

New GPS and Seismic Data, Position of the Main Trans-Caucasian Fault and Implications for Seismic Hazard

Tamaz Chelidze

Academy Member, M. Nodia Institute of Geophysics, Tbilisi, Georgia

ABSTRACT. The new geological and geophysical studies exclude existence of the left-sinistral major Borjomi-Kazbegi Fault (BKF) in the position, which was suggested in the earlier model of Philip et al. At the same time, the new GPS data show clearly, that the Western and Eastern blocks of the South Caucasus have different velocities of NE drift, with much higher velocities of the Eastern block. This means that the Main Trans-Caucasian fault should exist, but its trace should be different from that of Borjomi-Kazbegi fault, suggested earlier by Philip et al. We presume that the trace of the Major Trans-Caucasian fault is parallel to the presumed BKF zone, but is located approximately 150-200 km to the East of it. Conditionally we named it Kars -Tbilisi- Agrakhan Fault (KTAF) zone. In addition to GPS data there are instrumental and historic seismological data, confirming activity of the KTAF zone. Analysis of the catalogs show that there are no deep EQ-s in the Western Caucasus, but EQ with deep hypocenters (60-150 km) are recorded in the East Caucasus, to the East of 45-th latitude. The KTAF fault zone should not be a straight line: it can contain different sections/segments with different length and different focal mechanisms. It is necessary to perform detailed additional geological, geophysical and GPS investigations along KTAF line to resolve finally the Caucasian tectonic paradox. Confirmation of existence of such active fault will change the seismic hazard assessments of the South Caucasus significantly: the KTAF trace is close to one of the largest cities of the Caucasus - Tbilisi. © 2018 Bull. Georg. Natl. Acad. Sci.

Key words: Caucasus tectonics, Main Trans-Caucasian Fault, GPS, seismology

The Eastern Mediterranean Belt, including the Caucasus demonstrates complex pattern of continental collision. One of the Caucasian tectonics' paradoxes is the problem of the Main Trans-Caucasian Fault (MTCF). The dramatic story of MTCF begins with the paper of French geologist H. Philip et al [1] "The Caucasus: an actual example of the initial stages of continental collision", which postulates: "Microtectonic data confirm the recent activity and the sinistral

character of the Borjomi-Kazbegi strike-slip fault (BKF)".

Authors of above paper presumed that the displacement took place during last 5-3.5 million years with velocity 1.8-2.5 cm/year. Recently, the group of Georgian and American geologists and geophysicists leadership carried out detailed survey (geomorphological, geological, geophysical and geodetic field research) along the presumptive "Borjomi-Kazbegi fault" zone. They did not

discover any sign of the strike-slip motion at least in the neighboring 10 km zone to the both sides of the presumed BKF trace [2].

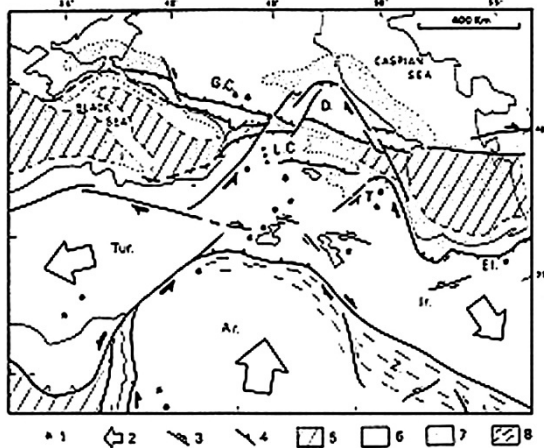


Fig.1. Caucasus tectonics according to Philip et al [1]: 1-recent volcanos; 2- relative motion with respect to Eurasia; 3- major strike-slip faults; 4- thrust faults; 5- oceanic or intermediate crust; 6 continental crust; 7 – main sedimentary basin; 8- recent folding at the border of Arabian plate.

At the same time, there are new geological/seismological data and especially, the last decades' space geodetic GPS data [3 - 5]. That

points to the possible existence of MTCF zone with different from the BKF location (see Figs. 2-3).

Geological data: Koronovskii et al. [6] interpreted the multi-scale space images of Caucasus, looking for lineaments. According to this work, to the East of BKF there is another large Trans-Caucasian Fault: authors call it Agrakhan-Tbilisi-Kars fault. The authors guess that this fault can have the continuation to South, forming large Agrakhan-Tbilisi-Kars-Levant mega-fault. The North-Caucasian section of this zone, delineated by Koronovsky, is very likely, continued to the South by Assa-Aragvi strike-slip zone, where the Eastern block is displaced to the North relative to the Western one [7]. Recently discovered Tbilisi fault [8] is, possibly, further continuation of Assa-Aragvi fault to the South.

It should be noted that the cited geological data are not enough for final decision on the location of MTCF zone.

Geophysical methods, namely, Geographic Positioning System (GPS) and seismic data allow resolving the MTCF problem in a quantitative way.

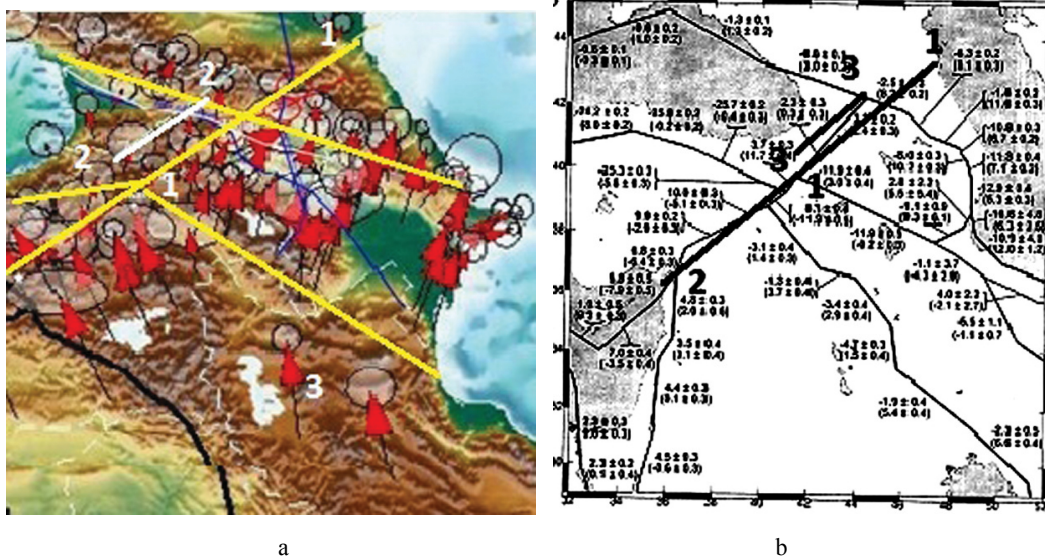


Fig.2 a, b. (a) Blocks, delineated in this paper by the direction and intensity of drift, using GPS data of [3, 4]. 1-1 is the trace of presumable Kars-Tbilisi-Agrakhan Fault (KTAF) zone. White line 2-2 corresponds to Philip's (1989) Borjomi-Kazbegi fault trace. The arrow 3 in the lower right shows the strain 15 mm/y. (b). Schema of tectonic blocks of South Caucasus [3], 1-2 is the trace of the extended LKJKA fault zone and 3-3 to BKF zone.

GPS data. The GPS data [3 - 5] clearly show that there is active deformation in the last decades in the South Caucasus with a strong gradient along the line, dividing Eastern and Western blocks (Fig. 2a). Fig. 2 b presents the scheme of tectonic blocks of the region, according to Reilinger et al [3]. Our version of KTAF zone, separating Western and Eastern blocks, is shown by the line 1-1: it coincides with Reilinger's line [3] in the South, at the Karlova Triple Junction (KTJ) and deviates from it in the Northern part by approximately 150 km.

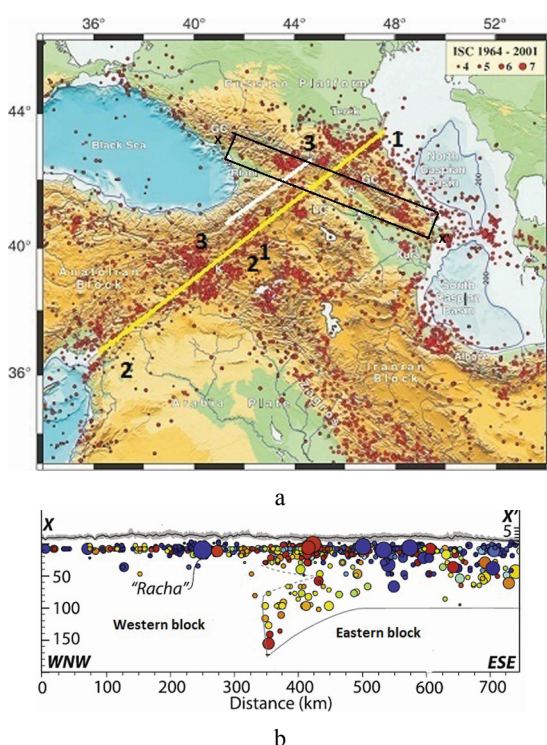


Fig. 3 a, b. (a). The map of earthquake epicenters of magnitudes 4-7 from 1964 to 2001, compiled by International Seismological Center, ISC; 1-1 line shows the KTAF zone, line 2-2 marks shows possible continuation of KTAF zone to Levant; white line 3-3 shows position of BKF; rectangle X-X' is the swatch profile from [10]; (b). Vertical axis shows the depth of earthquake foci in the Western and Eastern blocks of the Great Caucasus area inside the swatch profile X-X' (marked as a rectangle on the Fig. 3a) and on the horizontal axis – the distance from the left edge of rectangle [10].

The recent paper of Sokhadze et al [5] generally confirms the results, shown in Fig. 2a, namely, the strong increase of strains to the East of Tbilisi.

Seismological data: The map of epicenters of instrumentally recorded earthquakes (EQs) of magnitudes 4-7 from 1964 to 2001, produced by International Seismological Center, ISC (Fig. 3a) shows that the whole trace of presumable KTAF zone (1-1) is seismically active, as well as possible continuation of KTAF zone to Levant (line 2-2).

In addition, close to the KTAF trace there are the epicenters of many historical earthquakes, including strong 1275 A.D. Mtskheta EQ. According to [9], the magnitude of Mtskheta EQ was $M=6.5$ ($\Delta M=\pm 0.5$) and the intensity in the epicentre – $I_0=8-9$ ($\Delta I_0=\pm 1$).

The seismic patterns of Western and Eastern blocks are very different: as follows from Fig. 3 b, there are no deep events in the Western Caucasus, but EQs with deep hypocenters (60-150 km) are recorded in the East Caucasus, precisely, to the East of 45-th latitude [10]. The border between these areas follows approximately KTAF zone. The earthquakes in the KTAF zone manifest oblique-slip (left-lateral reverse slip) focal mechanism [3], which is in agreement with the GPS data. This pattern changes to reverse dip-slip in the Northern Caucasus.

All mentioned new GPS and seismic data favour the hypothesis on the existence of the Main Trans-Caucasian fault, which follows approximately Kars-Tbilisi-Agrakhan line. The KTAF fault zone should not be a straight line: it can contain different sections/segments with different length and different focal mechanisms. Confirmation of existence of such active fault will change the seismic hazard assessments of South Caucasus significantly: the KTAF trace is close to one of the largest cities of Caucasus - Tbilisi. Strong Mtskheta EQ of magnitude 6.5 occurred in 1275 close to the KTAF, which means that the seismic potential of this lineament can be very high.

გეოფიზიკა

ახალი გეოგრაფიული პოზიციონირების სისტემის (GPS) და სეისმური მონაცემები, მთავარი ტრანსკავკასიური რღვევის პოზიცია: მნიშვნელობა სეისმური საშიშროებისათვის

თ. ჭელიძე

აკადემიის წევრი, მ. ნოდის სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

ახალი გეოლოგიური და გეოფიზიკური მონაცემები მოწმობს, რომ ფრანგი გეოლოგის ჰ. ფილიპის ვარაუდი, რომ ბორჯომ-ყაზბეგის მარცხენა ნაწევის რღვევა არის მთავარი ტრანსკავკასიური რღვევა, არ შეესაბამება სინამდვილეს. მიერ წარმოდგენილი ტექტონიკური მოდელი. ამავე დროს, ბოლოდროინდელი თანამგზავრული GPS მონაცემები აშკარად გვიჩვენებს, რომ სამხრეთ კავკასიის დასავლეთის და აღმოსავლეთის ბლოკები გადაადგილდებიან ჩრდილო-აღმოსავლეთის მიმართულებით ძალზე გასწვრივებული სიჩქარით: აღმოსავლეთის ბლოკის სიჩქარე გაცილებით მეტია, ვიდრე დასავლეთისა. ეს კი ნიშნავს, რომ მთავარი ტრანსკავკასიური რღვევა უნდა არსებობდეს, მაგრამ მისი ადგილმდებარეობა უნდა განსხვავდებოდეს ჰ. ფილიპის მიერ წარმოდგენილი პოზიციიდან. ჩვენი აზრით, მთავარი ტრანსკავკასიური რღვევის: ყარსი-თბილისი-აგრაზანის ხაზი პარალელურია ბორჯომ-ყაზბეგის ზონისა და განლაგებულია მისგან აღმოსავლეთით 150-200 კმ დაშორებით. გარდა GPS-ისა, მრავალი ინსტრუმენტული და ისტორიული სეისმური მონაცემები მოწმობს, რომ ყარსი-თბილისი-აგრაზანის ზონა ტექტონიკურად აქტიურია. კერძოდ, კატალოგების ანალიზი ცხადყოფს, რომ დასავლეთ კავკასიაში არ არის ღრმა მიწისძვრები, ხოლო აღმოსავლეთ კავკასიაში 45° გრძედის აღმოსავლეთით აღრიცხულია მოვლენები ღრმა (60-150 კმ) კერებით. ცხადია, რომ ყარსი-თბილისი-აგრაზანის ზონა არ იქნება სწორხაზოვანი: ის აგებული უნდა იყოს სხვადასხვა განსხვავებული სიგრძის და მექანიზმების მქონე სექციებით/სექტორებით. მომავალში აუცილებლად მიგვაჩნია ყარსი-თბილისი-აგრაზანის ზონის დეტალური დამატებითი გეოლოგიური, გეოფიზიკური და GPS კვლევების ჩატარება, რათა გადაჭრილ იქნეს კავკასიის ტექტონიკური პარადოქსი. ასეთი დიდი აქტიური რღვევის არსებობის დადასტურება მნიშვნელოვნად შეცვლის სამხრეთ კავკასიის სეისმური საშიშროების შეფასებებს. საყურადღებოა, რომ რღვევის ხაზი ახლოსაა სამხრეთ კავკასიის ერთ-ერთ დიდ ქალაქთან - თბილისთან.

REFERENCES

1. Philip H., Cisternas A., Gvishiani A., Gorshkov A. (1989) The Caucasus: an actual example of the initial stages of continental collision. *Tectonophysics*, **161**(1/2):1-21.
2. O'Connor T., Szymanski E., Krasovec M., Adamia Sh. (2006) Rethinking the tectonic model of the Caucasus: an investigation of the southern section of the proposed Borjomi–Kazbegi fault. *Geophys. Res. Abs.* 8:09746.
3. Reilinger R., McClusky S., Vernant Ph. et al. (2006) GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions. *J. Geophys. Res.* 111, B05411, doi:10.1029/2005JB004051.
4. Kadirov F., Floyd M., Reilinger R., Alizadeh Ak., Guliyev I., Mammadov G., Safarov R. (2015) Active geodynamics of the Caucasus region: implications for earthquake hazard in Azerbaijan. Proceedings of Azerbaijan National Academy of Sciences. *The Sciences of Earth*, 3: 3-17.
5. Sokhadze G., Floyd M., Godoladze T., King R., Cowgill E.S., Javakhishvili Z., Hahubia G., Reilinger R. (2018) Active convergence between the Lesser and Greater Caucasus in Georgia: Constraints on the tectonic evolution of the Lesser–Greater Caucasus continental collision. *Earth and Planetary Science Letters*, 481: 154-161.
6. Koronovsky N., Sim L., Boinagyann B. (1996) Modern and contemporary tectonic stress field and seismicity of Caucasus. *Vestnik Moscow State University. Series 4 (Geology)*, 2: 3–14.
7. Tsertsvadze N. (2017) Mineral Waters of Georgia. Tbilisi.
8. Gamkrelidze I., Tsamalashvili T., Nikolaeva E., Godoladze T., Djavakhishvili Z., Elashvili M. (2008) Tbilisi fault and seismic activity of Tbilisi Environs (Georgia). *Proceedings of the Institute of Geology*, **124**: 30-35.
9. Varazanashvili O., Tsereteli N., Tsereteli E. (2011) Historical Earthquakes in Georgia (up to 1900): Source Analysis and Catalog Compilation. Tbilisi, LTD "MVP".
10. Mumladze T., Forte A.M., Cowgill E.S., Trexler C.C., Niemi N.A., Yıkmaz M.B., Kellogg L.H. (2015) Subducted, detached, and torn slabs beneath the Greater Caucasus. *GeoRes J.*, 5: 36–46.

Received June, 2018