

**ИЗСЛЕДВАНЕ НА СЕИЗМОТЕКТОНСКИТЕ ПАРАМЕТРИ  
НА КАТАСТРОФАЛНИТЕ ЗЕМЕТРЕСЕНИЯ ОТ 1954 И 1980 Г.  
В СЕВЕРЕН АЛЖИР ЧРЕЗ МОДЕЛИРАНЕ НА ГЕОДЕЗИЧЕСКИ ДАННИ**

**Димитър Димитров**

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

***Ключови думи:** земетресения, моделиране, геодезически данни*

***Резюме:** Представени са резултатите от ново изследване на сеизмотектонските параметри на катастрофалните земетресения от 1954 г.  $M=6.7$  и 1980 г.  $M=7.3$  в северен Алжир чрез аналитично моделиране на данни за косеизмични премествания на геодезически репери. Получените сеизмотектонски параметри потвърждават наличието на общ главен разлом на земетресенията от 09.09.1954 г. и 10.10.1980 г., и отхвърлят публикувани хипотези и изясняват дискуссионни въпроси, като се съгласуват с геоложките, тектонски и геофизичните изследвания изпълнени в района.*

**STUDY OF SEISMOTECTONIC PARAMETERS OF THE 1954 AND 1980  
EARTHQUAKES IN NORTH ALGERIA BY MODELING OF GEODETICS DATA**

**Dimitar Dimitrov**

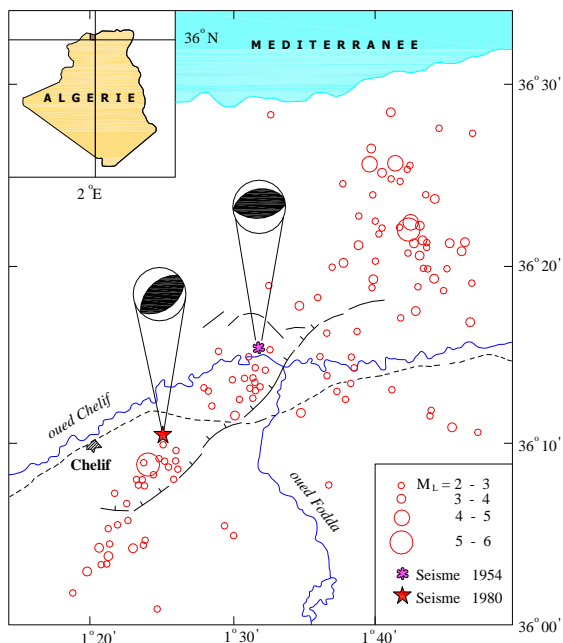
*National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography – Bulgarian Academy of Sciences  
e-mail: clgdime@abv.bg*

***Key words:** earthquakes, modeling, geodetics data*

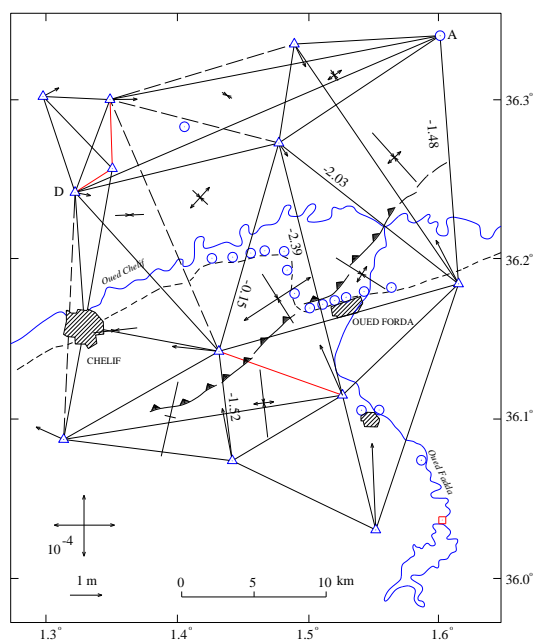
***Abstract:** The results of the seismotectonic parameters study of the 1954  $M=6.7$  and 1980  $M=7.3$  Earthquakes in North Algeria determined by modeling on data for co-seismic displacement are presented. The established seismotectonic characteristics confirm connection between the faults activated during the earthquakes of 09.09.1954 and 10.10.1980. The obtained by modeling of geodetics data result main fault are in a good agreement with the geological, tectonics, seismological and geophysical investigation carried out in the region.*

**Изследване на деформациите от земетресенията от Ел Аснам 1980 г. през 1981 г.**

Районът на град Шлеф (бивш Ел Аснам) в северен Алжир е от най-активните зони на контакт на Африканската и Евроазиатската тектонски плочи, където са станали голям брой катастрофални земетресения и са наблюдавани ярки ко-сеизмични деформации (Фиг. 1). Земетресенията от 09.09.1954 г.  $M=6.7$  и от 10.10.1980 г.  $M=7.3$  са от най-силните и известни поразили района и отнели хиляди човешки живота. След земетресението от 1954 г. изследванията не са успели да установят главната посока на деформациите [1]. След катастрофалното земетресение от 1980 г. Институтът по физика на Земята, Париж преизмерва части от държавните геодезически мрежи в района (триангулация и нивелация. През 1981 г. преизмерват ъглите и 3 дължини на държавната триангулация мрежа в зоната и определят хоризонтални премествания над 2 m [2] (Фиг. 2).

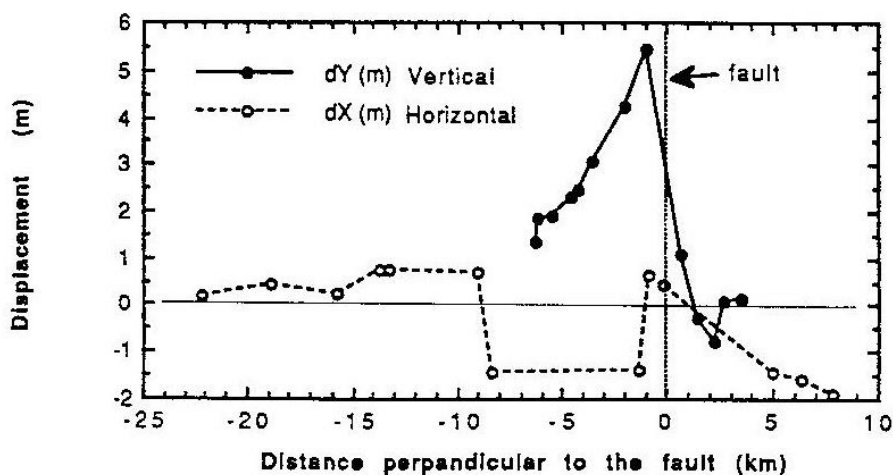


Фиг. 1. Сеизмогенната зона Шлеф в северен Алжир с епицентрите на катастрофалните земетресения от 1954 и 1980 г., механизмите на сеизмичните им огнища, и главните сеизмотектонски разкъсвания и главните автършокове на труса от 10.10.1980 г.



Фиг. 2. Релативните косеизмични хоризонтални премествания на геодезичките точки са представени с вектори, а средните тензори на деформациите вектори са показани в триъгълниците. Скъсяването на дължините са представени с цифри, а реперите от нивелацията с кръгчета.

Геодезически определените хоризонтални и вертикални ко-сеизмични деформации от земетресението от 10.10.1980 г. спрямо изявата на главния разлом на повърхността установили, че най-значимите хоризонтални премествания са в зона до 10 km от двете страни на главния разлом (Фиг. 3). При вертикалните ко-сеизмични премествания, в зоната на възсед, максималното издигане се ограничава в първите 6 - 7 km от разлома, докато пропадането във възседнатата зона е ограничено само в ивица от 2 - 3 km от главните теренни разкъсвания (Фиг. 3).

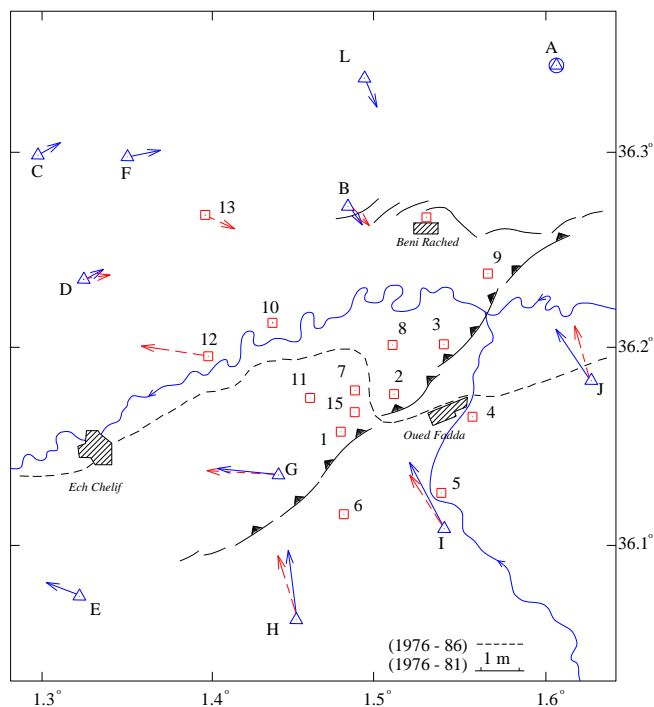


Фиг. 3. Ко-сеизмичните премествания [m] от земетресението от 10.10.1980 г., представени по профил перпендикулярен на повърхностната изява на главния разлом. С пълтните кръгчета и линия са представени вертикалните ко-сеизмични премествания, а с празните кръгчета и прекъснатата линия хоризонталните премествания. Разстоянието от разлома в [km].

#### Измервания за определяне на косеизмични премествания 1986 – 1991 г.

В зоната около главните тектонски разкъсвания от труса от 1980 г. се конструира на база на съществуващата триангулация нова изследователска мрежа [3] (Фиг. 4). През 1986 г. се измериха с теодолит ТЗ ъглите и с DI 20 всички дължини на мрежата. В измерванията бяха

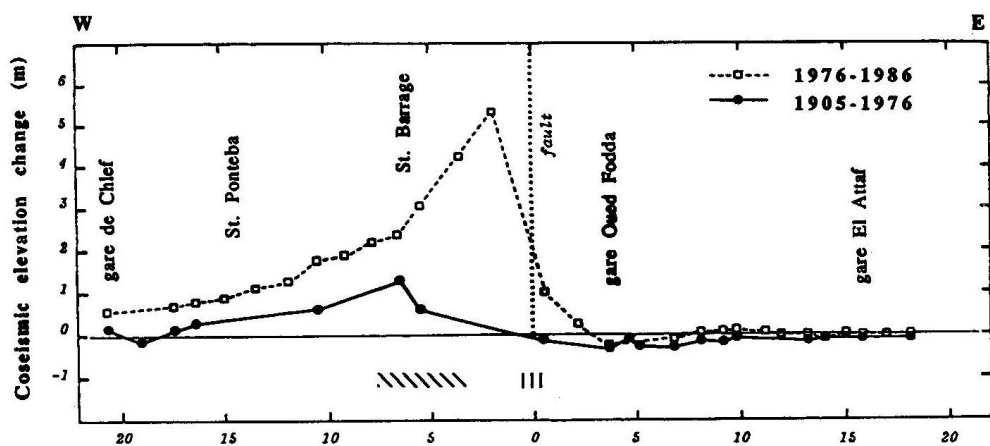
включени и новостабилизираните контролни точки Измерването на новата мрежа през 1986 г. и сравнението на получените данни с данните от измервания преди 1976 г. позволиха и да се потвърдят значителните ко-сеизмични премествания от земетресението от 10 октомври 1980 г.. Сравнението на ко-сеизмичните хоризонтални премествания на триангулационните точки в зоната е спрямо една и съща изходна точка (A) и посока, и е представено на Фиг. 4. Получените с различни методи и от различни екипи идентични по стойности и посоки премествания потвърждават напълно значителните ко-сеизмични премествания [2], предизвикани от земетресението от 10.10.1980 г.



Фиг. 4. Сравнение на определените ко-сеизмични хоризонтални премествания на триангулационни точки от земетресението от 1980 г.  $M=7.3$ . С червените пунктирени стрелки са показани ко-сеизмичните премествания, определени от автора, а със сини тези определени от [2]. Новостабилизираните контролни станции са представени с червени квадрати.

Геодезическа мрежа за мониторинг на вертикалните движения беше стабилизирана през 1986 г. в зоната на максималните ко-сеизмични деформации, като включва съществуващите нивелачни репери от държавната нивелация и се опира на релативно стабилни, отдалечени на по 20 km от разлома зони (Фиг. 5). Периодичните измерванията и сравнението на новополучените данни с данните от измервания от 1905 и 1976 г. преди съответните трусове от 1954 и 1980 г. позволиха да се определят значителни ко-сеизмични премествания. Вследствие на двете земетресения се регистрира издигане на нивелачни репери във възседната зона до 1.34 m от труса от 1954 г. и издигане до 5.43 m от труса от 1980 г. (Фиг. 5).

Анализът на геодезически определените хоризонтални и вертикални ко-сеизмични деформации от земетресението от 10.10.1980 г. спрямо изявата на главния разлом на повърхността потвърди, че най-значимите хоризонтални премествания са в зона до 20 km от двете страни на главния разлом (Фиг. 4). Вертикалните ко-сеизмични премествания (Фиг. 5), в зоната на възсед, максималното издигане се ограничават в първите 10 km от разлома, докато пропадането във възседнатата зона е ограничено само в ивица от 5 km от главните теренни разкъсвания.



Фиг. 5. Сравнение на определените вертикални ко-сеизмични премествания на нивелачните репери от земетресението от 1954 с  $M=6.7$  (с плътна линия) и от 1980 г. с  $M=7.3$  (с прекъснатата линия) по железопътната линия Алжир–Оран. Разстоянията са в km спрямо главното теренно разкъсване при труса от 1980 г. по нивелачния ход. Защриховките показват зоните на деформация на железопътните релси при двата труса – (\\\\\\\\\\\\\\\\) от 1954 г. и при труса от 1980 г. с (| | |).

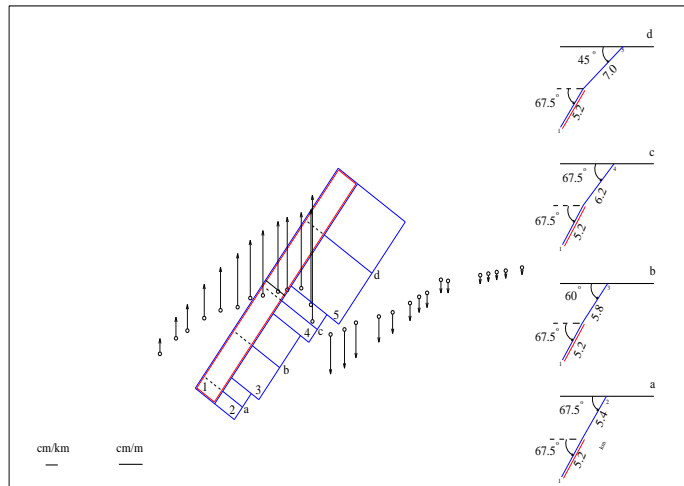
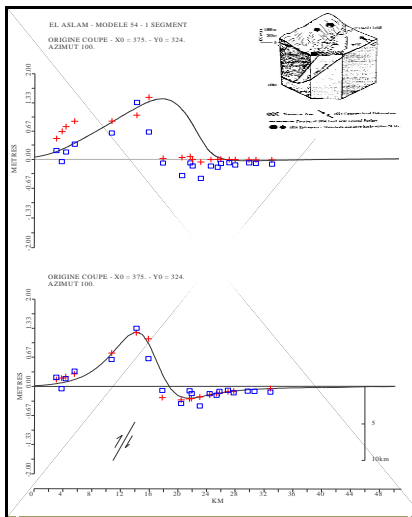
### Анализ на косеизмичните премествания чрез аналитично моделиране

Направено е моделно изследване на ко-сеизмичните премествания предизвикани от двете катастрофални земетресения в района на гр. Ел Аснам. Конструирани са различни по положение в полупространството и по конфигурация разломи, апроксимирани с четириъгълници и като се имитират движения по тях. Приложени са и обратната и правата геофизични задачи на усъвършенстваният модел на [4], като се търси най-добро съвпадане на измерените премествания с аналитичните. Изследването позволи да се определят сеизмотектонските параметри на двата труса и да се реконструира физическият механизъм на трусовете от 09.09.1954 и 10.10.1980 г.

Моделното изследване на геодезическия данни за ко-сеизмичните премествания позволи да се определят следните параметри на главният разлом:

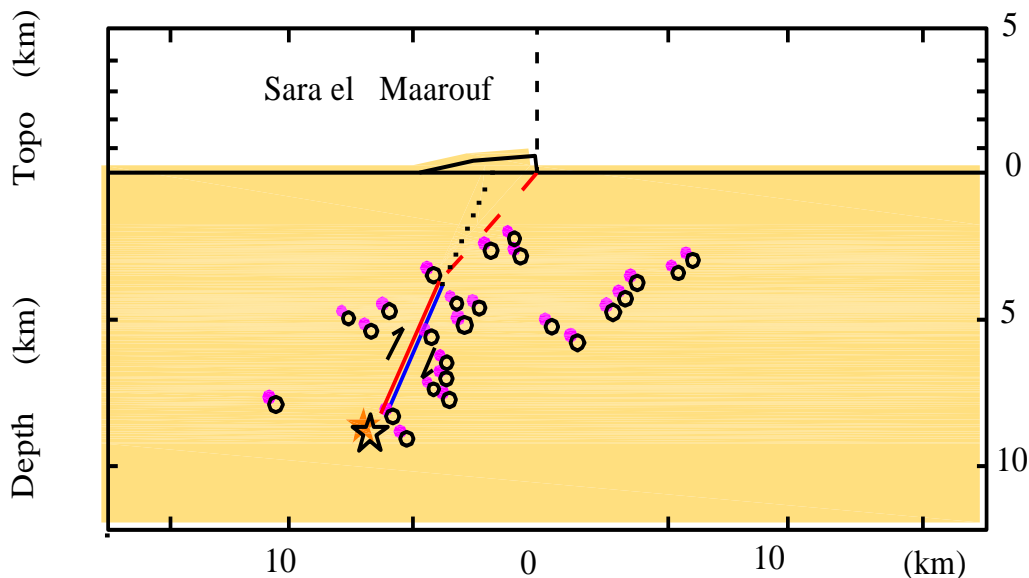
- ориентация (азимутът) на разлома (Az) - N 216.9°;
- дължина на разлома - 21 km ;
- ширина на разлома 1954 г. 5 km и 1980 г. 12 km ;
- наклон на разлома в дълбочина спрямо повърхността (Dip) - от 67° до 45°;
- стойност на вектора на хлъзгането по разлома (Slip) - 3.5 m 1954 г. и - 8 m 1980 г.;
- дълбочина на разлома - 10 km;
- сеизмичен момент ( $M_0$ ) =  $1.35 \times 10^{19}$  (Nm) 1954 г. и  $M_0 = 5.6 \times 10^{19}$  (Nm) 1980 г.;
- Магнитуд ( $M_w$ )  $M_w = 6.5$  1954 г. и  $M_w = 6.9$  1980 г.;
- най-голямо отклонение при моделирането - в азимута - 2°.
- при вектора - 0.5 m.

Тези стойности са много близки до стойностите получени от автора при предходно изследване за същата зона и потвърждават наличието на общ разлом, хлъзгането по който е предизвикало и двете земетресенията от 1954 и 1980 г. Получените резултати отхвърлят хипотезите развити в [5] Фиг. 6, за отделни разломи на двата труса, на излишното усложнената конфигурация, предложена в [6], както са и в противоречие с механизма на непрекъснато разкъсване в еднородна еластична полусреда.



Фиг. 6. В ляво долу - най- доброто съвпадане на моделните премествания с измерените ко-сеизмични след труса от 09.09.1954 г., както и схематично положението на главния разлом. Горе е представена схематично хипотезата на [5] и съответстващият модел на косоизмичните премествания  
 В дясно – моделните премествания на реалните нивелачни репери след труса от 10.10.1980 г. и напречни сечения на главния разлом, получен от изследването.

Получените резултати (Фиг. 6) и новите сеизмотектонски параметри на главния разлом не се различават съществено от тези установени от автора през 1995 г., което се дължи на малкото количество геодезически данни за ко-сеизмичните премествания и почти успоредното разположение на реперите спрямо главния разлом.



Фиг. 7. Схематично представяне на получените от моделирането главния разлом на трусовете от 1954 и 1980 г. в дълбочина (съответно със син и червен цвят за 1954 и 1980 г.), в сечение перпендикулярно на главните теренни разкъсвания през 1980 г. Показани са главните автершокове на труса от 10.10.1980 г., в дълбочина, както и масивът Сара Ел Маруф, който при труса от 1954 г. е блокирал разлома в дълбочина.

Моделното изследване потвърждава наличието на един общ главен разлом на катастрофалните земетресения от 09.09.1954 и 10.10.1980 г. в сеизмогенна зона Шлеф в северен Алжир (Фиг. 7.). Получените сеизмотектонски параметри отхвърлят публикувани хипотези и изясняват дискуссионни въпроси [5, 6], като се съгласуват с геоложките, тектонски и геофизичните изследвания изпълнени в района.

## **Заклучение**

- направените изводи за ко-сеизмичните премествания в зона на възсед:
  - най-значимите хоризонтални премествания са в зона до 20 km от двете страни на главния разлом ;
  - максималните вертикални ко-сеизмични издигания се ограничават в първите 10 km от разлома, докато пропадането във възседнатата зона е в ивица от 5 km от главните теренни разкъсвания ;
  
- направен е нов анализ на ко-сеизмичните премествания от земетресенията от 1954 и 1980 г. в района на град Шлеф с усъвършенствания модел на [4].
  
- получените сеизмотектонски параметри потвърждават напълно наличието на общ главен разлом на земетресенията от 09.09.1954 и 10.10.1980 г., отхвърлят публикувани хипотези и изясняват дискуссионни въпроси .

## **Литература:**

1. Rothe et al.1977 Les deformations liees au seisme de 1954 d'El Asnam, ex Orleanville, Bull.Soc.Geol. XIX, 3
2. Ruegg et al.1982 Deformations associees with the earthquake of 10.10.1980. Geodetic determination of vertical and horizontal movements, BSSA, 72, № 6.
3. Dimitrov et al.1987 Mesures geodesiques liees aux deformation de lecoree terrestre au niveau d Ech Chelif, Algerie du Nord, Comptes Rendus de l Académie des Sciences - Series IIA - Earth and Planetary Science, Paris, t. 305, series II.
4. Okada, Y. 1992 Internal deformation due to shear and tensile faults in a half space, BSSA., 82, № 2, 1018-1040. 5. Meyer et al. 1990 Comparaisons morphologiques des escarpements inverses et normaux synchrones du tremblement de terre d'El Asnam, Comptes Rendus de l Académie des Sciences - Series IIA - Earth and Planetary Science, Paris.
5. Meyer et al. 1990 Comparaisons morphologiques des escarpements inverses et normaux synchrones du tremblement de terre d'El Asnam, Comptes Rendus de l Académie des Sciences - Series IIA - Earth and Planetary Science, Paris.
6. Healy et al. 2004 (2004) Fracture prediction for the 1980 El Asnam, Algeria Earthquake via elastic dislocation modeling, Tectonics, vol.23, TC6005.