

## ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЗЕМЕТРЕСЕНИЯТА В РАЙОНА НА СОФИЯ С МАГНИТУД $M > 3$

**Бойко Рангелов<sup>1</sup>, Венелин Славчев<sup>1</sup>, Стефан Тачев<sup>1</sup>, Соня Димитрова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София; [brangelov@gmail.com](mailto:brangelov@gmail.com); [venko.slavchev@abv.bg](mailto:venko.slavchev@abv.bg); [gmsexay@abv.bg](mailto:gmsexay@abv.bg)

<sup>2</sup>НИГГГ, Българска академия на науките, 1113 София; [sdimitrova@geophys.bas.bg](mailto:sdimitrova@geophys.bas.bg)

**РЕЗЮМЕ.** Направено е изследване върху сеизмичността на град София и околните земи обхващащо период от време 1965-2010 година и земетресения с магнитуд над 3. Показани са различните зависимости между статистическите разпределения на различните параметри на земетресенията – честота на поява, пространствено-времени особености, сеизмогенни свойства на дълбочинните структури и др.

### SOFIA AREA SEISMICITY INVESTIGATIONS ABOUT $M > 3$ EARTHQUAKES

*Boyko Rangelov<sup>1</sup>, Venelin Slavchev<sup>1</sup>, Stefan Tachev<sup>1</sup>, Sonya Dimitrova<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia; [brangelov@gmail.com](mailto:brangelov@gmail.com); [venko.slavchev@abv.bg](mailto:venko.slavchev@abv.bg); [gmsexay@abv.bg](mailto:gmsexay@abv.bg)

<sup>2</sup>NIGGG – Bulgarian Academy of Sciences, 1113 Sofia; [sdimitrova@geophys.bas.bg](mailto:sdimitrova@geophys.bas.bg)

**ABSTRACT.** An extensive research of the local seismicity around Sofia city is performed to discover the relationships between the different parameters of the local earthquakes observed there. Magnitude threshold above  $M 3$  is artificially limited, to reveal the relationships of the complete catalogue. The sources of information are internationally recognized web-sites of the international seismological centers – E:SC, ISC, USGS, etc.

### Въведение

Изследването използва данни само за земетресения с магнитуд над 3 регистрирани инструментално. Това означава – от 1980 година когато влиза в експлоатация Националната система за сеизмологична информация – НОТССИ. Това е условна магнитудна граница продиктувана от ефекти на усещане на територията на град София. Усещането се установява с макросеизмични карти, данни за които има още от 1917 година (Рангелов, 2010). Данни за силни и разрушителни земетресения в София има още от 1450 година (казват, че тогава силно е пострадала черквата Св. София). През 1557 година друго, явно силно земетресение е разрушило църквата Св. Марина, която се е намирала в двора на Патриаршията – днес пл. "Св. Неделя". Споменават се и силни земетресения през 1503, 1553, 1704, 1759 и др. (Авдев, 2007).

"Цариградски вестник" пише: "... на 23 Април 1818 година се тресла земята, настъпил голям страх, много къщи и джамии попадали, жежки и студени води станали. Земетресенията се повтаряли чак до Св. Илия (20 юли), ... на 19 септември земята в София пак се тресна, и като се минало малко време, наред Баня Баши извряла жежка вода. Земетресението карало до Св. Георги (26 Май 1818). Съвременният анализ на това земетресение го определя като максимална епицентрална IX степен, и с магнитуд над 6,5.

Пак според същия вестник от 1 ноември 1858 година, цитиран от Сава Филаретов: "На 18 септември в четвъртък по пладне... в един миг се чу един гърмеж... като да пукнаха хиляди-хиляди топове. В същия тоя момент се потърси и разлюля земята така силно и страшно, що всякой в отчаяние се найде и помисли че тука е веке "скончание мира". Град София се покрива от гъст тъмен облак, който се образува от порутените в града здания. След 2-3 минути съгледват, че от 24 джамии само 5 останали с минарета,... а от 7 църкви само в 2 може да се служи... На половин час на запад от града, на полето дето никога не е имало вода в този час се показва гореща вода да извира и скача нагоре и толкова много колкото да кара три камъка воденични... Планината Витоша на югозапад от София се е разпукнала на едно място до половин аршин и половин час надлъж между селата Бояна и Драгалевци и селяните уверяват, че кога се е затръсила земята от тая пукнатина да се е показал гъст дим и син пламък. ...из тая пукнатина ечи така страшно що селяните не смеят да се приближат до нея. В града няма джамия, църква, конак, казарма, баня, хан, къща да е останала без повреда: всичко се е разпукнало и разлюляло. Ако да не бе оптичeskий обман, нам се показва че в тая минута (на земетресението) земята не се люлееше а скачаше: то се повдигаше примерно на един аршин нагоре, то падаше пак долу с неопикуема чвръстина и ужасна екот. В тоя ден земята се търси 27 пъти до 12 вечерта... на второто денонощие трусят се повтори до 15 пъти, на третото до 12

пъти и досега се повтаря по няколко пъти на ден, но се смали до 4 или 5 удара в денонощието...” Според съвременните научни представи, такова описание отговаря на IX-X степен интензитет и до 7,0 магнитуд.

Разрушително земетресение става в София и на 18 октомври 1917 година, около 20 часа и 58 минути местно време. То е предшествувано от съвсем слаб, усетен трус в 20 часа и 18 минути. В резултат – много комини са изпопадали, има разрушени калканни стени и напукани кубета. Най-силно са пострадали сградите по поречието на Перловска река. Земетресението е усетено като един силен вертикален трус продължил 2-4 секунди. Според съвременните скали, неговия интензитет се оценява на VII-VIII степен в епицентралната област, а магнитудът му е около 5,5-5,7 (Рангелов, Димитрова, 2010).

На 15 Ноември, 22.08 часа вечерта, 2008 година София усеща вертикален трус и гръм подобен на тътен. Последниците от земетресението с магнитуд 4,0 на 15 Ноември 2008, са няколко паднали комини, паднали късчета мазилки от стените на някои апартаменти – особено на по-високите етажи в южните квартали на София. Като цяло – V-VI степен в епицентралната област по 12 степенната Европейска макросейсмична скала (EMC). В последвалата афтершокова серия нищо особено – един трус с магнитуд 3,5 и интензивност III-IV степен в епицентралната област, един с магнитуд 2,5 и II-III степен (Рангелов, Димитрова, 2010).

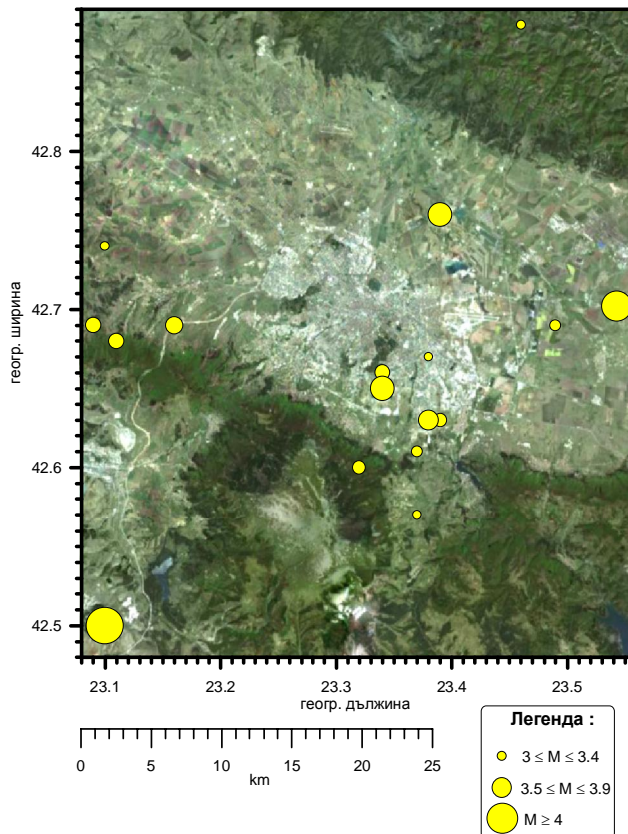
Настоящото изследване обхваща регион около град София очертан на фигури 1-2.



Фиг. 1. Изследван регион

Подобно изследване за град София е продиктувано от няколко фактора (Ranguelov, Toteva, 1998; Paskaleva et al., 2001; 2004):

- София е най-гъсто населения град в България;
- обществения интерес към дори слаби сеизмични събития е повишен;
- зачестилите земетресения напоследък предизвикват както научни, така и не дотам компетентни мнения и оценки;
- една обективна картина за сеизмичността през последните години може да е от полза както за управленците, така и за широката публика.



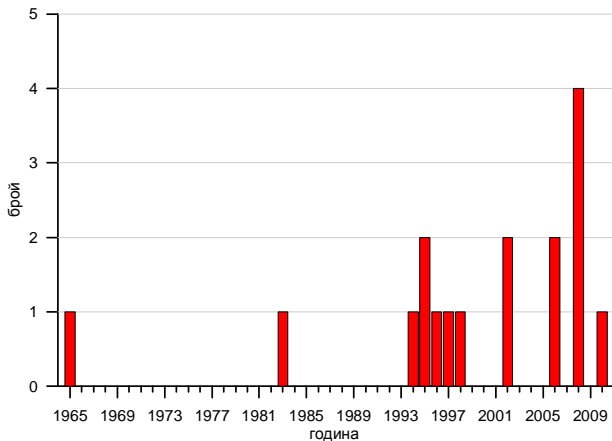
Фиг. 2. Епицентрална карта на фона на сателитно изображение

Данните за сеизмичността са взети от следните източници: USGS - <http://earthquake.usgs.gov>; EMSC-CSEM – <http://www.emsc-csem.org>; ISC – <http://www.isc.ac.uk>. Те покриват интервал от време от 1965 до 2010 година и са представени в таблица 1.

Таблица 1. Данни за земетресенията от 1965-2010 г. с магнитуд над 3

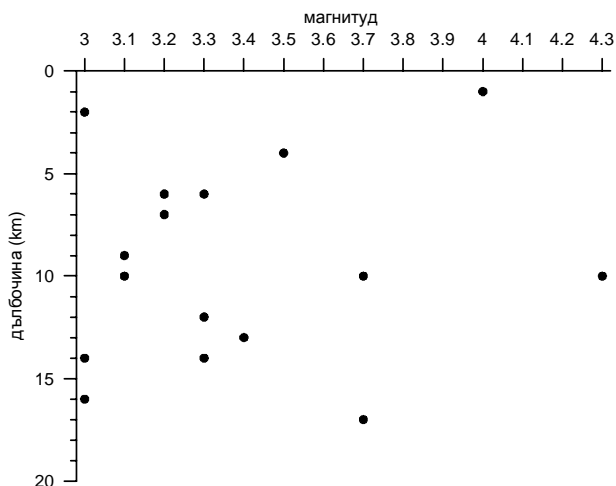
дата	час	геогр. ширина	геогр. дължина	дълбочина	магнитуд	агенция
28.1.1965	23:10:46	42,5	23,1	10	4,3	ISC
22.12.1983	14:56:46	42,76	23,39	17	3,7	USGS
15.7.1994	12:37:30	42,69	23,49	10	3,1	USGS
17.7.1995	11:13:01	42,69	23,16	13	3,4	ISC
14.12.1995	16:25:22	42,66	23,34	14	3,3	ISC
20.4.1996	19:56:51	42,702	23,543	1	4	ISC
13.8.1997	10:44:47	42,69	23,09	6	3,3	ISC
09.7.1998	04:20:38	42,74	23,1	-	3	ISC
12.6.2002	20:25:37	42,6	23,32	6	3,2	ISC
03.9.2002	19:49:27	42,68	23,11	12	3,3	ISC
17.3.2006	00:56:11	42,88	23,46	16	3	ISC
27.4.2006	12:38:14	42,57	23,37	2	3	ISC
03.7.2008	12:12:20	42,61	23,37	9	3,1	ISC
09.8.2008	03:25:44	42,67	23,38	14	3	ISC
15.11.2008	20:08:19	42,65	23,34	10	3,7	ISC
16.11.2008	05:03:04	42,63	23,39	7	3,2	ISC
10.9.2010	07:11:44	42,63	23,38	4	3,5	EMSC-CSEM

Построени са различни графики на разпределения на наблюдаваните сеизмични събития (фиг. 3-9).



Фиг. 3. Разпределение на броя на земетресенията с магнитуд над 3 по години за периода 1965-2010 г.

Направеното изследване показва неравномерно разпределение на броя на земетресенията по години. Наблюдава се относително затишие в периода 1965-1993 г. За периода 1994-2010 г. се отчита нарастване на активността. Годишната 2008 се откроява с максимум от другите години, с 4 земетресения.



Фиг. 4. Магнитудо-дълбочинно разпределение на земетресенията с магнитуд над 3

Дълбочинното разпределение е сравнително равномерно. Най-активният сеизмогенен слой е на дълбочина от 1 до 18 км. Няма пряка връзка между магнитуда на наблюдаваните земетресения и тяхната дълбочина. При средна дълбочина от около 10 км дълбочина се наблюдават земетресения както с магнитуд от 3,1 до 4,3.

Наблюдава се групиране на епицентри в периферията на югоизточните квартали на града (фиг. 5).

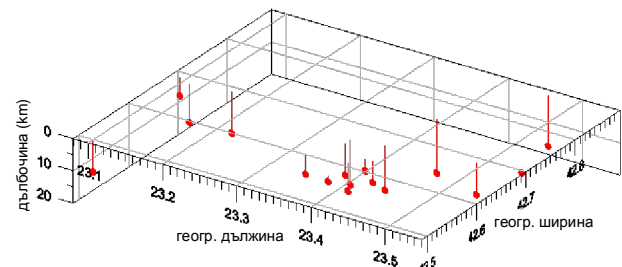
Наблюдава се и леко групиране в центъра на изследваната площ, с вариация на дълбочината, с вероятна причина – дълбочинен разлом. Другите земетресения са разсеяни случайно в пространството.

Не се наблюдава активизация на специфичен сеизмогенен слой по дълбочина във времето (фиг. 6). Целият

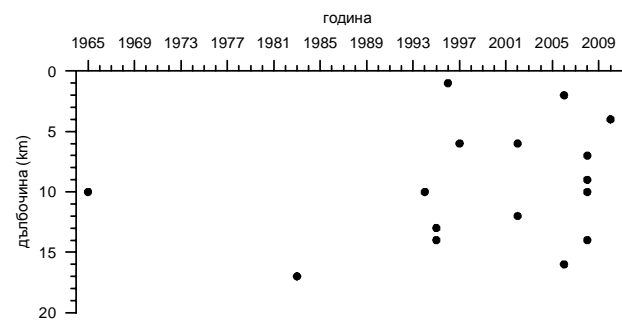
дълбочинен диапазон е активен, като активизацията започва от 1993 г. Преди това са наблюдавани само 2 земетресения – през 1965 и 1986 година.

Ясно се вижда че основният сеизмогенен дълбочинен интервал е между 6 и 10 км дълбочина, който генерира около 50% от земетресенията.

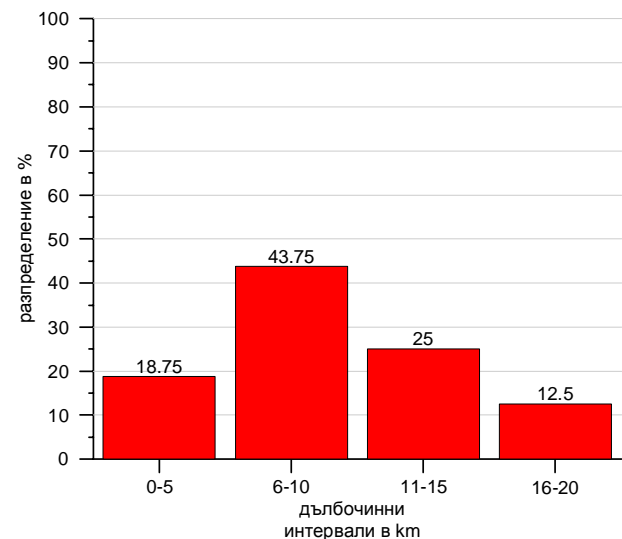
Изследването за сеизмична активност по месеци за целия времеви интервал е представено на фиг. 8. Разпределението е сравнително равномерно. Очертава се лека цикличност от неактивни месеци - февруари, май и октомври и струпвания между тях с максимум месец юли.



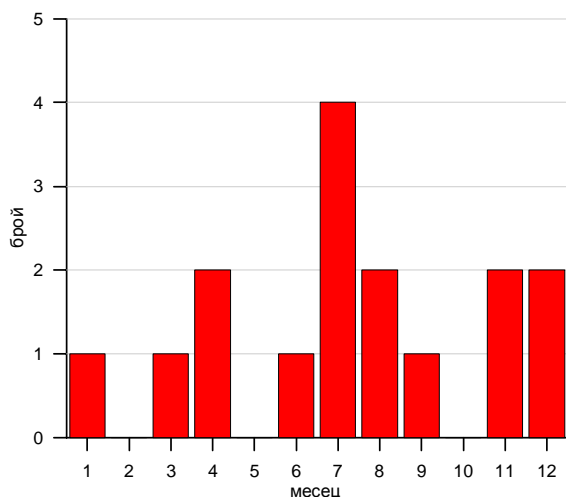
Фиг. 5. Пространствено разпределение на земетресенията с магнитуд над 3



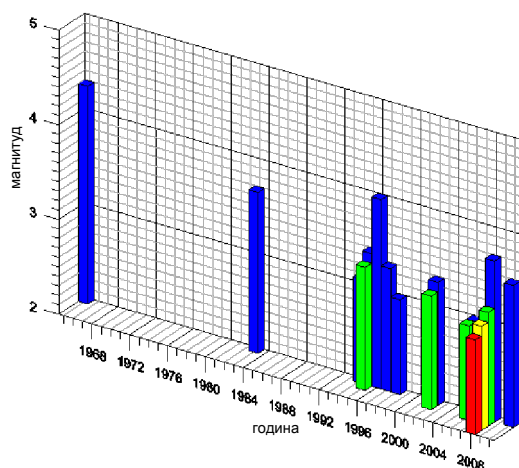
Фиг. 6. Дълбочинно разпределение за времеви интервал 1965-2010 г.



Фиг. 7. Дълбочинно-честотно разпределение на земетресенията с магнитуд над 3



Фиг. 8. Месечно разпределение на земетресенията с магнитуд над 3



Фиг. 9. Разпределение на магнитудите по години в интервала 1965-2010 г. Различният цвят показва различните земетресения станали през една и съща година

Разпределението е сравнително равномерно като не се наблюдава увеличение на максималния магнитуд.

## Заклучение и изводи

Направеното изследване за сеизмичността на района на град София за период 1965-2010 година показва следните особености: относително затишие на софийската сеизмична зона до 1993 с последваща активизация през последните 7-8 години; изследваните земетресения са с магнитуд от 3 (условна долна граница) до 4,3 и са 15 на брой; основният сеизмогенен слой за тези сеизмични събития варира между 1 и 18-20 км; някои от земетръсните събития могат да се привържат към известни разломи, докато други са имали самостоятелна изява.

Подобни изследвания могат да бъдат полезни за държавната администрация, за научни цели, за широката публика и за целите на сеизмичното райониране на град София.

## Литература

- Авдев, С. 2007. *Разрушителните исторически земетресения в София*. С., Бесике, 120 с.
- Рангелов, Б., С. Димитрова. 2010. Земетресенията в София. – *Минно дело и геология*, 9-10, 27-31.
- European-Mediterranean Seismological Centre, <http://www.emsc-csem.org>
- International Seismological Centre, <http://www.isc.ac.uk/>
- Paskaleva, I., B. Rangelov, N. Koleva. 2001. Assessment of the seismic displacements for the Sofia valley district. – *Proc. Final Conf. UNESCO WG, June 27-30, Sofia*, 110-117.
- Paskaleva, I., G. Panza, F. Vaccari, P. Ivanov. 2004. Deterministic Modelling for Microzonation of Sofia – an Expected Earthquake Scenario. – *Acta Geod. Geoph. Hung.*, 39, 2-3, 275-295.
- Rangelov, B. 1993. Seismic danger education strategy. – *Abstr. 8th Int. Symp. Earthquake Prognostics. Sept. 27-29, 1993, Tehran*, 18-19.
- Rangelov, B., T. Toteva. 1998. *Recent seismicity observed around Sofia city*. – *Proc. 3-rd UNESCO WG Meeting. Dec. 2-5, 1998, Sofia*, 7-9.
- United States Geological Survey, <http://earthquake.usgs.gov/>