

ЗЕМЕТРЕСЕНИЯТА "ЧИРПАН – ПЛОВДИВ" ОТ АПРИЛ 1928 Г. – МЕХАНИЗЪМ, ПРИРОДА, СЕИЗМИЧЕН ЦИКЪЛ И ОПАСТНОСТ

Димитър Димитров

Национален институт по геофизика, геодезия и география – Българска академия на науките
e-mail: clgdimi@abv.bg

Ключови думи: земетресения, моделиране, геофизични, палеосейсмични и GPS данни

Резюме: Представени са резултатите от многогодишните изследвания на земетресенията от Април 1928 г. „Чирпан – Пловдив“ - механизъм, природа, сейсмичен цикъл и опасност.

EARTHQUAKES „CHIRPAN – PLOVDIV“ OF APRIL 1928 MECHANISM, NATURE, SEISMIC CYCLE AND HAZARD

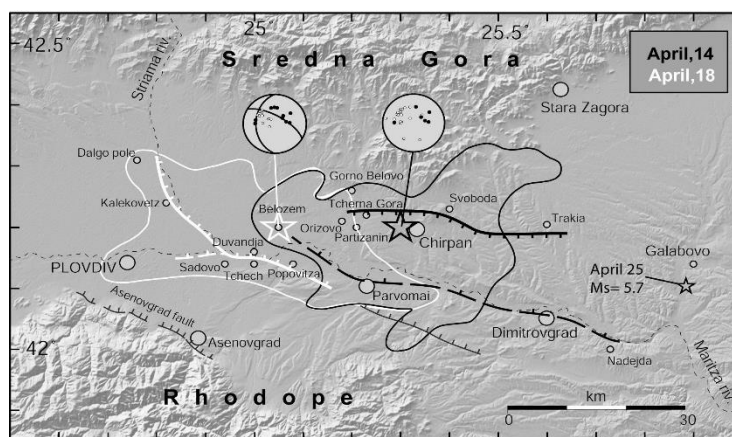
Dimitar Dimitrov

National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: clgdimi@abv.bg

Keywords: Earthquakes, modeling, geophysics, paleoseismic and GPS data

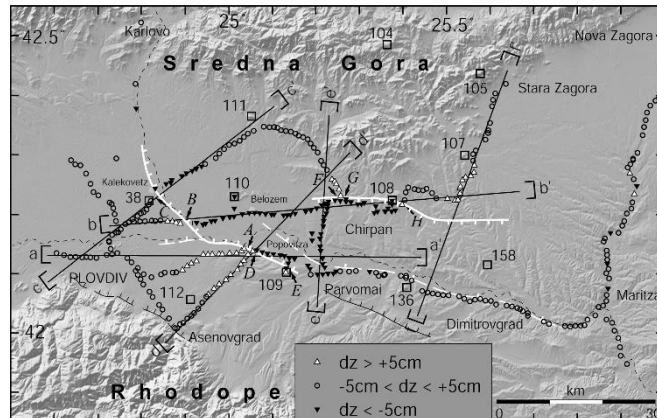
Abstract: We present the results of study for mechanism, nature and seismic cycle and hazard for April 1928 EQ in Bulgaria.

Районът "Чирпан – Пловдив" в Горнотракийската низина е от най-изявените сейсмогенни зони в източното Средиземноморие Фиг. 1, известен със силните земетресения от 14 и 18 Април 1928 г. с Магнитуд $M = 6.8$ и $M = 7.0$ [1].



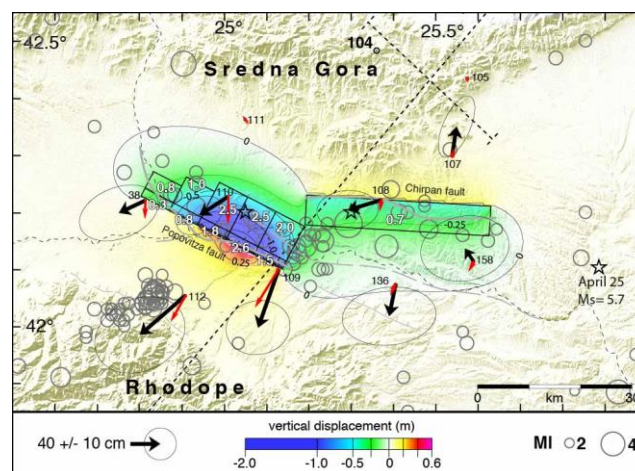
Фиг. 1. Сейсмогенната зона „Чирпан – Пловдив“ с епицентрите на двата главни труса, най-силният афтершок, главните ко-сейсмични разкъсвания, зоните на максимални разрушения и механизмите на сейсмичните огнища

Катастрофалните трусове от 14 и 18 април 1928 г. са предизвикали значими повърхностни деформации, количествено определени в единна система чрез прецизни нивелачни измервания, осъществени непосредствено преди и след двата труса Фиг. 2.

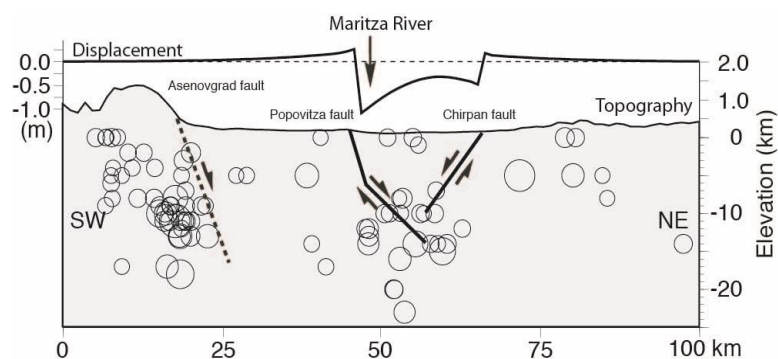


Фиг. 2. Схематично представяне на геодезически данни за вертикални ко-сеизмични премествания

По данните за вертикалните ко-сеизмични премествания на 360 нивелачните репери и данни за хоризонтални ко-сеизмични премествания на триангулационни точки от 1926–1993 г. е осъществено моделно изследване, прилагайки усъвършенстваният модел на Окада, 1985 [2], Фиг. 3 и 4.



Фиг. 3. Главни разломи на трусовете от 14 и 18 април 1928 г., получени от моделното изследване



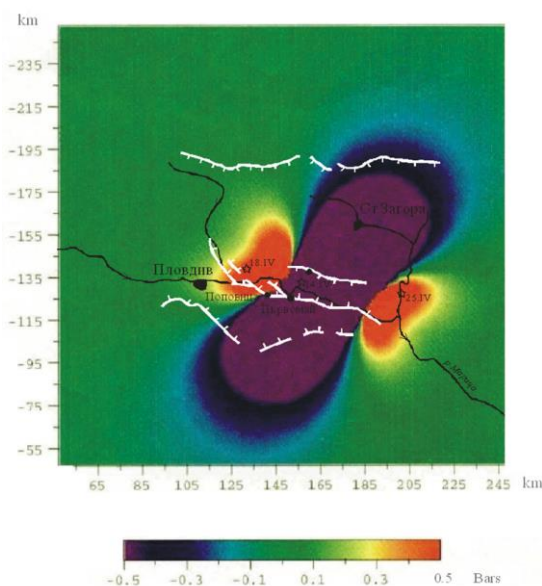
Фиг. 4. Напречно сечение NE-SW на геометричните и дислокационни параметри на земетресенията от Април 1928 г., с профил на релефа и съвременната инструменталната сеизмичност

Моделното изследване определи механизъмът, сеизмотектонските и дислокационни параметри на земетресенията от 14 и 18 април 1928 г. (Фиг. 3 и 4):

За труса от 14 Април 1928 г.:

- рязкото хлъзгане е станало по един разсед с дължина 36 km и Азимут N 94.5° ;
- наклонът на разлома спрямо повърхността е 60° от север към юг;
- дълбочината на сеизмичното огнище на труса от 14 Април е 10 km;
- векторът на хлъзгане по разседната повърнина на разлома е 0.7 m;
- сеизмичният момент е $M_0 = 0.96 \times 10^{19}$ [N.m], съответства на $M_w = 6.7$.

С получените сеизмотектонски и дислокационни параметри на труса на 14 Април 1928 г. чрез моделът на Кулон е определен ко-сеизмичния пренос на тектонските напрежения в района, което обяснява механизма и природата на вторият по-силен трус, и най-силния афтершок (Фиг. 5).



Фиг. 5. Ко-сеизмичен пренос на регионалните тектонски напрежения от труса от 14 април 1928 г. по Кулон, представен с цветова скала в [Bars]

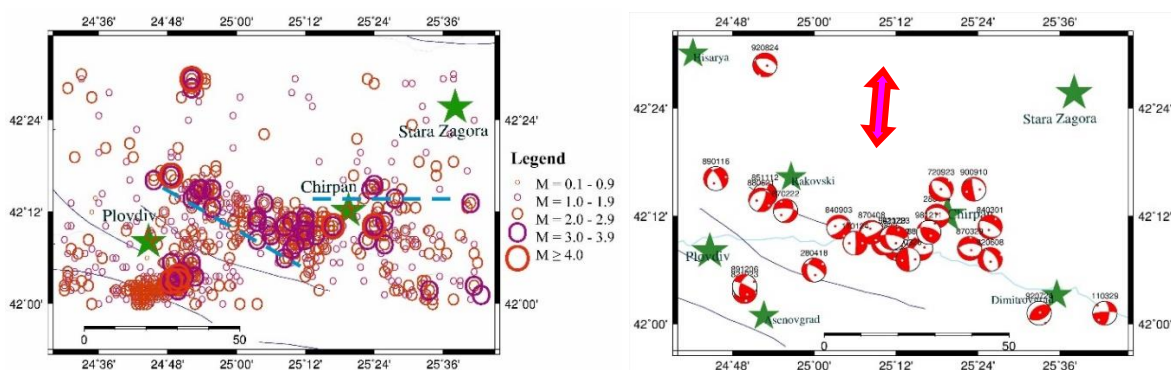
За труса от 18 Април 1928 г.:

- пренесеното напрежение от труса на 14 Април активира един листричен разлом с дължина 62 km и Азимут N 298.58° (Фиг. 5);
- разломът има променящ се наклон в дълбочина от 75° до 45° при повърхността;
- дълбочината на сеизмичното огнище на труса от 18 Април е 15 km;
- векторът на хлъзгане се променя в дълбочина и по протежението от 0.3 m до 2.6 m;
- общият сеизмичен момент е $M_0 = 2.77 \times 10^{19}$ [N.m], съответства на $M_w = 7.0$.

Получените резултати от моделните изследвания се съгласуват с:

- тектонските разкъсвания на повърхността, наблюдавани веднага след двата труса и картирани от Бончев и Бакалов, 1928; от Заеков, 1932 и в ДИПОЗЕ, 1932 [2];
- с геоложките характеристики на зоната [4];
- със стойностите на параметрите на главни разломи на земетресения с $M > 6$ (Казахара, 1984);
- с заключението на Връблянски, 1975 г., че „на Запад от Чирпан разломът е силно усложнен“;
- със сеизмичните данни: Магнитуд, епицентрите, дълбочината на двата труса, сеизмичните моменти и освободено напрежение 80 bars [7];
- със сеизмотектонските изследвания [8] и с най-новите сеизмоложки изследвания [1].

Съвременната инструментална сеизмичност в района по данни от НОТССИ за периода 1981–2015 г. [3], се съгласува напълно с главните разломи на трусовете от 14 и 18 Април 1928 г., определени от моделното изследване Фиг. 6а. Механизмите на сеизмичните огнища на 28 земетресения с $M \geq 3.5$ за периода 1928-2015 г. и средната им стойност Север - Юг на освободените напрежения Фиг. 6б [3], потвърждават природата на земетресенията в зоната "Чирпан – Пловдив".



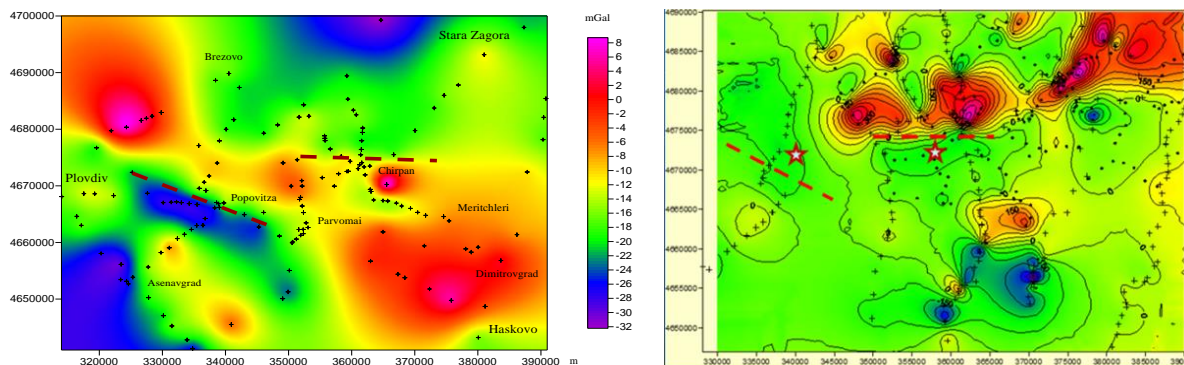
Фиг. 6а. Съвременната инструментална сеизмичност в района по данни от НОТССИ за периода 1981–2015 г.

6б. Механизми на сеизмичните огнища на 28 земетресения с $M \geq 3.5$, за периода 1928–2015 г.

В периода 2005–2008 г. се осъществиха детайлни геофизични изследвания в района, поразен от трусовете от 14, 18 и 25 Април 1928 г.

Гравиметричните измервания по 193 репери от Държавната нивелация, показаха аномалии „Буге“ в [mGal], в недвусмислена връзка на двата главни разлома с геоложките структури в зоната [2] (Фиг. 7а).

Особено е отчетлива връзката на разлома, активирал се при втория трус от 18 Април 1928 г. с геоложкия праг от най-стария планински масив в Европа - Родопите.



Фиг. 7а. Схематична карта на аномалиите „Буге“, по данни от 193 измерени станции при плътност 2.67 g/cm^2 ,

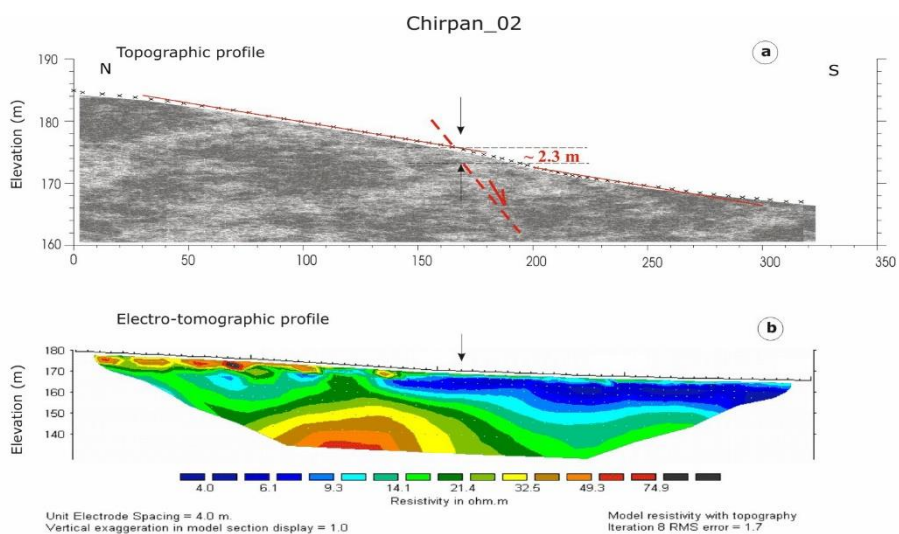
7б. Схематична карта на абсолютното магнитно поле, по данни от 180 станции, редуцирано към полюса, в [nT].

Определеното абсолютно магнитно поле, по данните от 180 измерени станции в района, редуцирано към полюса в [nT], [2], показва връзка на разломът, активирал се на 14 Април с вулканичните структури на север от град Чирпан [4] (Фиг. 7б).

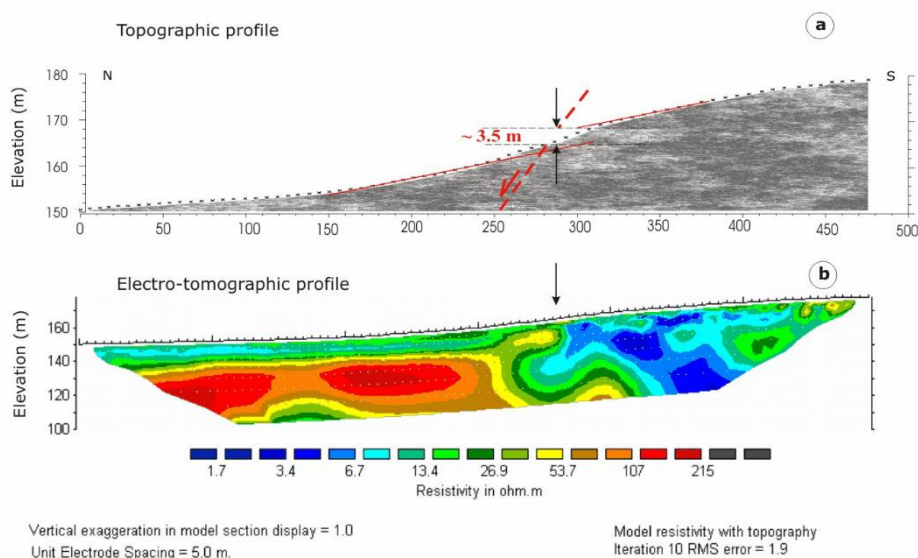
Резултатите от геофизичните изследвания показват съществени аномалии, свързани с главните разломи на трусовете от Април 1928 г., изясняват геоложките структури в района и дискуссионни въпроси за природата на земетресенията в зоната.

По Договор за сътрудничество с Кралската обсерватория на Белгия, и съвместно с Геологичният институт на БАН и INGV Рим се осъществиха палеосейсмоложки изследвания в

района, чрез топографски профили на остатъчните повърхностни разкъсвания по двата главни разлома, електро-томографски профили и траншеи [8] (Фиг. 8 и 9).



Фиг. 8. Напречен профил, пресичащ Чирпанския разлом: а) топографски профил на остатъчното повърхностно разкъсване по разлома; б) електро-томографски профил – инверсен модел.



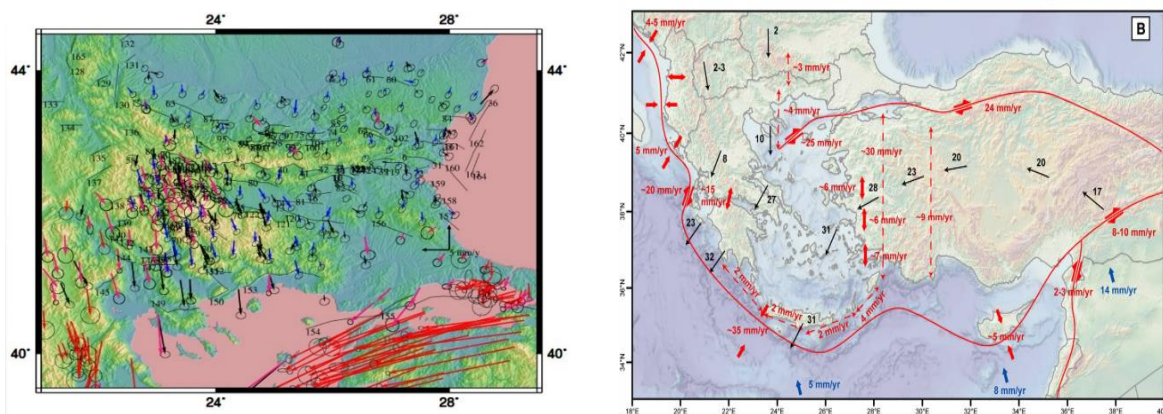
Фиг. 9. Профил, пресичащ напречно Поповишкия разлом: а) топографски профил на остатъчното повърхностно разкъсване по разлома; б) електро-томографски профил – инверсен модел.

Палеосейсмоложките изследвания в района определиха сеизмичните цикли по двата главни разлома на земетресенията от Април 1928 г. [8]:

- По главният разлом на труса от 14 април за последните 10000 г. се установиха 3 палеоземетресения с $M \geq 6.8$. Изчислен е средният интервал на повтаряемост на земетресения с $M \geq 6.8$ на 2350 ± 643 г. [8]. *Journal Geophysical Research* 111, B01303/2005.

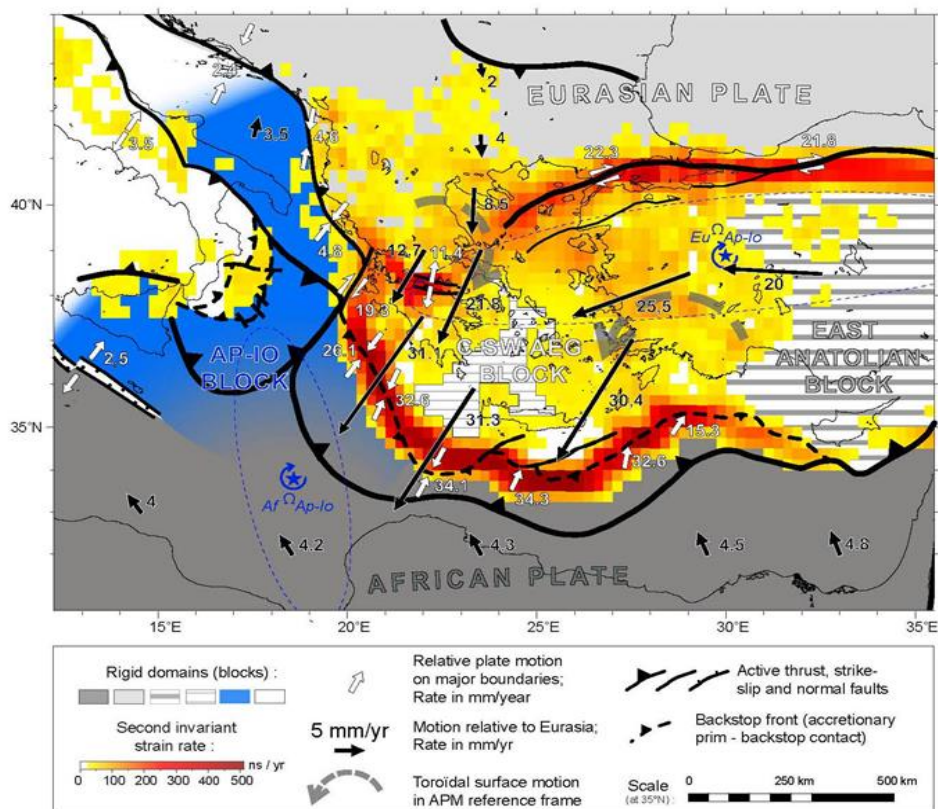
- По главния разлом на труса от 18 април за последните 10 000 г. са установиха 2 палеоземетресения с $M \geq 7.0$. Средният интервал на повтаряемост на земетресения, сравними или по-силни от това на 18 април 1928 г. е приблизително 2500 ± 800 г. [8].

Резултатите от многогодишният GPS мониторинг на територията на България Фиг. 10а и на източното Средиземноморие Фиг. 10б [5], позволиха да се определи скоростта на деформациите в района в [ns/yr] и оценят тектонските напрежения [6].



Фиг. 10а Съвременните тектонски движения в България и околните земи от 20 годишния GPS мониторинг
 10б. Съвременните тектонски движения в Източното Средиземноморие от 30 годишния GPS мониторинг

Съвременните тектонски напрежения в зоната "Чирпан – Пловдив" се съгласуват с данните от полеосейсмоложките изследвания, определените сеизмични цикли на двата главни разлома и оценяват сеизмичната опасност (Фиг. 11).



Фиг. 11. Съвременната кинематика и тектоника на района, с определените скорости на деформация в източното Средиземноморие в [ns/yr], за оценка на сеизмичната опасност

Заклучение:

- направен е анализ на данните за ко-сеизмичните премествания чрез усъвършенстван аналитичен модел, получено е недвусмислено решение на геометричните и сеизмотектонските параметри за главните разломи на земетресенията от 14 и 18 Април 1928 г.;
- изследван е ко-сеизмичния пренос на регионалните напрежения на двата главни труса за изясняване на физическият механизъм на двата главни труса и основният афтершок;

- оценени са геоложките структури в зоната „Чирпан – Пловдив“ по резултатите от изпълнените геофизични изследвания чрез прецизни гравиметрични и магнитни измервания, което спомага за по-доброто опознаване на природата на силните земетресения в района;

- определени са сеизмичните цикли на двата главни разлома на земетресенията от Април 1928 г., по данните от измерените остатъчните теренни разкъсвания, напречни топографски и електротомографски профили, и съвместният им анализ с данните от палеосеизмичните траншеи;

- по главния разлом на труса от 14 април за последните 10 000 г. /холоцена/ се установиха 3 палео-земетресения с $M \geq 6.8$. Изчислен е средният интервал на повтаряемост на земетресения с $M \geq 6.8$ на 2350 ± 643 г. *Journal Geophysical Research* 111, B01303/2005;

- по главния разлом на труса от 18 април за последните 10 000 г. се установиха 2 палео-земетресения с $M \geq 7.0$. Средният интервал на повтаряемост на земетресения, сравними или по-силни от това на 18 април 1928 г. е приблизително 2500 ± 800 г.;

- геодезическите данни от GPS измерванията в България и Източното Средеземноморие определиха скоростта на деформациите в района и регионалните тектонски напрежения за оценка на сеизмичната опасност;

- многогодишните комплексни изследвания на земетресенията от Април 1928 г. и на зоната „Чирпан – Пловдив“, доказват с нови средства и технологии нови факти и отхвърлят съществуващи хипотези.

Литература:

1. Christoskov, L., (1998) "70 years of Earthquakes in Chirpan – Plovdiv 1928", Symposium Geodynamic Investigations Related to the 1928 Earthquakes in Chirpan – Plovdiv, Sofia 09 October 1998, *Special Ed. Bulg. Acad. Sci.*, 5–24.
2. Димитров Д. (2009), «Геодезически изследвания на сеизмогенни зони», Дисертация дтн, ЦЛВГ, БАН
3. Димитров, Д., Е. Ботев, В. Протопопова, М. Еверхард, Е. Михайлов и Ил. Чолаков (2015) "Геофизични аномалии в Горнотракийската низина и връзката им с главните разломи, активирали се при земетресенията от април 1928 г. и съвременната инструментална сеизмичност" S1-01, Доклади от Седма национална конференция „Геофизика 2015“, 25 години ДГБ, 20 – 23 май 2015 г., София.
4. Шанов Ст. и др. (1998) „Сеизмотектонски модел на маришкия сеизмичен район“ Сборник доклади от симпозиума „Геодинамични изследвания, свързани със земетресенията от 1928 г. в Чирпан – Пловдив“, БАН, 101–111.
5. Noquet J.M. (2012) Present-day kinematics of the Mediterranean: A comprehensive overview of GPS results, *Tectonophysics* 579(B10):220–242.
6. Perouse E., M. Sebrier, R. Braucher, N. Chamot-Rooke, Didier Bouries, P. Briole, D. Sorel, D. Dimitrov, S. Arsenikos (2014) "Transition from collision to subduction in Western Greece: The Katouna-Stamna active fault system", *Geophysical Journal International*, GJI-S-14-0850.
7. Rangelov, B., Rizhikova, S. & Dimitrov, B. (1994) "Plovdiv residual deformations of the 1928 earthquake and determination of the new parameters", *Geologica Balcanica*, 14 (5), 67–72.
8. Vanneste, K., Radulov, A., De Martini, P., Nikolov, G., Petermans, T., Verbeek, K., Camelbeeck, T., Pantosti, D., Dimitrov, D. & Shanov, S., 2006. "Paleoseismologic investigation of the fault rupture of the 14 April 1928 Chirpan earthquake ($M = 6.8$), southern Bulgaria", *Journal of Geophysical Research*, 111(B01303).

Благодарности.

Издавам моята голяма благодарност за помощта и съвместната работа по горните изследвания на колегите проф. Е. Ботев, проф. Ст. Шанов, на колегите от ИФЗ Париж, Кралската обсерватория на Белгия, ИНГВ Рим и на всички колеги от ЦЛВГ – БАН.