

---

**SERIES OF EARTHQUAKES IN THE VLANDOVO EPICENTRAL AREA, MAY –  
JUNE 2009**

**Jasmina Najdovska**

Seismological Observatory of the Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Ss. Cyril and Methodius University, Skopje, Macedonia, najdovskaj@yahoo.com

**Katerina Drogreshka**

Seismological Observatory of the Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Ss. Cyril and Methodius University, Skopje, Macedonia, katerinadrogreska@yahoo.com

**Dragana Chernih**

Seismological Observatory of the Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Ss. Cyril and Methodius University, Skopje, Macedonia, dchernih@yahoo.com

**Abstract:** Seismic activity occurred in the Valandovo epicentral area was manifested through a series of weak to moderate earthquakes from May to June 2009. During this period more than a 2000 earthquakes were recorded by the telemetric seismological network of the Republic of Macedonia (SORM) and seismological stations from neighboring countries. Many of these earthquakes were felt on the territory of the Republic of Macedonia, Greece and Bulgaria. The strongest earthquake, with local Richter magnitude  $M_L=5.1$  and epicentral intensity  $I_0=VII$  EMS-1998 scale, was on May 24, 2009, at UTC 16h 17min. According to all instrumental data, our latest investigation of seismic activity parameters for this epicentral area pointed out the activity of Valandovo fault and focal parameters were determined.

**Keywords:** Magnitude, focal mechanism, fault.

**СЕРИЈАТА ЗЕМЈОТРЕСИ ВО ВАЛАНДОВСКОТО ЕПИЦЕНТРАЛНО  
ПОДРАЧЈЕ, МАЈ – ЈУНИ 2009 ГОДИНА**

**Јасмина Најдовска**

Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Природно-Математички Факултет, Сеизмолошка  
Опсерваторија, Скопје, Република Македонија, najdovskaj@yahoo.com

**Катерина Дрогрешка**

Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Природно-Математички Факултет, Сеизмолошка  
Опсерваторија, Скопје, Република Македонија, katerinadrogreska@yahoo.com

**Драгана Черних – Анастасовска**

Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Природно-Математички Факултет, Сеизмолошка  
Опсерваторија, Скопје, Република Македонија, dchernih@yahoo.com

**Резиме:** Сеизмичката активност од Валандовското епицентрално подрачје во периодот мај – јуни 2009 година беше регистрирана на телеметриската мрежа на сеизмолошки станици на територија на Република Македонија (SORM) и сеизмолошките станици од соседните земји со околу 2000 земјотреси. Голем дел од овие земјотреси беа почувствувани на територијата на Република Македонија, Грција и Бугарија. Најсилниот земјотрес се случи на 24.5.2009 година, во 16h 17min (UTC), со локална Рихтерова магнитуда  $M_L=5.1$  и макросеизмички интензитет  $I_0=VII$  степени според Европската макросеизмичка скала EMS-1998. Според сите инструментални податоци применети во истражувањето на параметрите на сеизмичката активност на ова епицентрално подрачје, се укажува дека голем дел од случените земјотреси се резултат на активноста на Валандовскиот расед чии фокални параметри се одредени.

**Клучни зборови:** Магнитуда, механизам на жариште, расед.

**1. ВОВЕД**

Сеизмичноста на територијата на Република Македонија и околните региони е поврзана со вертикалните но и делумно хоризонталните поместувања на тлото вдоль нормалните раседни дислокации. Формирани со почетокот на неотектонската активност, која за целиот алпско-хималајски ороген појас се лоцира некаде

пред околу 26 милиони години, овие поместувања и денес се јавуваат како современи тектонски движења вдоль нормалните раседи [1].

Еден од примарните носители на сеизмичката активност на територијата на Република Македонија како најјасно издиференцирана сеизмогена зона на Балканот е Вардарската сеизмогена зона. Оваа сеизмогена зона во неотектонскиот стадиум се карактеризира со висок степен на деструкција – мозаична структура, одраз на тектонската раздробеност, со реактивирање на надолжни и попречни раседни дислокации. Во југоисточниот дел на оваа сеизмогена зона егзистира епицентралното подрачје Валандово, дефинирано уште во првите истражувања на Сеизмолошката опсерваторија. Ова епицентрално подрачје е едно од сеизмички најактивните епицентрални подрачја на територијата на Република Македонија и пограничните предели, а неговите сложени тектонски услови манифестираат карактеристична сеизмичка активност, во смисла на поврзаноста на земјотресите со активноста на раседните дислокации, честотата на појавата на земјотресите како и обликот на брановите форми на соодветните сеизмограми.

## 2. СЕИЗМИЧКА АКТИВНОСТ НА ЕПИЦЕНТРАЛНО ПОДРАЧЈЕ ВАЛАНДОВО ДО 2009 ГОДИНА

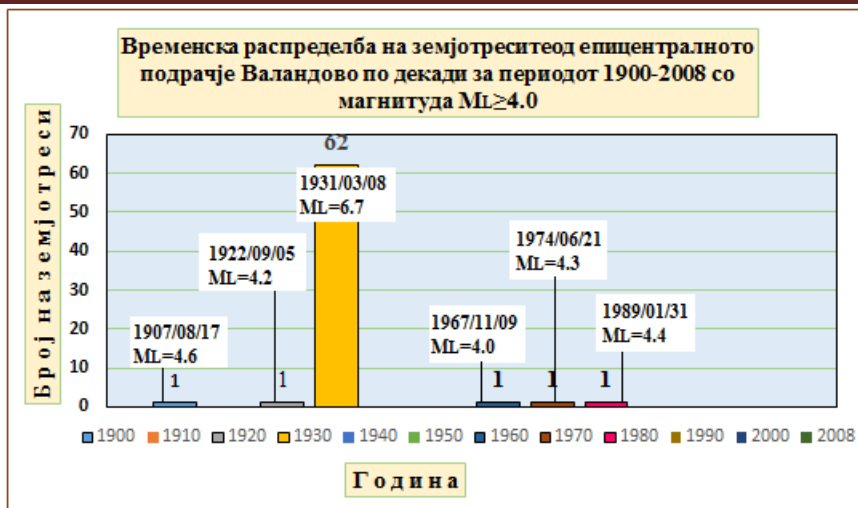
Досегашната сеизмичка активност на целото епицентрално подрачје Валандово се карактеризира со честа појава на земјотреси со локални магнитуди  $M_L < 4.0$ . Умерено силните земјотреси, изолирано или со серии на придружни послаби земјотреси, се набљудуваат главно во периоди од по неколку децении. Силните земјотреси,  $M_L \geq 6.0$ , се ретки [3, 5]. Времето на случување на првиот познат силен земјотрес, кој предизвикал уривања на античкиот град во близина на денешното с. Марвинци кај Валандово, во најновите сеизмолошки истражувања, условно е земено околу почетокот на III век п.н.е., согласно со археолошките наоди за уривање на спомнатиот антички град на наведената локација во тоа време [2]. Други два силни земјотреси се случиле во 1931 г., од долгата серија на земјотреси. Првиот, претходник на главниот земјотрес на серијата, се случил на 7.3.1931 г., во 00h 16min UTC, со географски координати на епицентарот  $\varphi = 41.28^{\circ}N$  и  $\lambda = 22.50^{\circ}E$ , со локална Рихтерова магнитуда  $M_L = 6.0$  и со епицентрален интензитет  $I_o = VIII$  EMS-1998. Главниот земјотрес од серијата се случил наредниот ден, на 8.3.1931 г., во 01h 50min UTC, со географски координати на епицентарот  $\varphi = 41.28^{\circ}N$  и  $\lambda = 22.50^{\circ}E$ , со локална Рихтерова магнитуда  $M_L = 6.6$  и со епицентрален интензитет  $I_o = X$  EMS-1998.

Според податоците со кои располага Сеизмолошката опсерваторија одредена е распределбата на земјотресите по интервали од по десет години (декади), за периодот од 1900 до 2009 година, случени во епицентралното подрачје Валандово. Овој временски период од десет години за анализа на временската хомогеност го исполнува условот, очекуваниот број на земјотреси со магнитуда поголема од зададената да не се менува значително од декада до декада. На Сл.1, дадена е распределбата по декади на земјотресите од каталозите на Сеизмолошката опсерваторија со магнитуда  $M_L \geq 4.0$ , за разгледуваниот период (овие каталози претставуваат еден од основните извори и база на податоци за детална и издржлива анализа на сеизмичкиот режим на разгледуваното епицентрално подрачје). Ова се потврдува и од картите на максималните очекувани интензитети, според кои повратните периоди односно временските интервали, го дефинираат очекуваното повратно макросеизмичко дејство во дадената област. Така за епицентралното подрачје Валандово за повратен период од десетина години вредностите на максимално очекуваните интензитети се во интервалот од V до VI EMS-1998, што одговара на магнитуди со вредност  $4.0 \leq M_L < 5.0$ . Бидејќи на хистограмот се дадени и најсилните случени земјотреси во разгледуваните декади, може да се забележи прилична изедначеност во големината на магнитудата, освен во третата декада каде големината на максималната магнитуда е значително поголема  $M_L = 6.7$ .

Исклучок од горе наведеното во оваа хистограмска презентација се последните две декади, каде имаме отсуство на земјотреси што го задоволуваат условот  $M_L \geq 4.0$ , а тоа пак може да се протолкува и како период на акумулирање на енергија, после кој во 2009 година се јавува серија на земјотреси.

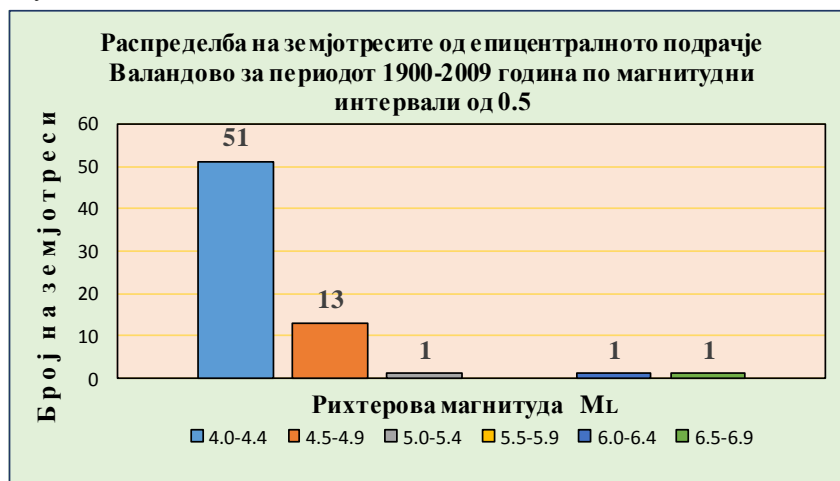
Битно е да се напомене дека, покрај горенаведените регистрирани и лоцирани земјотреси во разгледуваниот период во епицентралното подрачје Валандово се случиле и голем број на послаби земјотреси кои заради исполнувањето на условот  $M_L \geq 4.0$ , не се разгледувани.

При разгледувањето на послабите земјотреси  $M_L < 4.0$ , разликата во бројот на земјотресите, откако ќе се исклучи уделот на природниот тек на сеизмичката активност, е последица на отсуството на инструменталните податоци, поради малиот број на сеизмолошки станици кои биле во функција до 1960 година.



Сл.1. *Распределба на земјотресите од периодот 1900 до 2008 година по десет години (декади) со магнитуда  $M_L \geq 4.0$*

На Сл.2 прикажана е распределбата на земјотресите од разгледуваното епицентрално подрачје Валандово, по магнитудни интервали од по 0.5 степени од Рихтеровата скала во периодот од 1900 до почетокот на 2009 година. Очигледно е опаѓањето на бројот на земјотресите со зголемувањето на магнитудата. Во епицентралното подрачје Валандово најголем е бројот на земјотреси со магнитуди  $4.0 \leq M_L < 4.5$ , и тоа вкупно 51, а потоа бројот на земјотресите со магнитуди  $4.5 \leq M_L < 4.9$ , вкупно 13. Останатиот број се по еден земјотрес со магнитуда  $M_L \geq 5.0$ .

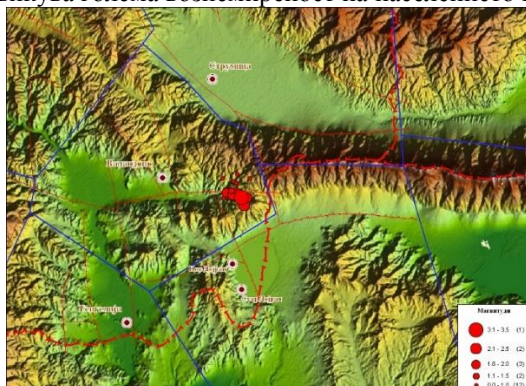


Сл.2 *Распределба на земјотресите од епицентралното подрачје Валандово за периодот 1900-2009 година по магнитудни интервали од по 0.5 степени според Рихтеровата скала*

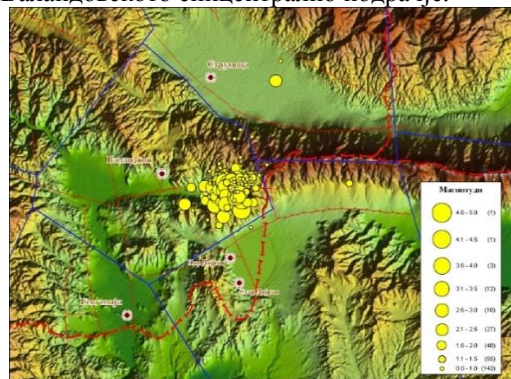
Според долгогодишните истражувања на Сеизмолошката опсерваторија, може да се заклучи дека сеизмичката активност на епицентралното подрачје Валандово се должи на меѓусебно диференцираните тонења на три морфоструктури во однос на околните геоморфолошки структури: Плавушкиот планински блок (расположен северно и источно од Валандово), Фуркиниот планински блок (расположен јужно и југоисточно од Валандово) и северниот дел на Валандовската депресија (Сл.4) [6]. Овие диференцирани тонења ја условуваат сеизмичката активност на соодветните рабни раседи, кои пак, склопуваат една своевидна мрежа, односно тектонски јазол. Сепак, главен носител на најголемиот дел од целокупната сеизмичка активност на ова епицентрално подрачје е Валандовскиот расед кој се протега приближно во правец исток-запад, долж јужниот раб на Валандовската депресија [7]. Тој претставува една од најмаркантните структури во регионот, која во исто време е најактивна од сите вакви структури во разгледуваното епицентрално подрачје. Последица на активноста на оваа раседна дислокација е и серијата на земјотреси во периодот мај-јуни 2009 година.

### 3. СЕРИЈАТА ЗЕМЈОТРЕСИ ВО МАЈ - ЈУНИ 2009 ГОДИНА

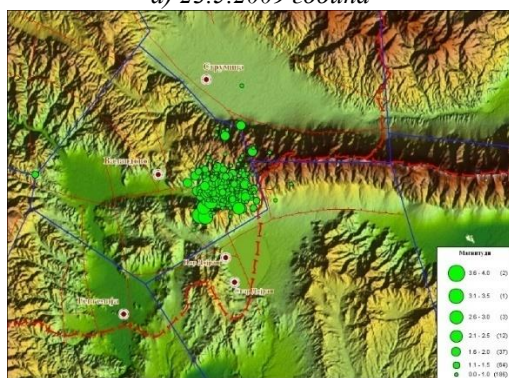
На 23.5.2009 г., во Валандовското епицентрално подрачје, започнува серијата земјотреси која првиот ден се карактеризира со дваесетина послаби земјотреси. Наредниот ден, на 24.5.2009 г., бројот на земјотресите бележи пораст, при што некои од земјотресите се почувствувани од населението на Валандовското епицентрално подрачје. Истиот ден, во 16h 17min, 16h 23min и 19h 37min (UTC) случени се трите најсилни земјотреси на серијата, со магнитуди  $M_L=5.1$ ,  $M_L=4.0$  и  $M_L=4.2$ , од кои првиот со интензитет од  $I_0=VII$  EMS-1998, а другите два со  $I_0=VI$  степени EMS-1998. После овие земјотреси следи серија на земјотреси што предизвикува голема вознемиреност на населението на Валандовското епицентрално подрачје.



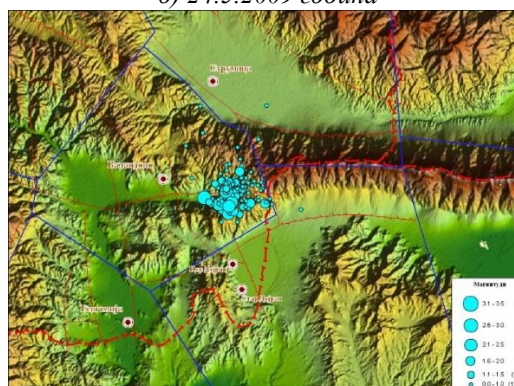
а) 23.5.2009 година



б) 24.5.2009 година



в) 25.5.2009 година



г) 26.5.2009 година

Сл. 3 Епицентрална карта на земјотресите од анализираната серија

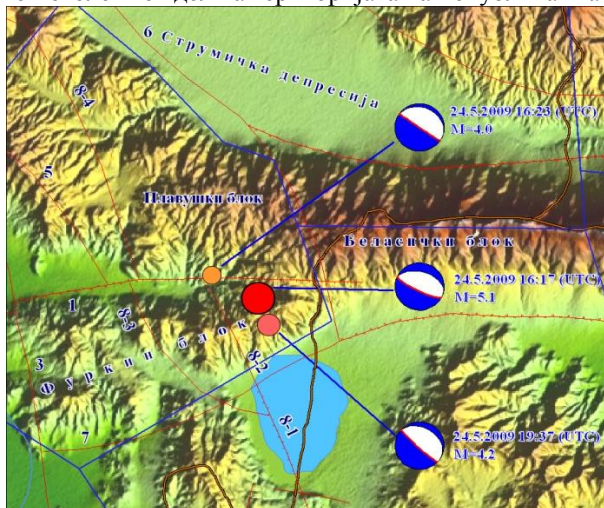
Подеталната анализа на просторно-временската распределба на земјотресите на серијата, за првите четири дена (Сл.3а-г), покажува дека и епицентрите на поголемиот број на останатите земјотреси случени првите два дена од почетокот на серијата се наоѓаат на јужното крило на источниот дел на Валандовскиот расед (Сл.3а и Сл.3б). Веќе вториот ден се јавува и извесна миграција на епицентрите кон запад, но и кон исток и северо-исток, во соседните Струмичко и Дојранско-Кукушко епицентрално подрачје (Сл.3б). Третиот и четвртиот ден од почетокот на серијата, миграцијата кон северното крило на источниот дел на Валандовскиот расед се зголемува (Сл.3в и Сл.3г). Оваа тенденција се одржува и во натамошниот тек на серијата, така што конечно (Сл.4) најголемиот дел од распределбата на епицентрите на земјотресите од целата серија го опфаќа речиси целиот југоисточен дел на Валандовското епицентрално подрачје. Механизмот на жариштето (почетните ориентации на раседот-жариште и на придвижувањето на неговите блокови) за трите најсилни земјотреси од серијата мај-јуни 2009г. е одредена по методата на првите поместувања кај лонгитудинални  $P$  земјотресни бранови [4]. Решенијата на механизмот на жариштето споредувани со тектонските услови во епицентралното подрачје Валандово укажуваат на активност на источниот дел на Валандовскиот расед, кој е еден од најактивните раседи во епицентралното подрачје Валандово, а се протега долж правецот запад-исток, долж јужниот раб на Валандовската депресија следејќи го течението на Анска река, слика 5.



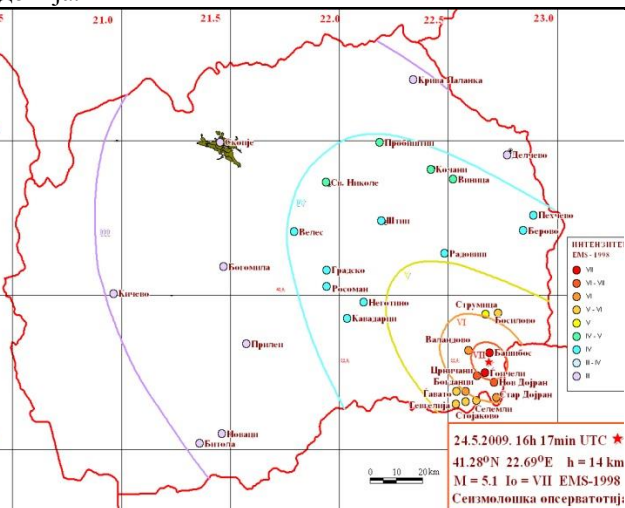
Сл. 4 Епицентрална карта на земјотресите на Валандовското епицентрално подрачје во периодот мај – јуни 2009 г. 1 – Валандовски расед; 2 – Дреновски расед, 3 и 4 – Гевгелиски раседи, 5 – Плавушки расед, 6 – Струмички расед, 7 – јужен Беласички расед, 8 – Рабровски расед

Според истражувањата на Сеизмолошката опсерваторија, серијата мај-јуни 2009 г. претставува извесна промена на режимот во епицентралното подрачје Валандово, која изразува уште поголема диференцијација на издигањата на Фуркиниот планински блок, од едната страна, и Плавушкиот и Беласичкиот планински блок, од друга страна (релативно спуштање на Фуркиниот планински блок во однос на другите два блока се интензивира).

Како што се гледа од картата на Сл.6, најсилните макросеизмички ефекти на најсилниот земјотрес на серијата се забележани во селата с. Башибос (општина Валандово) и с. Ѓопчели (општина Дојран), кои инаку се лоцирани крај Валандовскиот расед. Со нешто послаби ефекти, од VI-VII или VI EMS-1998, земјотресот е осетен и во други места од општините Валандово и Дојран. Со уште послаби ефекти, земјотресот е осетен и во поголемиот дел на територијата на Република Македонија.



Сл.5 Механизми на жариштата на земјотресите  $M_L \geq 4.0$  (Beach Balls)



Сл.6 Карта на изосеисти на земјотресот на 24.05.2009 г. со магнитуда  $M_L=5.1$

---

#### 4. ЗАКЛУЧОК

Од спроведената анализа следува и заклучокот дека серијата е иницирана со нагло тонење (спуштање) на јужното крило на источниот дел на Валандовскиот расед (т.е. на Фуркиниот планински блок), по што следувало индуцирано тонење и на северното крило на источниот дел на Валандовскиот расед (т.е. на Плавушкиот планински блок). Ваквите движења, пак, индуцирале и извесна (иако послаба) сеизмичка активност во соседните епицентрални подрачја Струмичкото и Дојранско–Кукушкото.

Иако исклучителна по својата појава, анализираната серија земјотреси не дава показатели според коишто таа би требало да се смета за предвесник на некој многу силен земјотрес во Валандовското епицентрално подрачје. Во прилог на ова е и фактот што од појавата на последниот многу силен земјотрес во ова подрачје, кога се ослободила голема енергија од акумулираните тектонски напрегања, има поминато само 88 години. Така, барем засега, последнава серија би требало да се толкува како извесна локална промена во досегашниот сеизмички режим во ова подрачје.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] N. Dumurdzanov, T. Serafimovski and B. C. Burchfiel, Evolution of the Neogene-Pleistocene basins of Macedonia: Geological Society of America Digital Map and Chart Series 1 (accompanying notes) 20pp, 2004.
- [2] В. Соколовска, *Античкиот град на Исар-Марвинци, Валандово: културно-историски осврт*, Скопје, Култура. (ISBN 978-608-65300-0-6), 2011.
- [3] Д. Хаџиевски, *Сеизмичност на територијата на С.Р. Македонија*, Сеизмолошка опсерваторија, на Универзитет "Св. Кирил и Методиј" - Скопје, Скопје, 1976.
- [4] К. Дрогрешка, *Примена на теоријата на дислокации во дефинирањето на епицентралните подрачја и тектонските услови на територијата на Република Македонија*, докторска дисертација, Сеизмолошка опсерваторија при Природно-математички факултет, Скопје, 2018.
- [5] Љ. Јордановски, Л. Пекевски, В. Чејковска, Д. Черних, Б. Христовски, Н. Василевски, *Основни карактеристики на сеизмичноста на територијата на Република Македонија*, Универзитет "Св. Кирил и Методиј", Природно-Математички факултет, Сеизмолошка опсерваторија, Извештај бр. 1998-01, Скопје, 1998.
- [6] М. Арсовски, *Тектоника на Македонија*, Рударско-Геолошки факултет, Штип, 1996.
- [7] М. Арсовски, Р. Петковски, *Неотектоника на Социјалистичка Република Македонија*, Универзитет "Св. Кирил и Методиј", Југославија, 1975.