

## ЛИНЕАМЕНТНИ АНОМАЛИИ НА ГЕОМАГНИТНОТО ПОЛЕ И КОРЕЛАЦИЯ СЪС СЕИЗМИЧНОСТТА НА ТЕРИТОРИЯТА НА БЪЛГАРИЯ

**Емил Ботев**

*Национален институт по геофизика, геодезия и география – Българска академия на науките  
e-mail: ebotev@geophys.bas.bg*

**Ключови думи:** *геомагнитни аномалии, сеизмичност, сеизмо-геомагнитна корелация*

**Резюме:** *Основен въпрос при изследване на линеаментните структури на геофизичните полета на дадена територия е тяхната корелация със сейсмичността. Тъй като територията на България се характеризира с висока сеизмична активност, дългосрочните прогнози за местоположението на очакваните по-значителни земетресения определят актуалността на това изследване. За откриване на линеаменти на отделни геофизични полета в геоложката практика се използват различни методи: преки и косвени, качествени и количествени. В това изследване са показани резултатите от построяване на линеаменти по линейни индикатори на аномалното геомагнитно поле, въз основа на които е построена схема на линейни елементи на геомагнитното поле на територията на България. Проследени са качествено взаимовръзките с разпределението на сеизмичната активност за периода на високоточна локализация на земетресенията на територията на страната и прилежащите земи.*

## LINEAMENT ANOMALIES OF THE GEOMAGNETIC FIELD AND CORRELATION WITH THE SEISMICITY OF THE TERRITORY OF BULGARIA

**Emil Botev**

*National Institute in Geophysics, Geodesy and Geography – Bulgarian Academy of Sciences  
e-mail: ebotev@geophys.bas.bg*

**Keywords:** *Geomagnetic Anomalies, Seismicity, Seismo-geomagnetic Correlation*

**Abstract:** *Basic problem in the study of the linear structures of geophysical fields in a given area is their correlation with seismicity. As the territory of Bulgaria is characterized by high seismic activity, long-term forecasts for the location of the expected more significant earthquakes determine the relevance of this study. Different methods are used in geological practice to detect lineaments of individual geophysical fields: direct and indirect, qualitative and quantitative. This study shows the results of construction of lineaments on linear indicators of the anomalous geomagnetic field, based on which a scheme of linear elements of the geomagnetic field on the territory of Bulgaria is built. The interrelations with the distribution of the seismic activity for the period of high-precision localization of the earthquakes on the territory of the country and the adjacent lands are qualitatively traced.*

### **Въведение**

Съвремената представа за природата на линеаментите на територията на България отразяват делимостта на литосферата и междублоковите структури. Тя е формирана въз основа на многобройни изследвания на тектоничните критерии на сеизмичността, по моделиране на геофизичните полета, структурни форми на релефа, геоложка информация и сеизмичност на изследваната територия.

Аномалиите на гравитационното и магнитно поле отразяват свойствата на земната кора и горната мантия. Получените резултати в изследването на Трифонова [1, 2] свидетелстват също така за взаимовръзките на аномалии със структурите на релефа и сейсмичността. При това контактните зони, разделящи блоковете, са фиксирани в регионално магнитно поле с положителни аномалиями [3]. Сопоставяне на аномалиите на геофизичните полета с

разломната тектоника установява, че всички регионални разломи имат отражение в аномалии на геофизичните полета от типа гравитационни стъпала и линейни магнитни аномалии [3]. Технологията на геометрично построяване на линейните индикатори на разломи с методите на статистическия анализ на пространствените структури на геофизичните полета и релефа са представени в изследванията на [4].

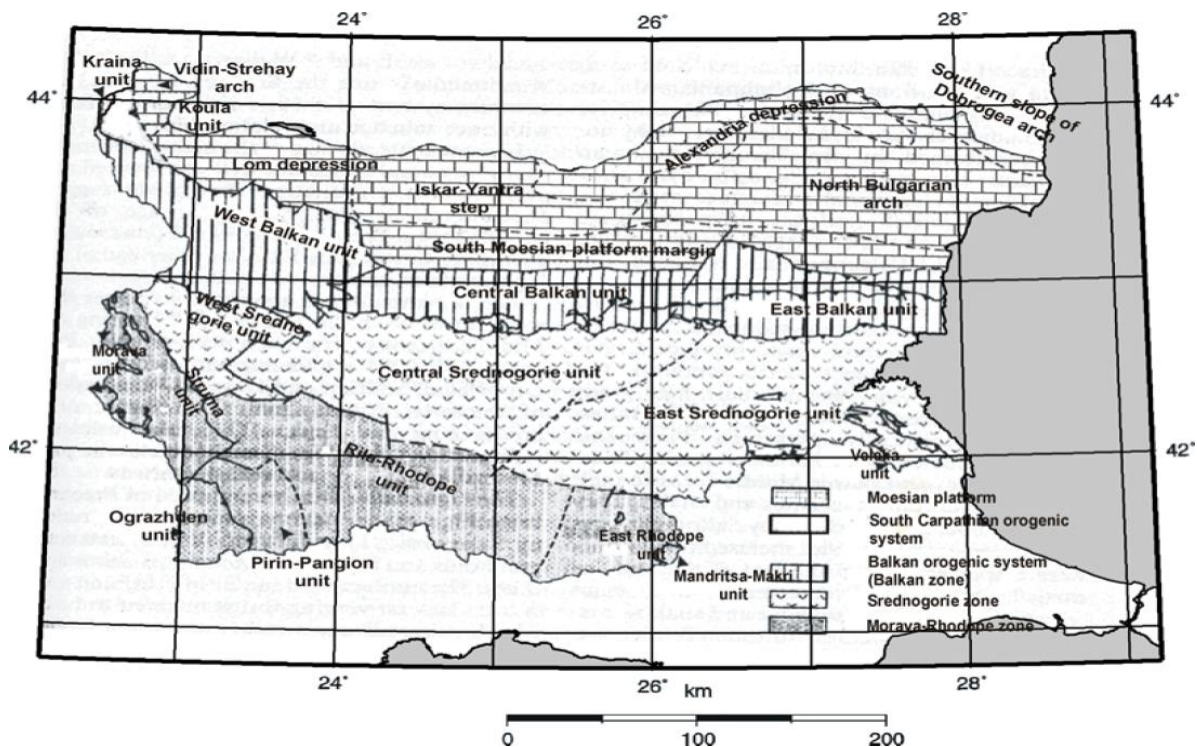
Особено важен въпрос при изследване на линеаментни структури е тяхната пространствена корелация със сейсмичността. Тъй като изучаваният район се характеризира с висока сеизмична активност, то дългосрочните прогнози за места и времена на значителни землетресения, определят актуалността на това изследване. В геоложката практика за откриване на линеаменти се използват различни методи: преки и косвени, качествени и количествени. В това изследване са показани резултати от построяване на линеаменти по линейни индикатори на аномалното геомагнитно поле, въз основа на които е построена схема на линейни елементи на магнитното поле на територията на България.

### Регионални структури

България е разположена в Балканския регион и включва елемент от евразийския континентален ръб. Територията му обхваща части от две основни тектонски единици: (1) северната част на алпийския тягов пояс на Балканите и (2) крайбрежието му Мизийската платформа (фиг. 1).

Мизийската платформа, определена като област със стабилно тектонско развитие, е свързана с Източноевропейската платформа през Северна Добруджа и Скитската платформа. Състои се от леко нагънато палеозойско мазе, покрито със сравнително недеформирани мезозойски последователности с дебелина до 4-5 км, заровено под палеогеновите, неогеновите и четвъртичните отлагания [5]. Граничи на север, запад и юг с алпийската орогенеза, представена от сгънатите карпатски и балканидни системи. По време на алпийския етап тази област е била подвижна тектонична зона, изпълнена с множество линейни единици с блокова структура (Фиг. 1).

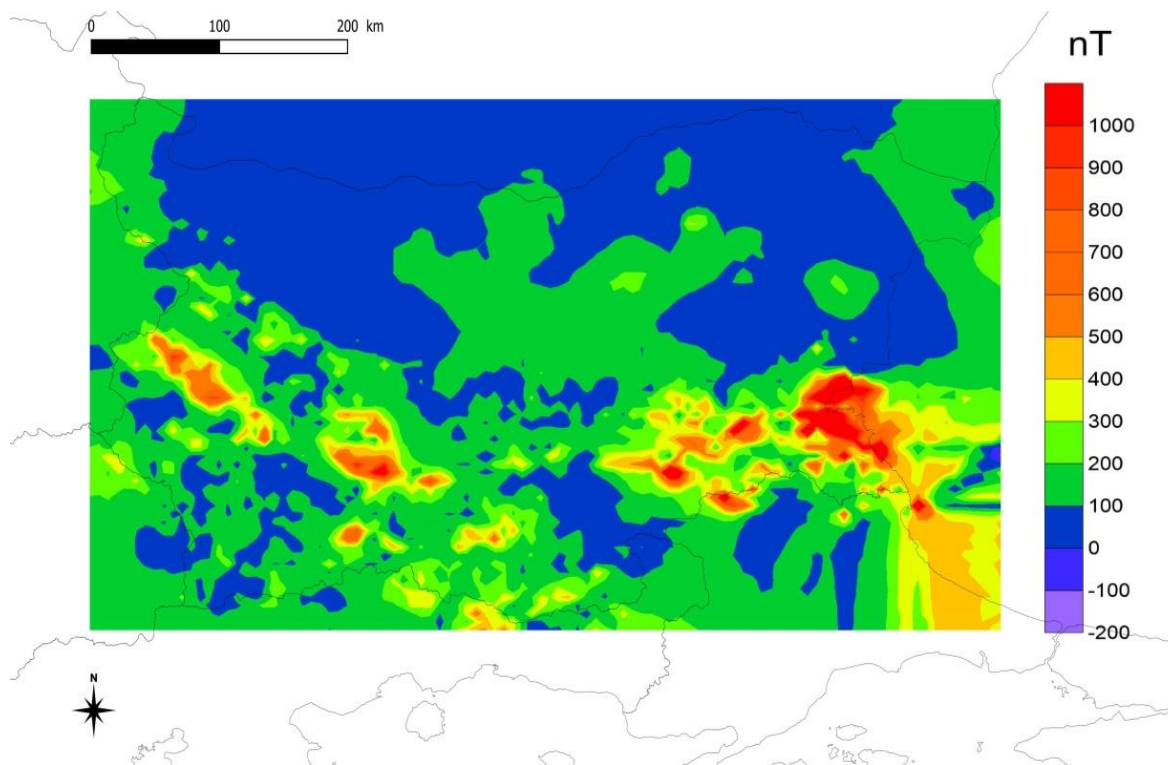
Границите между единиците от първи ред на системата Балканиди са белязани главно от тласъци и обратни разломи. Съществуват и премествания при удари (като например между Родопския масив и единицата Средногорие), които обикновено се тълкуват от гледна точка на тласкане или нормално разпадане [6].



Фиг. 1. Тектонска схема на България (модифицирана от Dabovsky et al., 2002). Алпийски тягов пояс (на юг) и Мизийска платформа (на север) са разделени на единици и субединици. В този модел тектонските единици представляват скални тела, характеризирани се със специфична съвкупност (литология, стратиграфия, магматизъм, метаморфизъм) и деформационни събития (възраст, произтичащи структури).

## Данни и методика

Общият вектор  $T$  на магнитното поле е спокоен на север (между 0 и 100 nT) и с големи вариации, остри аномалии и мозаечна структура на юг [2] (Фиг. 2).



Фиг. 2. Общ вектор  $T$  (nT) на магнитното поле на територията на България

За да се определят линеаментите на магнитното поле, то се разлага на компоненти: локална (Фиг. 3б) и регионална (Фиг. 3а) съставяща. Общата схема на разделянето на геофизичните полета на съставящи включва следните общи стъпки:

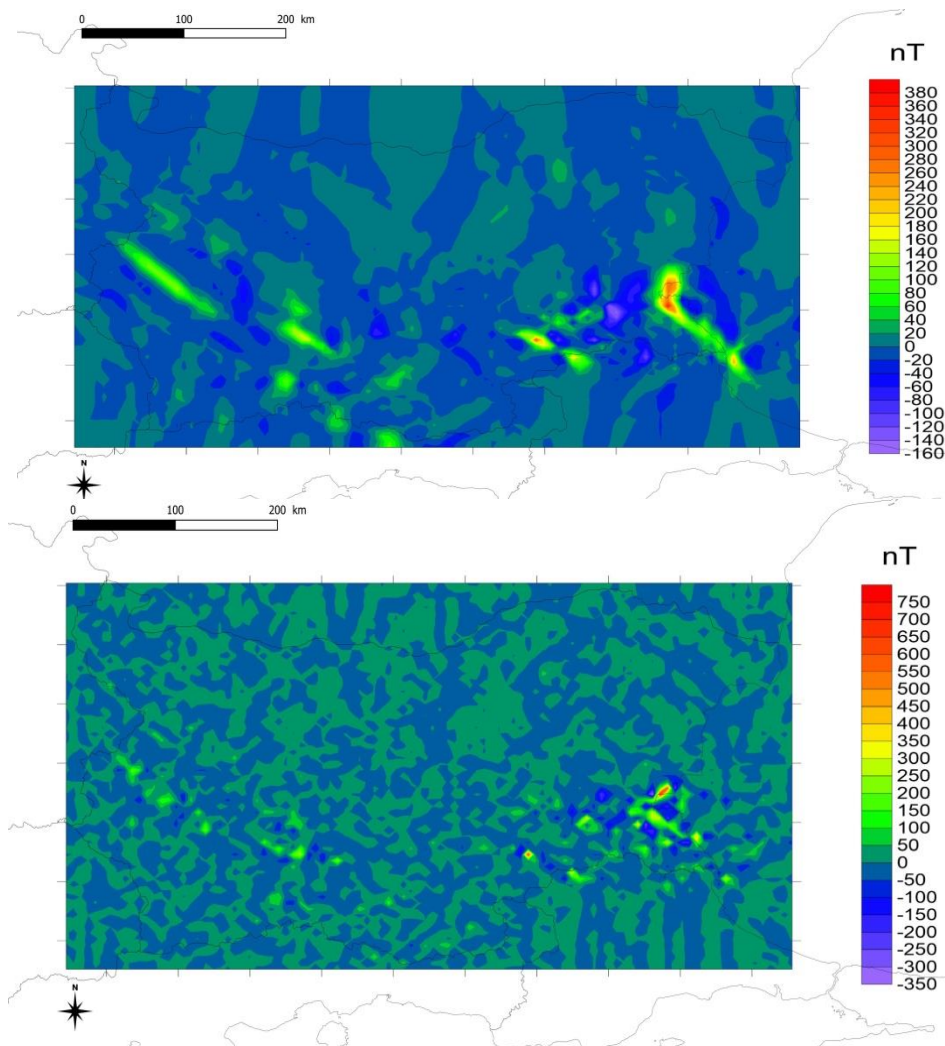
1. По началните стойности на полето се изчислява двумерна автокорелационна функция  $DAKF(m,p)$

$$R(p, m) = \frac{1}{N - |p|} \frac{1}{n - |m|} \sum_{k=1}^{N-|p|} \sum_{i=1}^{n-|m|} f_k(x_i) f_{k+p}(x_{i+m})$$

където  $f_k(x_i)$  – центрирани стойности на полето в точка с координати  $i, k$ ;  $m$  – преместване на между точките по  $y$  (ординатата),  $m=0; \pm\Delta x; \pm 2\Delta x; \dots$ ;  $n$  – общ брой точки по абсцисата;  $N$  – общ брой точки по ординатата. По радиуса на корелация по ординатата  $r_{0y}$  и абсцисата  $r_{0x}$  (отместването при което полето може да се счита за неколерирано) се избира размера на прозореца на обикновен линеен филтър  $n=r_{0x}$  и  $m=r_{0y}$  или на базовия прозорец на адаптивен филтър.

2. Ако анализа на корелационните характеристики на локалната съставяща показва, че остатъчното поле е бял шум, т.е. абсолютно неколериран по площ процес, това приключва процедурата, в противен случай се прилага филтрация на следващата локална съставяща.

3. Трасиране на осите на аномалиите – използва се алгоритъм за едномерна адаптивна филтрация [7].



Фиг. 3. а) регионална; б) локална; съставящи на общият вектор T (nT) на магнитното поле

Използването на локалната компонента позволява проследяване на линейни линии в различни азимуты. Използването на регионалната компонента позволява трасирането на осите на аномалиите.

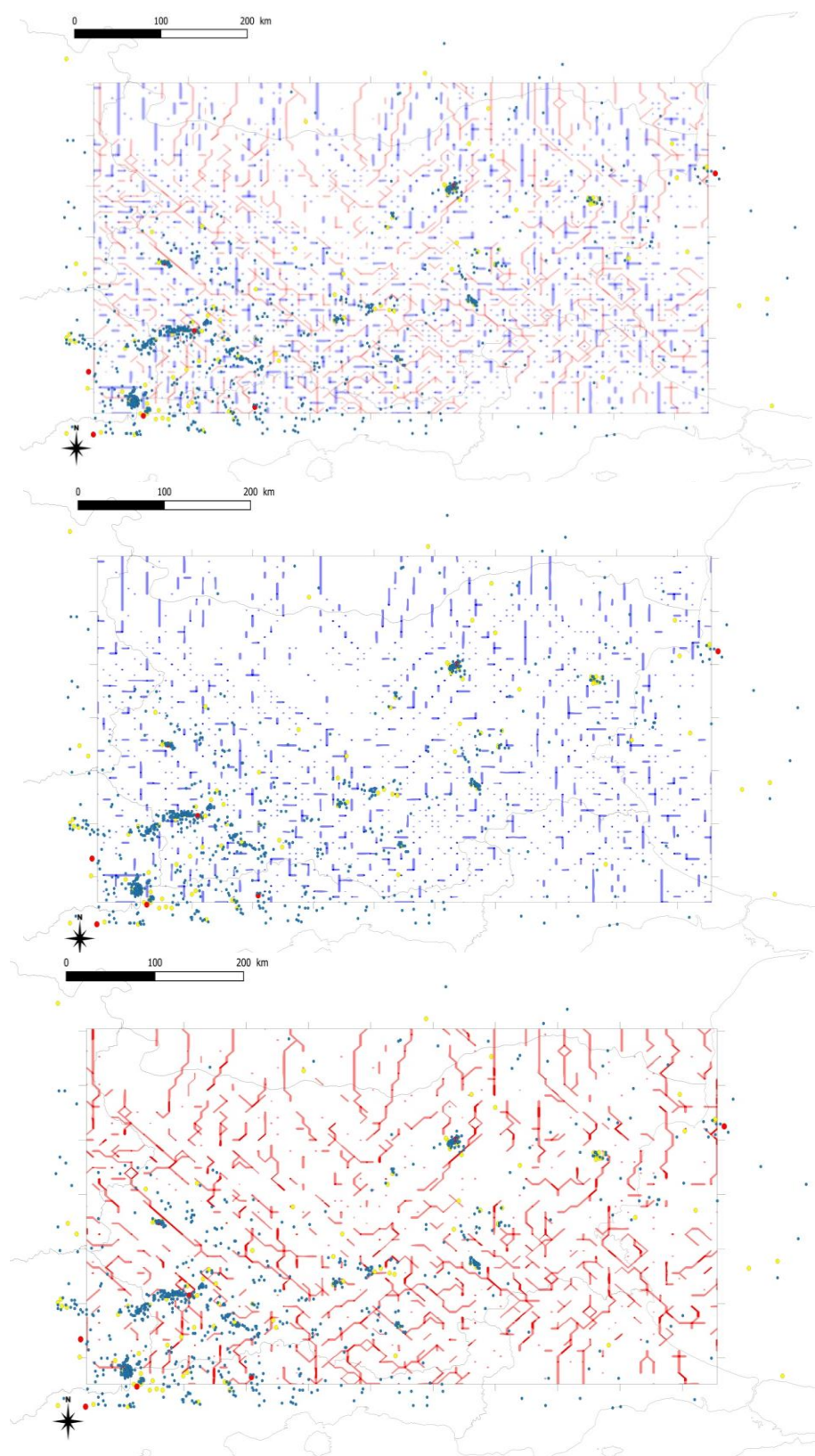
В настоящето изследване е използван каталога на земетресенията за периода 1981-2016 г. [8] обединен с каталозите на независими събития за годините от 2017 до 2019 [9-12]. Обединеният каталог на земетресенията обхваща данни в пространствен прозорец  $22^{\circ} - 45^{\circ} N$  и  $22^{\circ} - 30^{\circ} E$  и магнитудна оценка Mw.

## Резултати

С използването на горепосочения алгоритъм се получава изображение на картата на линеаментите на пространствената непрекъснатост на аномалиите на магнитното поле. Резултатите от конструкциите, използващи описаната технология, са показани на Фиг. 4а,б,в.

Качественото сравнение на разпределението на отрицателните и положителни линеаменти идентифицирани по регионалната компонента на магнитното поле (фиг 4а) показва, че в северната част на изследваната територия (след  $43^{\circ}$ ) положителните и отрицателни линеаменти са ориентирани предимно меридианно и субмеридианно. Плътността на линеаментите в тази зона е относително по-ниска от тази в южната част на изследваната територия. Като цяло отрицателните линеаменти са ориентирани предимно меридианно и паралелно, а положителните по-сложно.

В централната част на изследваната територия между  $42^{\circ}$ - $43^{\circ} N$  положителните линеаменти се простират предимно в югозападно направление, като над Родопския и Странжанския масив те се простират както в югозападно, така и в югоизточно направление (Фиг. 4в).



Фиг. 4. Система от линеаменти на регионално магнитното поле а) положителни и отрицателни магнитни линеаменти; б) — отрицателни магнитни линеаменти; в) — положителни магнитни линеаменти; заедно с епицентрите на земетресенията (1981-2020)

## Изводи

На този етап от изучаването на структурата на линеаментите можем да отбележим качественото сходство на общия план на разпределение на системите на линеаменти с положителни и отрицателни аномалии на магнитното поле. Това може да показва закономерно редуване на пространствени структури с различни физични свойства на скалите.

Редица работи показват [1,2], че в системата от линеаменти се вписва пространственото разпределение на епицентри на земетресения, а центрове на силни земетресения са към осевите линии на повишена плътност на линеаменти.

Доколкото задачата на това изследване е именно построяването на системата от линеаменти и определянето на качествените взаимовръзки с разпространението на епицентри на земетресения, то може да се отбележи, че силните земетресения (червените точки,  $M > 5$ ) са привързани по-скоро към положителни магнитни линеаменти.

## Благодарности

Настоящата работа се спонсорира от Българския Фонд за Научни Изследвания, контракт N ДН14-1/11.12.2017.

## Литература:

1. Trifonova, P., Solakov, D., Simeonova, S., Metodiev, M., & Stavrev, P. (2013). Regional pattern of the earth's crust dislocations on the territory of Bulgaria inferred from gravity data and its recognition in the spatial distribution of seismicity. *Pattern Recognition in Physics*, 1(1), 25–36.
2. Oynakov, E., Solakov, D., Ranguelov, B., & Dimovsky, S. (2020). Correlation between gravity and magnetic fields on the territory of Bulgaria. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM*, 20(1.2), 511–518.
3. Стогний Г.А., Стогний В.В. Геофизические поля восточной части Северо-Азиатского кратона. – Якутск: ГУП НИПК «Сахаполиграфиздат», 2005. – 174 с.
4. Trofimenko S.V., Grib N.N., Melnikov A.A., Merkulova T.V. Systems of Lineaments of Magnetic and Gravity Anomalies in the Zone of Convergent Interaction of the Amur and the Eurasian Tectonic Plates // *Modern Applied Science*. – 2015. – vol. 9, № 8. – P. 195–203. URL: <http://dx.doi.org/10.5539/mas.v9n3p195>.
5. Dabovski, C., Boyanov, I., Khrishev, Kh., Nikolov, T., Sapunov, I., Yanev, Y., and Zagorchev, I.: Structure and Alpine evolution of Bulgaria, *Geologica Balkanica*, 32, 9–15, 2002.
6. Solakov, D. (Ed.): Project report: “Seismic zoning of Bulgaria according to EC8”, Geophysical Inst.-BAS, Sofia, p. 187, 2008 (in Bulgarian).
7. Солонина, А. И. (2001). Алгоритмы и процессоры цифровой обработки сигналов. БХВ-Петербург.
8. Solakov D., Simeonova S., Raykova Pl., Aleksandrova I. (2020) Catalogue of the earthquakes in Bulgaria and surroundings since 1981, National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography-BAS, DOI: <https://doi.org/10.34975/ctlg-2020.v.1>
9. Buchakchiev, V., et al. (2019). Seismicity on the territory of Bulgaria and the adjacent lands recorded by notssi in 2017. *Bulgarian Academy of Sciences ISSN 1311-753X* 42: 94.
10. Dragomirov, D., et al. (2019). Seismicity on the territory of Bulgaria and the adjacent lands recorded by notssi in 2018. *Bulgarian Geophysical Journal* 42 (2019): 106.
11. Dragomirov, D., et al. (2020). Seismicity on the territory of Bulgaria and the adjacent lands recorded by notssi in 2019. *Bulgarian Geophysical Journal* 43 (2019): 106.
12. Dragomirov, D., et al. (2020). Seismicity on the Territory of Bulgaria and surroundings recorded by NOTSSI for the Period 2017-2019. *Proceeding of 1st international conference on environmental protection and disaster risks*. София, 2020.