа-трековым методом. Результаты наблюдений показали, что вибродействие на породы способствует дополнительному выходу подпочвенного радона. При этом было установлено, что при прочих равных условиях (расстояние до вибростанции – 13-15 м, а время вибродействия – 5-10 мин.) интенсивность его выхода зависит от частоты колебаний: наибольшее его эманиции наблюдаются при вибрации с частотой 18 Гц, наименьшие – 16 и 19-20 Гц. Наибольший выход радона отмечается в первые 4-6 мин. вибродействия.

Факт наличия определенных избирательных частот, при которых прослеживаются максимальные амплитуды флюидной динамики, установлен по другим параметрам наблюдения (уровень воды, различные газовые компоненты) независимыми исследованиями и других ученых (Коробейник, Гурвич, 1985; Аммосов, 1986; Киссин и др., 1987).

Рост выхода подпочвенного радона во время вибродействия дает основание говорить об импульсном усилении интенсивности газовых потоков в целом во время землетрясений в сейсмоактивных областях по сравнению с асейсмичными районами.

Предмет и методика исследования

В пределах г.Баку в 2012-2014 гг. были проведены микротреморные измерения, которые позволили выявить особенности изменения в пространстве коэффициента усиления амплитуды колебания и доминантных (резонансных) частот колебаний грунта (Кадиров и др., 2012; Kadirov et al., 2012).

Микротреморные измерения проводились акселерографом Guralp CMG-5TD. Измерения выполнялись с шагом 200-250 м в 200 точках г.Баку. Координаты точек измерения определялись с использованием GPS в системе WGS-84. По полученным данным были построены карта доминантных частот грунтов и карта коэффициента усиления амплитуд колебаний для города Баку (рис. 1).

В результате проведенных исследований было выявлено влияние неоднородности грунтов на их резонансные свойства. В отдельных зонах города Баку наблюдается повышение доминантных частот на фоне низких значений

коэффициента усиления амплитуд колебаний грунта. Это говорит о том, что, возможно, в этих зонах состав грунтов неоднороден, а именно: на фоне твердых пород наблюдаются рыхлые разуплотненные породы с включениями песков, гравия-галки, а в ряде случаев и поднасыщенные пески и глины. Последние проследуются главным образом в прибрежной части города.

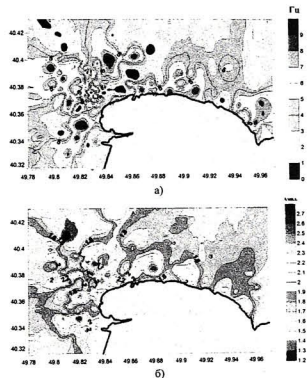


Рис. 1. Карта распределения доминантных (резонансных) частот колебаний грунта (а) и карта коэффициента усиления амплитуд колебаний грунта (б) для города Баку (Кадиров и др., 2012)

С целью изучения влияния изменчивости грунтов, их доминантных частот и коэффициента усиления амплитуд колебаний на радиоактивный фон и концентрацию радона был отработан профиль в центральной части г. Баку: от ул. Фаика Юсифова до ул. Дашада Буниязтепа. Профиль проходит через зоны повышенных доминантных частот грунтов и карта коэффициента усиления амплитуд колебаний грунта. Для изучения радиационной обстановки на данном профиле также была проведена пешеходная гамма-съемка. Данные о типах почв и грунтов были заимствованы из альбома гидрогеологических карт Абшеронского полуострова (Исрафилибеков и др., 1983).

Следует отметить, что измерения концентрации радона на территории Азербайджана, в том числе и на территории Абшерского полуострова, были проведены в 2010-2011 гг. (Veliyeva et al., 2012). Детальные исследования были проведены также и на территории г. Баку (рис. 2).

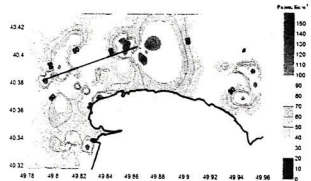


Рис. 2. Карта распределения объемной активности радона на территории г.Баку и месторасположение исследуемого профиля

Обсуждение результатов

Анализ данных замеров концентраций радона вдоль исследуемого профиля выявил зависимость их значений от комплекса факторов. Установлена прямая зависимость концентрации радона от доминантных частот и коэффициента усиления амплитуд колебаний грунта (рис. 3). В рассмотренном интервале доминантных частот наиболее высокие значения радона наблюдаются при частотах около 10 гц и коэффициенте усиления амплитуд колебаний грунта примерно 1,9-2,1. Вполне естественна и установленная прямая зависимость между концентрацией радона и интегральной радиоактивностью грунта (см. рис. 3).

Из приведенных ниже таблиц (табл. 1, 2) видно, что прослеживается определенная зависимость концентрации радона и интегральной

радиоактивности от типа почв: как и ожидалось, наиболее низкие значения обоих параметров характерны для песков, а наиболее высокие – разуплотненных пород с включением сутлинков, гравия и глины.

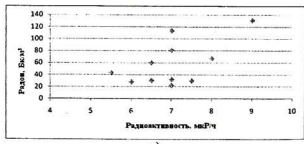
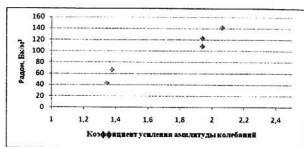
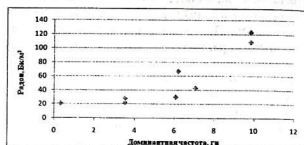


Рис. 3. Зависимости изменения концентрации радона от доминантной частоты колебаний грунта (а); от коэффициента усиления амплитуды колебаний грунта (б); от интегральной радиоактивности грунта (в)

Таблица 1

Изменение концентрации радона в зависимости от типа почвы

Тип почв	Количество точек	Пределы изменения, Бк/м³	Среднее значение, Бк/м³
Пески	7	21-131	46
Известняки	6	37-123	68
Переслаивание сутлинков, известняков и глины	7	21-142	75

Изменение интегральной радиоактивности в зависимости от типа почвы

Таблица 2

Тип почв	Количество точек	Пределы изменения, мкР/ч	Среднее значение, мкР/ч
Пески	7	5-8,5	6,5
Известняки	4	5-9	7
Переслаивание сутлинков, известняков и глины	9	6-8	7,2

Выводы

Таким образом, проведенные исследования выявили совокупное влияние на концентрацию радона в почве комплекса факторов, таких как радиоактивность грунта, тип почвы, доминантные (резонансные) частоты колебаний и коэффициент усиления амплитуд колебаний грунта.

ЛИТЕРАТУРА

- АЛИЕВ, Ч.С. 2010. Реакция радонового поля земной поверхности на землетрясение. Дегазация Земли: геотектоника, геохимия, геофлюиды, нефть и газ, углеводороды и жидки. В материалах *Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения академика П.Н. Кротова*. 18-22 октября 2010 г., Москва, 26-29.
- АЛИЕВ, Ч.С., ЗОЛотоВИЦКАЯ, Т.А., ФЕЙЗУЛЛАЕВ, А.А. 2003. Природа радиоактивных полей некоторых трещин вулканов Восточного Азербайджана. *Известия ИАИГ. Научн. о Земле*, 2, 51-57.
- АММОСОВ, С.М. 1986. Первые результаты экспериментов по механо-химическому образованию углеродистых газов в природных условиях. В тезисах докладов 2-го Всесоюзного совещания по геологии угля. Москва, 312-314.
- ИСРАФИЛБЕКОВ, И.А., ЛИСТЕНГАРТЕН, В.А., ШАХСУВАРОВА, А.С. 1983. Альбом гидрогеологических карт Апшеронского полуострова масштаба 1:50 000. Главное управление геологии и картографии при Совете министров СССР. Москва.
- КАДИРОВ, Ф.А., БАБАЕВ, Г.Р., ГАДИРОВ, А.Г., САФАРОВ, Р.Р., МУХТАРОВ, А.Ш. 2012. Микросейсмическое районирование города Баку по данным микроформных измерений. В кн.: *Проблемы снижения природных опасностей и рисков. Материалы Международной научно-практической конференции «ГЕОРИСК 2012»*. Том 1. Российский Университет Дружбы Народов, Москва, 94-98.
- КИССИН, И.Г., БАРАБАНОВ, В.Л., ГРИНЕСКИЙ, А.О. 1987. Об эффектах вибрационного воздействия на водо- и нефтенасыщенные пласты. Препринт ИФЗ АН СССР, 4, 19 с.
- КОРОБЕЙНИК, Г.С., ГУРВИЧ, В.И. 1985. Газогеохимические эффекты при динамическом воздействии на геологическую среду. Геофизические и геохимические методы при решении экономических и техногенных проблем на урбанизированных территориях. ВНИИЯГТ. Москва, 80-85.
- НИКОЛАЕВ, А.В., АММОСОВ, С.М., ВОЙТОВ, Г.И. и др. 1984. О летучих продуктах в сейсмообластном ядре подпочвенного слоя. *Доклады АН СССР*, 279, 6, 1444-1450.
- ФЕЙЗУЛЛАЕВ, А.А. 1991. О роли сеймотектонического фактора в дегазации Земли. В материалах III Всесоюзного совещания: *Дегазация Земли и геотектоника*. Наука, Москва, 56-57.
- KADIROV, F., BABAYEV, G., GADIROV, A. 2012. Analysis of horizontal to vertical spectra of microseisms for Baku city. *IV International Conference "Problems of Cybernetics and Informatics" (PCI 2012)*, 96-98.
- VELIYEVA, F.F., ALIYEV, Ch.S., FEYZULLAYEV, A.A., BAGHIRLI, R.J., PAMPURI, L., HOFFMANN, M., VALSANGIACOMO, C. 2012. Indoor radon mapping in Azerbaijan. *11th International workshop on the geological aspects of radon risk mapping*. Prague. 260-268.

Рецензент: академик Ф.А.Кадиров

© G.R.Sadıqova, 2018

XƏZƏR DƏNİZİNİN QƏRB SAHILI LİTOSFERİNİN QEYRİ-BİRCİNSLİLİYİ, DƏRİNLİK QURULUŞU VƏ MÜASİR GEODİNAMİK XARAKTERİSTİKASI

G.R.Sadıqova

AMEA Geologiya və Geofizika İnstitutu
AZ1143, Bakı şəh., H.cavid prosf.,119

Məqalədə Xəzər dənizinin qərb sahili boyu uzanan Samur-Bakı profilinin qeyri-bircins sıxlıq modelindən istifadə edilərək 2D qravitasiya modeli qurulmuş və profilin geodinamik xarakteristikaları tədqiq edilmişdir. 2D qravitasiya modeli Yer qabığının üst sərhədlərindən və Moxo sərhədinin sıxlıq sərhədləri hesabına üsulla ilə tərtib olunmuş, bazalt (28-32 km) və Moxo sərhədləri (47-57 km) daşıqlaşdırılmışdır. Profilboyu müasir şaquli və üfqi hərəkətlərin sürət ayrıları təhlil edilmiş və Yer qabığında gərginliktoplanma zonaları müəyyənləşdirilmişdir. Samur-Bakı profilinin geodinamik şəraitinə təsas nətəcəsinə əlavə hiss edən gərginlik yatacaq zəlzələlərin ocaq radiusu və maqnitudası müəyyən edilmişdir.

Giriş

Regional geofiziki profilər boyu (geotransverslər) Yer qabığının dərinlik geoloji quruluşunun tədqiq geologiyasının prioritet istiqamətlərindən biridir (Xain, 1979; Зоненшайн и др., 1990; Пучков, 2000). Qusar-Şabran (Dəvəçi) çökəkliyinin Yer qabığı quruluşunun plitələr tektonikası konsepsiyasında təkamül prosesi, faydalı qazıntıların proqnozunu və axtarışı kimi problemlər bu gün də alimlərin diqqət mərkəzindədir. Regionun tədqiqinin aktuallığı onun formalaşmasının və dinamikasının əsas fundamental problemlərindən əlavə, neft-qaz yataqlarının aşkaredilmə perspektivliyi və regionda mövcud olan infrastruktur üçün (Bakı-Novorossiysk neft kamari, Şollar su kəməri, Taxtaköprü su kamari və s.) geodinamik təhlükənin öyrənilməsi ilə bağlı praktik məsələlərə də müəyyən olunur.

Böyük həcmdə geoloji-geofiziki işlərin aparılmasına baxmayaraq, mürəkkəb və dəyişkən Yer qabığı quruluşuna malik olan regionun dərinlik tektonikası və geodinamikasının bir sıra məsələləri hələ də həll olunmamış qalmaqdadır. Qusar-Şabran çökəkliyi tektonikasının öyrənilməsi və geodinamik şəraitinin modelləşdirilməsi məqsədilə Yer qabığının dərinlik quruluşu xüsusiyyətlərinin müəyyən olumasına, tektonika və geodinamikasının problemlərini öyrənilməsinə çoxsaylı tədqiqatlar həsr olunmuşdur (Xain, Axmedbəyli, 1957; Абдуллаев, Джафаров, 1962; Гаджиев, 1965; Краснопецева, 1978; Амирасланов, 1986; Кадиров, 2000; Axmedbəyli и др., 2010).

Aparığımız bu tədqiqat işində əsas məqsəd Samur-Bakı profili üzrə Yer qabığının geoloji quruluşu və geodinamikası haqqında yeni məlumatların əldə edilməsidir. İlk kosilişin alınmasında əsas material kimi Qusar-Şabran çökəkliyini kəsən

Samur-Bakı profili üzrə geoloji və geofiziki məlumatları istifadə olunmuşdur.

Samur-Bakı profilinin 2D qravitasiya modeli

Tədqiq olunan profilboyu Yer qabığının və üst mantiyanın dərinlik quruluşunun qravitasiya modeləməsi üçün seçmə üsul tətbiq olunub (Булах и др., 1984; Булах, Маркова, 1992; Blakely, 1995; Кадиров, 2000; Кадиров, Гадиров, 2014). Seçmə üsul ilə Yer qabığının strukturlarının və üst mantiyanın modelləməsi aşağıdakı ardıcılıqla aparılıb:

1) tədqiqat rayonunun fiziki-geoloji quruluşu haqqında əvvəlcədən məlum informasiya əsasında sıxlıq modelinin tərtib olunması; 2) tərtib olunmuş model üçün düz məsləhin həlli; 3) regional fonun tacrid (istisna) edilməsi; 4) sıxlıq modelinin həndəsi və fiziki parametrlərində məhdudiyatların şansı və etibarlı məlumatların təmin edilməsi; 5) seçmə üsulu ilə modelin parametrlərini daşıqlaşdırılması; 6) ehtiyac olarsa, yeni qravitiyət mənbələrinin axtarışının təmin edilməsi.

Müşahidə olunan $g(x)$ və seçilmiş $\Phi(x)$ ayrıları yaxınlaşma kriterisi çərçivəsində aşağıdakı düsturdan istifadə olunub:

$$F = \sum_{i=1}^n [g(x_i) - \Phi(x_i)]^2 = \min$$

x_i - аппроксимasiyada istifadə olunan müşahidə nöqtələrinin koordinatları, n - nöqtələrin sayı.

Qravitasiya modelləşdirilməsi üçün əsas material kimi profilin Dərinlik Səyismik Zondlama məlumatları əsasında qurulmuş geoloji-geofiziki kəsilidən istifadə olunmuşdur (Гаджиев, 1965; Гаджиев,

Кадиров, 1984). İlk kosilişdə aşağıdakı seysmik sərhədlər ayrılmışdır: 1) IV dövr; 2) neogen; 3) paleogen; 4) mezozoy; 5) qranit; 6) bazalt; 7) Moxoroviç sərhadı.

Yer qabığının və mantiyanın sıxlıq kamiiyyətləri ədəbiyyat məlumatlarına uyğun seçilmisdir. "IV dövr" sərhadı üçün sıxlıq qiyməti 2 q/sm³, "neogen" sərhadı üçün 2,35 q/sm³, "paleogen" sərhadı üçün 2,45 q/sm³, "mezozoy" sərhadı üçün 2,55 q/sm³, "qranit" sərhadı üçün 2,78 q/sm³, "bazalt" sərhadı üçün 2,95 q/sm³, Moxoroviç sərhadı üçün isə 3,3 q/sm³ qəbul edilmişdir (Гаджиев, 1965; Озерская, Подоба, 1967; Амирасланов, 1986; Павленкова и др., 1991; Сафаров, 2011; Pitarka et. al., 2016).

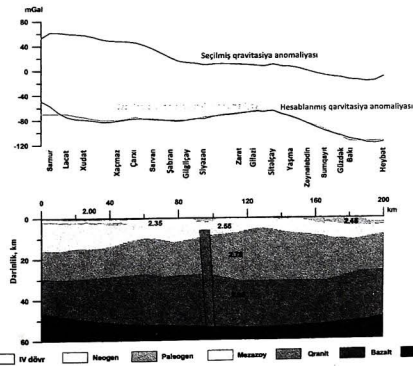
1-ci şəkildə profil üzrə müşahidə olunan (yaşıl xətt) profilin ilk kəsiliş modelinə görə hesablanmış (qırmızı xətt) və seçilmiş (göy xətt) qravitasiya sahəsinin anomaliya ayrıları göstərilmişdir. Profilboyu ikinci geoloji-geofiziki model üzrə hesablanmış qravitasiya sahəsi müşahidə olunan qravitasiya sahəsi ilə üst-üstə düşür. Yalnız profilin şimal hissəsində hesablanmış və müşahidə olunan sahələr arasında fərq müşahidə olunur. Hesablanmış qravitasiya anomaliyasının müşahidə olunan anomaliyanı üstələməsi burada kənar effektin olması ilə izah oluna bilər.

Qravitasiya sahəsinin daha çox fərqliyi müşahidə olunan profilin şimal hissəsində qranit qatının səthi 9 km, bazalt qatının səthi isə 6 km aşağı enmişdir. Moxo sərhədi isə profilin şimalında 7 km, mərkəzi hissədə 4 km və cənub hissəsində 3 km aşağı enmişdir. Bazalt sərhədinin dərinliyi 28-32 km, Moxo sərhədinin dərinliyi isə 47-57 km arasında dəyişir və hər iki sərhədin maksimum dərinliyi Zarat montaqesinə uyğun gəlir.

Samur-Bakı profilinin müasir geodinamik şəraiti

Müasir vertikal hərəkətlər

İlk dəfə Xəzər dənizinin qərb sahili boyu nivelirləmə işləri hərbi topoqraflar tərəfindən 1912-ci ildə aparılmışdır. Daha sonra nivelirləmə işləri 1935-1937, 1951, 1971 və 1986-cı illərdə keçirilmişdir. Xəzər dənizinin qərb sahilinin bir hissəsi olan Samur-Bakı profili boyu Yer səthinin müasir şaquli hərəkətlərini öyrənmək məqsədilə son iki yüzə qədərlik nivelirləmənin nəticələrindən istifadə edilmişdir (Лилленберг, 1980; Гаджиев и др., 1987; Яценко, 1974, 1989; Əhmədəyili və b., 1991; Каскянова, 2003). Samur-Bakı profili boyu Yer səthinin müasir şaquli hərəkətləri 2-ci şəkildə göstərilmişdir.



1-ci şəkil. Samur-Bakı profili boyunca 2D qravitasiya modeli. Sıxlıq qiymətləri q/sm³ ilə verilmisdir

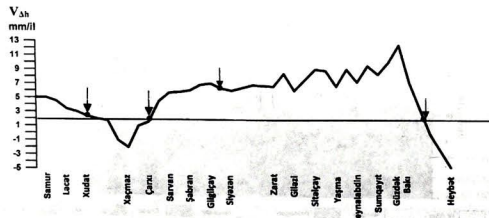
Şaquli hərəkətlərin sürətlərinin təhlili göstərir ki, Qafqazın cənub-şərq hissəsi – Samurdan Xaçmaz qədər enməyə maruz Qaxa kiçik enmə zonası –2 mm/il sürətlə Xaçmaz rayonunda qeydə alınmışdır. Xaçmazdan Güzdəyə qədər olan ərazilərdə qalxma sürətləri xarakterikdir. Ağsəron yarımadasının qərbində müasir şaquli hərəkətlərin sürəti +12,5 mm/il-dən -4,7 mm/il-ə qədər intervalla dəyişir. Belə ki, daha çox qalxma +12,5 mm/il sürətlə Güzdək ərazisində müşahidə edilmişdir. Güzdəkdən Heybota qədər yenidən enmə hərəkətləri baş verir. Enmənin maksimal sürəti Heybot zonasına uyğun gəlir (-4,7 mm/il).

Mezo-kaynozoy qırıqşılq zonalarında isə müasir şaquli hərəkətlərin sürət ayrisi ziqzaqvari formadadır. Bu cür sürət ayrisindən V_{ab} Siyozəndən başlayaraq Bakıya qədər olan ərazilərdə müşahidə olunur.

Müasir şaquli hərəkət sürətlərinin dəyişmə ayrisindən istifadə edilərkə gərginliktoplanma yerlər yitəlmə və enmənin sərhədlərinə görə ayrılms və profil üzrə oxlar ilə qeyd edilmişdir. Yer qabığının müasir şaquli hərəkətləri profilboyu əsas gərginliktoplanma zonalınının Xudət, Çarxi, Siyozən və Bakı mntəqələrinə yaxın olduğunu göstərir.

GPS sürətləri və gərginlik

Azərbaycan ərazisi Afrika və Avrasiya kontinentlərinin aktiv toqşma zonasında (kolliziya) yerləşir (McKenzie, 1972; Sengor et al., 1985; Philip et al., 1989). Ərəbistan plitəsinin Avrasiya qitəsinə olan bu kəsilməz hərəkəti nəticəsində Əsas Qafqaz üstəgəlməsində baş verən litosferin qışalmaları, Yer qabığının deformasiyası və tektonik hərəkətlər zəlzələlərə səbəb olur ki, bunlar da bütün Qafqaz ərazisində tarixən qeyd olunmuşdur



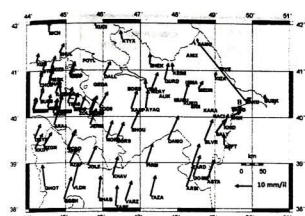
2-ci şəkil. Samur-Bakı profili boyu Yer səthinin müasir şaquli hərəkət sürətlərinin dəyişmə ayrisi

(McKenzie, 1972; Sengor et al., 1985; Jackson, 1992; Kadirov, 2004; Reilinger et al., 2006 6; Kadirov et al., 2008, 2012).

Azərbaycanda və qonşu ərazilərdə yerinə yetirilən GPS müşahidə məlumatları Yer qabığının müasir səthi hərəkətləri və onlarla əlaqəli deformasiyaları qiymətləndirməyə imkan vermişdir. Müşahidə olunan hərəkətlər (müşahidə məntəqəsindəki sürətlər) Yer qabığında gərginliktoplanma zonalarını müəyyən etməyə imkan verir.

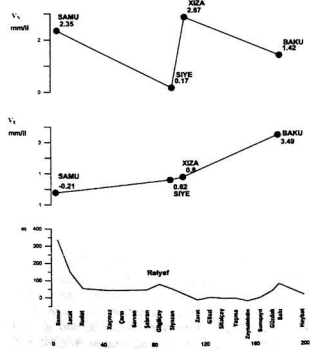
1998-ci ildən etibarən Azərbaycan ərazisində yer səthinin müasir üfqi hərəkətlərinin öyrənilməsi məqsədilə monitoring işləri aparılmışdır (Reilinger et al., 2006 6; Kadirov et al., 2013; Kadirov, Sadıqova, 2013; Kadirov et al., 2015). Azərbaycan və Qafqaz regionu üçün GPS-üfqi sürətlər xəritəsində (40,31° N 49,81° E; 41,75° N 48,56° E) koordinatları daxilində və Əsas Qafqaz üstəgəlməsinə paralel istiqamətləndirilmiş Samur-Bakı geodinamik profilı AB xətti ilə göstərilmişdir. Şəklidəki oxlar sürət vektorlarının istiqamətini göstərir, sürət qiymətləri isə xəritənin aşağı sağ küncündə verilən miqyasə uyğun olaraq oxların uzunluğu ilə xarakterizə olunur (3-cü şəkil).

Böyük Qafqaz üstəgəlməsinə (BQU) yaxınlaşdıqda GPS nöqtələrinin sürət göstəricilərinin əzəlməsi burada gərginlik toplanmalarının bir səbəbi kimi interpretasiya edilir. Əsas üfqi istiqamətdə Yer qabığı qışalmaları BQU-də baş verir (Qadirov, 2011). BQU-yə perpendikulyar istiqamətdə Yer qabığında olan qışalmalar iki GPS nöqtəsindəki sürət fərqi ilə hesablanır. Xızı (XIZA) və Xəzərini sahilindəki, Ağsəron yarımadasının şimalındakı Siyozən (SIYE) müşahidə məntəqələrində GPS sürət fərqləri Samur-Bakı profilinin eni boyu Yer qabığının 2,7 mm/il sürətlə qışalmasını göstərir.



3-cü şəkil. GPS sürətlər xəritəsi (Kadirov, Sadıqova, 2013). Azərbaycan ərazisində olmayan məntəqələrin sürətləri haqqında məlumatlar Reilinger et al. (2006 6); Masson et al. (2006); Nilforoushan et al. (2003) işlərindən götürülmüşdür.

Yüksək gərginlik zonaları GPS sürət paylanması xəritəsində özlünü GPS sürət qiymətlərinin ardıcıl əzəlməsi şəklində bürüzə verir. Belə zonalardan biri Xəzər dənizinin qərb sahilı boyu Samur-Bakı profili üzrə müşahidə edilir. Belə ki, burada GPS sürətləri profilin cənub hissəsindən başlayaraq (BAKI) Samura qədər (XIZA, SIYE, SAMU) ardıcıl olaraq azalır.



4-cü şəkil. Samur-Bakı profili boyu üfqi hərəkət sürətlərinin şimal (V_N) və şərq (V_E) komponentlərinin və rəlyefin dəyişmə ayrisi

Samur-Bakı profili boyu GPS ölçmələrinə görə təyin olunmuş üfqi hərəkətlərin dəyişmə sürətlərinin şimal V_N və şərq komponentləri V_E və rəlyef ayrılırları 4-cü şəklidə verilmişdir. Şimal komponentində Samur, Xızı və Bakı mntəqələrinin dominant olduğu görünür. Şərq komponenti isə yüksək qiymətə Bakı müşahidə nöqtəsində sahibdir. Bu nöqtələrdə, eyni zamanda, rəlyefdə yüksəlmələr vardır. Belə sürət dəyişmələri Yer qabığında gərginlik yaranmasına səbəb olur.

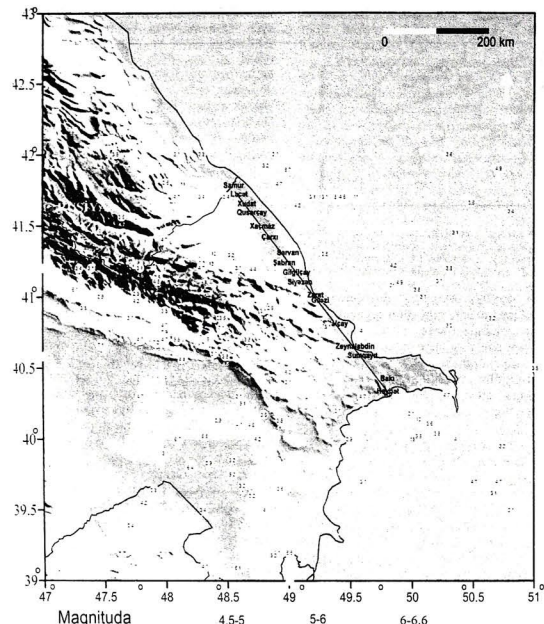
İki GPS nöqtəsi arasında gərginliyin orta qiyməti bu nöqtələr arasındakı sürətlər fərqi aralarında məsafəyə bölünməsi ilə hesablanır (Tepkov, Şilqışay, 1985). Şimal komponentinə görə, bu qeydə ilə əldə edilən BAKU və XIZA GPS nöqtələri arasında toplanan deformatsiyanın xətti orta qiyməti 16,2 nanostrain/il, SIYE və XIZA mntəqələri arasında 112,5 nanostrain/il, SIYE və SAMU mntəqələri arasında 28,3 nanostrain/il təşkil edir. Siyozən mntəqəsindən Samur mntəqəsinə və Bakı mntəqəsindən Xızı mntəqəsinə doğru sürətlərin artması ilə simala doğru hərəkətin olduğu müşahidə olunur. Şimal komponentinə görə, SIYE və XIZA arasında müşahidə olunan yüksək deformatsiya qiyməti rəlyef ayrisinin yüksək dəyişməsinə və Siyozən qırılmasının olduğu əraziyə uyğun gəlir.

Şərq komponentinə görə, BAKU və XIZA mntəqələri arasında toplanan deformatsiyanın xətti orta qiyməti 30,2 nanostrain/il, XIZA və SIYE mntəqələri arasında 7,5 nanostrain/il, SIYE və SAMU mntəqələri arasında isə 10,7 nanostrain/il-dir. Samur mntəqəsindən Bakı mntəqəsinə doğru sürətlərin ardıcıl artması burada şərq istiqamətində hərəkətin olduğunu göstərir.

Har iki sürət komponentinə görə, ümumi deformatsiya sürəti BAKU və XIZA mntəqələri arasında 8,9 nanostrain/il, SIYE və XIZA mntəqələri arasında 97,5 nanostrain/il, SIYE və SAMU mntəqələri arasında isə 22,3 nanostrain/il təşkil edir.

Ərazinin seysmikliyi

Cənub-Şərq Qafqaz ərazisinin seysmikliyinin tədqiqi zamanı AMEA Respublika Seysmoloji Xidmət Mərkəzinin (RSXM) kataloqundan istifadə olunmuşdur. Bu kataloq əsasında 1963-2015-ci illər arasında baş vermiş maqnituda qiymətləri $4,5 \leq M \leq 6,6$ olan zəlzələ məlumatlarından istifadə olunaraq, Cənub-Şərq Qafqaz və onunla həmsərhəd ərazilərdə baş vermiş zəlzələlərin episentrlərinin məkan üzrə saylanması xəritəsi tərtib olunmuşdur (5-ci şəkil).



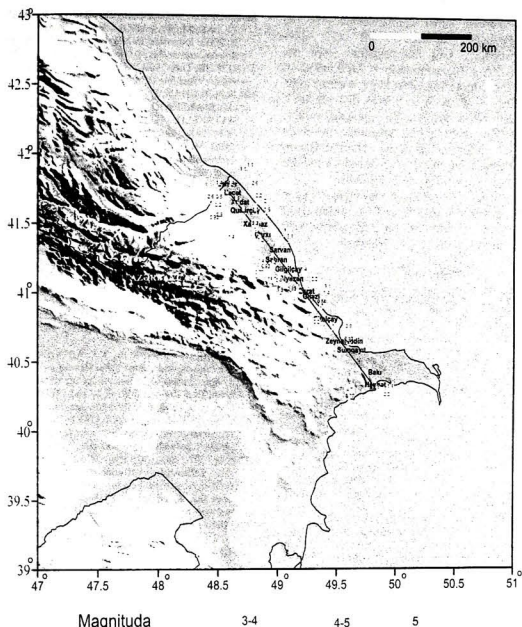
5-ci şəkil. Cənub-Şərqi Qafqaz və həmsərhəd ərazilərdə magnitudası 4,5≤M≤6,6 zəlzələ episentrlərinin paylanma xəritəsi (1963-2015-ci illər)

Magnitudadan asılı olaraq (M) zəlzələdən əvvəl zəlzələ ocağı küür ilə aproksimasiya olunduqda tektonik gərginliyin maksimum radiusu aşağıdakı formulla təyin edilir (Добровольский, 2009):

$$R_{\max} = 10^{0.41M-1.396} \text{ km}$$

M=6,6 olduqda $R_{\max} = 21$ km olur. Yəni profildən 21 km-dən kiçik uzaqlıqda M=6,6 olan zəlzələ baş verəcəksə (zəlzələnin hazırlıq dövrü), bu

zaman profilində geodinamik şəraitə təsir göstərir. Episentrlərin paylanma xəritəsində qara rəngli rəqəmlərlə zəlzələlər üçün hesablanmış R_{\max} qiymətləri və ağ rəngli rəqəmlərlə isə zəlzələlərin magnitudası göstərilmişdir. 3-cü şəkildən görünür ki, profilin yaxınlığında magnitudası 4,6≤M≤5 intervalında dəyişən 5 zəlzələ qeyd olunmuşdur. Bu zəlzələlərin tektonik gərginliyinin maksimum radiusu 3,1km ≤ R_{\max} ≤ 4,7 km intervalında dəyişir.



6-cı şəkil. Samur-Bakı profilindən 20 km-dən kiçik uzaqlıqda zəlzələ episentrlərinin paylanması (1963-2015-ci illər)

6-cı şəkildə profildən 20 km-dən kiçik uzaqlıqda zəlzələ episentrlərinin paylanması göstərilmişdir. Profil ətrafında magnitudası 3≤M≤5 intervalında dəyişən zəlzələlərin baş verdiyi müşahidə olunur. Tektonik gərginliyin maksimum radiusu 0,8 km ≤ R_{\max} ≤ 4,7 km intervalında dəyişir. Qeyd olunan zəlzələlərin episentrləri müasir şaquli hərəkətlərin sürət ayrısi üzrə qeyd olunan gərginliktoplanma zonalına yaxın arzlarda paylanmışdır (Xudat, Çarxı, Siyozan və Bakı).

Nəticə

Seçmə üsul ilə tədqiq olunan profilboyu Yer qabığının və üst mantiyanın dərinlik quruluşunun 2D qravitasiya modeli tərtib olunmuş, bazalt və Moxo sərhədlərinin üst səthinin dərinliyi daqiqləşdirilmişdir.

Yer qabığının müasir şaquli və üfüqi hərəkətlərindən istifadə edilərək profilboyu gərginlik zonalı (Xudat, Çarxı, Siyozan və Bakı) müəyyənləşdirilmişdir.

GPS sürətlərin şimal komponentinə görə, ən yüksək deformasiya qiyməti SIYE və XIZA (112,5 nanostrain/il), şərqi komponentinə görə isə, BAKU və XIZA (30,2 nanostrain/il) GPS ölçüləri arasında toplanmışdır. Hər iki sürət komponentinə görə, ümumideformasiya sürətinin ən yüksək qiyməti SIYE və XIZA montaqələri arasında 97,5 nanostrain/ildir. SIYE və XIZA montaqələri arasında müəhəndislik olunan yüksək deformasiya sürəti rəleyf ayrışının yüksək dəyişməsinə və Siyazan qırılmasının olduğu zərəkə uyğun gəldiyi müəyyən edilmişdir.

Çənub-Şərqi Qafqaz ərazisindən keçən Samur-Bakı profilinin geodinamik şəraitinə təsir notisinasında daha hiss edila biləcək zəlzələlərin ocaq rədiusu və maqnitudası müəyyən edilmişdir.

ƏDƏBİYYAT

ƏHMƏDƏBƏYLİ, F., MƏMMƏDOV, Ə., ŞİRİNOV, N., ŞİXƏLİBƏYLİ, M. 1999. Azərbaycanın neotektonik xəritəsi. Azərbaycan aqrogeodeziya Baku.
 QƏDİROV, F.Ə. 2011. Azərbaycanın zəlzələ təhlükəsi və seysmik təhlükə (GPS, seysmoloji və geofiziki məlumatlar əsasında). Hesabat. AMEA Geologiya və Geofizika İnstitutunun fondu.
 BLAKELLY, R.J. 1995. Potential theory in gravity and magnetic applications. Cambridge University Press. New York. 441 p.
 JACKSON, J. 1992. Partitioning of strike-slip and convergent motion between Eurasia and Arabia in eastern Turkey. *J. Geophys. Res.*, 97, 12471-12479.
 KADİROV, F.A. 2004. Gravity model of lithosphere in the Caucasus-Caspian Region, (in) South Caspian Basin: Geology, geophysics, oil and gas content. Geology Institute, Azerbaijan National Academy of Sciences. Nafta-Press. Baku. Azerbaijan. 107-123.
 KADİROV, F., MAMMADOV, S., REILINGER, R., MCCLUSKY, S. 2008. Global Positioning System measurements of tectonic deformation in Azerbaijan: New constraints on active faulting and earthquake hazards. *Proceedings of Azerbaijan National Academy of Sciences, The Sciences of Earth*, 1, 82-88.
 KADİROV, F., FLOYD, M., ALIZADEH, A., GULIEV, I., REILINGER, R., KULELI, S., KING, R., TOKSOZ, M.N. 2012. Kinematics of the eastern Caucasus near Baku, Azerbaijan. *J. Nat. Hazards*, doi:10.1007/s11069-012-0199-0.
 KADİROV, F.A., GADİROV, A.G., BABAYEV, G.R., AÇAYEVA, S.T., MAMMADOV, S.K., GARAGEZOVA, N.R., SAFAROV, R.T. 2013. Seismic zoning of the southern slope of Greater Caucasus from the fractal parameters of the earthquakes, stress state, and GPS velocities. *Investiya. Physics of the Solid Earth*, 49 (4), 554-562.
 KADİROV, F.A., GADİROV, A.H. 2014. A gravity model of the deep structure of South Caspian Basin along submeridional profile Albortz-Abberton Hill. *Global and Planetary Change*, 114, 66-74, doi:10.1016/j.gloplacha.2013.09.001.
 KADİROV, F.A., FLOYD, M., REILINGER, R., ALIZADEH, A.K.A., GULIEV, I.S., MAMMADOV, S.G., SAFAROV, R.T. 2015. Active geodynamics of the Caucasus Region: Implications for earthquake hazards in Azerbaijan. *Proceedings of Azerbaijan National Academy of Sciences, The Sciences of Earth*, 3, 3-17.

MASSON, F., VAN GORP, S., CHERY, J., DJAMOUR, Y., TATAR, M., TAVAKOLI, F., NANKALI, H., VERNANT, P. 2006. Extension in NW Iran driven by the motion of the South Caspian Basin. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 252, 180-188.
 MCKENZIE, D.P. 1972. Active tectonics of the Mediterranean region. *Geophys. J.R.Astron. Soc.*, 30, 239-243.
 NILFOROUSHIAN, F., MASSON, F., VERVAAT, P., VIGNY, C., MARTINOD, J., ABBASSI, M., NANKALI, H., HATZFELD, D., BAYER, R., TAVAKOLI, F., ASHTIANI, A., DOERFLINGER, E., DAIGNIÈRES, M., COLLARD, P., CHERY, Y. 2003. GPS network monitors the Arabia-Eurasia collision deformation in Iran. *J. Geodesy*, 77, 411-422.
 PIRHAR, H., CISTERNAS, A., GVISKIANI, A., GORSHKOV, A. 1989. The Caucasus: An actual example of the initial stages of continental collision. *Tectonophysics*, 161, 1-21.
 PITARKA, A., GOK, R., YETIRMISHLI, G., ISMAYILOVA, S., MELLORS, R. 2016. Ground motion modeling in the Eastern Caucasus. *Pure and Applied Geophysics*, 173, 2791-2801 (This article is published with open access at Springerlink.com. DOI:10.1007/s00024-016-1311-2).
 REILINGER, R.S. and 22 others. 2006. bGPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions. *J. Geophys. Res.*, B05411, doi:10.1029/2005JB004051.
 SENGOR, A.M.C., GORUR, N., SAROGLU, F. 1985. Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. In: *Strike-slip faulting and basin formation* (Biddle, K.T. and Christie-Blick, N., eds), Society of Econ. Paleont. Min. Sec. Pub., 37, 227-264.
 ABDULLAEV, P.A., ДЖАФАРОВ, Х.Д. 1962. Геолого-геофизическая характеристика Прикаспийского нефтеносного района Азербайджана. Азернешр. Баку. 168 с.
 АМИРСЛАВОВ, Т.С. 1986. Интерпретация гравитационных аномалий сложнопостроенных нефтегазовых областей (на примере Азербайджана и прилегающей автотории). Автореф.дисс. докт.геол.-мин. наук. Баку.
 АХМЕДБЕЙЛИ, Ф.С., ИСАЕВА, М.И., КАДИРОВ, Ф.А., КОРОВАНОВ, В.В. 2010. Геодинamica неотектонического этапа Кавказского сегмента Альпийско-Гималайского орогенного пояса. Nafta-Press. Баку. 214 с.
 БУЛАХ, Е.Г., МАРКОВА, М.Н., ТИМОШЕНКО, В.И., БОЙКО, П.Д. 1984. Математическое обеспечение автоматизированной системы интерпретации гравитационных аномалий. Наукова Думка. Киев. 112 с.
 БУЛАХ Е.Г., МАРКОВА, М.Н. 1992. Решение обратных задач гравиметрии методом подбора. *Геофизический журнал*, 4:9-19.
 ГАДЖИЕВ, Р.М. 1965. Глубинное геологическое строение Азербайджана. Азернешр. Баку. 200 с.
 ГАДЖИЕВ, Р.М., КАДИРОВ, Ф.А. 1984. Високочастотные гравиметрические наблюдения на Прикаспийском профиле Смвор-Баку-Астара. Отчет. Фондом Института геологии и геофизики НАНА. Баку.
 ГАДЖИЕВ, Р.М., КАДИРОВ, Ф.А., КАДИРОВ, А.Г., КУНСТМАН, В.В. 1987. Выявление скрытых периодичностей в современном вертикальном движении земной коры на профиле Улан Хон-Баку-Астара. *Известия АН Азерб. ССР, серия науки о Земле*, 1, 57-62.
 ДОБРОВОЛЬСКИЙ, И.П. 2009. Математическая теория подготовки и прогноза тектонического землетрясения. Физматлит. Москва. 240 с.

ЗОНЕНШТАЙН, Л.П., КУЗЬМИН, М.И., НАТАПОВ, Д.М. 1990. Тектоника литосферных плит территории СССР. Недра. Москва. 334 с.
 КАДИРОВ, Ф.А. 2000. Гравитационное поле и модели глубинного строения Азербайджана. Nafta-Press. Баку. 112 с.
 КАДИРОВ, Ф.А., САФАРОВ, Р.Т. 2013. Деформация земной коры Азербайджана и сопредельных территорий по данным GPS-измерений. *Известия ИАН Азербайджана. Наука о земле*, 1, 47-55.
 КАСЬЯНОВА, Н.А. 2003. Экологические риски и геодинамика. Научный мир. Москва. 332 с.
 КРАСНОПОПЕВЦЕВА, Г.В. 1978. Глубинное строение Кавказа. В кн: *Строение земной коры и верхней мантии Центральной и Восточной Европы*. Наукова Думка, Киев. 190-199.
 ЛИЛЕНБЕРГ, Д.А. 1980. Опыт комплексного картирования современной геодинамики (на примере Азербайджанской ССР). Современные движения земной коры. Теория, методы, прогноз. Результаты исследований по международному геофизическому проекту. Наука. Москва. 65-76.
 ОЗЕРСКАЯ, М.Л., ПОДОВА, Н.В. 1967. Физические свойства осадочного покрова территории СССР. Недра. Москва. 772 с.

ПАВЛЕНКО, Н.И., ГОРОВА, Е.П., СТАРОСТЕНКО, В.И., КОЗИНКО, В.Г. 1991. Трёхмерная плотностная модель литосферы Европы. I. *Известия АН СССР, Физика Земли*, 4, 3-13.
 ПУЧКОВ, В.Н. 2000. Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. ГИЛЕМ. Уфа. 146 с.
 САФАРОВ, И.Б. 2011. Петрофизические модели литосферных плит материков и океанов. Этим. Баку. 306 с.
 ТЕРКОТ, Д., ШУБЕРТ, Дж. 1985. Геодинamica: геологические приложения физики сплошных сред. Т. 2. Мир. Москва. 360 с.
 ХАИН, В.Е. 1979. Западно-Сибирская молодая плита (мегасинклизис). В: *Региональная тектоника*. Москва. 55-68.
 ХАИН, В.Е., АХМЕДБЕЙЛИ, Ф.С. 1957. Геологическое строение и развитие Кусаро-Дивинского синклизиона. Материалы по геологии Северо-Восточного Азербайджана. Баку. 183-385.
 ЯЩЕНКО, В.Р. 1974. Современные вертикальные движения Западного Прикаспия по данным повторного нивелирования. *Геология и картография*, 2, 24-25.
 ЯЩЕНКО, В.Р. 1989. Геофизические исследования вертикальных движений земной коры. Недра. Москва. 192 с.

Maqalaya AMEA-nın müxbir üzvü Q.C.Yetirmişli ray vermişdir.