

## Примена на физиката во едукација на ученици за заштита од земјотрес

Љубчо Јованов<sup>1</sup>, Моника Андрееска<sup>1</sup>, д-р Катерина Дрогрешка<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Природно-Математички Факултет,  
Сеизмолошка Опсерваторија, Скопје, Република Северна Македонија*

**Апстракт.** Сеизмологијата е мултидисциплинарна научна дисциплина која ги изучува појавата, ширењето и регистрирањето на еластичните бранови во внатрешноста на Земјата и карактеристиките на сеизмичките извори. Како гранична наука помеѓу две фундаментални науки физика и геологија, таа ги вклучува знаењата на физичарите за брановите појави, но и знаењата на геолозите за градбата на Земјата. Земјотресите претставуваат ненадејни, сложени бранови движења во внатрешноста на Земјата, со ефекти кои се чувствуваат на површината. Ваквите ефекти може да имаат разорен карактер, поради што од исклучителна важност е едукацијата на децата за заштита од земјотресот преку запознавање на земјотресот како природен физички феномен. Со примена на интернет достапните видео и аудио материјали од почувствувани земјотреси може да се формира квалитетен едукативен модул кој освен зголемување на едуцираноста на учениците за природни непогоди, ќе допринесе и за полесно совладување на физичките проблеми.

**Клучни зборови:** сеизмологија, земјотрес, заштита, едукација.

### ВОВЕД

Разните деформации на цврстиот материјал на Земјата, како што е познато од геологијата, се делат на: ендегени процеси примарно побудени во самиот тој материјал во кој се тектонските движења и егзогени процеси предизвикани од дејствата на атмосферата и хидросферата, вулканизмот, човечките активности, гравитацијата од Сонцето и Месечината итн. Основните тектонски движења (бавните вертикални, орогени и ломообразувачки) се одвиваат врзани во циклус во периоди до стотици милиони години создавајќи ја топографијата на Земјата. Тие образуваат и споредни тектонски движења - формираат жаришта чија последична активност се тектонските земјотреси. Севкупноста на процесите околу тектонскиот земјотрес, неговата подготовка, појава и последичните појави се дефинираат како сеизмички циклус. Главниот дел на сеизмичкиот циклус, тектонскиот земјотрес, определен е како појава на нагла промена на локалната вкупна физичка состојба на Земјата. Тој може да се толкува или како механички (еластични) бранови кои ја пренесуваат целата нагла промена низ Земјата или како присилни механички осцилации на Земјата како целина предизвикани од наглата промена. Примената на физиката во формирањето на едукативен модул кој допринесува за полесно разбирање и изучување на тектонските земјотреси и нивните жаришта, може да се толкува преку изучување на механичките (еластични) бранови како најприфатлив еквивалент на земјотресните бранови чии извор - жариште е лом со релативно поместување на блоковите. Формирањето на едукативен модул треба да биде примарна цел на стратегијата за заштита од земјотреси преку превземање на активности

за лична заштита како што е обуката за дејствување при итни случаи и улогата при евакуација.

## **НАЈВЕРОЈАТЕН ФИЗИЧКИ МОДЕЛ НА ЖАРИШТЕТО НА ТЕКТОНСКИОТ ЗЕМЈОТРЕС**

За одредување на физички модел на земјотрес неопходно е познавање на условите и процесите во Земјата кои и претходат и ја следат појавата на жариште, односно поседување на податоци за целиот сеизмички процес или циклус. Извори на податоци за физиката на целиот сеизмички процес врзан со конкретното жариште се записите на претходните и дополнителните земјотреси од една страна, а од друга – примената на активните методи во истражувањата на соодветниот сеизмички процес. Значи, физичкото моделирање на земјотресното жариште е нераскинливо врзано со физичкото моделирање на целиот сеизмички процес. Тргувајќи од сите досегашни истражувања со примена на активните и пасивните методи, најприфатлив физички модел на жариштето и на целиот сеизмичкиот процес врзан со него е жариштето на земјотрес како лом со релативно поместување на блоковите, односно сеизмички процес како ломење од крт или преоден тип. Ломењата од крт или преоден тип настануваат при долготрајно дејство на сили на напрегања при кое што во одреден момент се јавува лом со релативно поместување на блоковите. Овој модел е поверојатен во однос на другите два утврдени физички модели: брз фазен премин во одредено подрачје на земјината внатрешност помеѓу цврсти агрегатни состојби и брза термална експанзија (на моделите на сеизмичкиот процес како подготовка, појава и последица на брз фазен премин помеѓу цврсти состојби или на потецијална брза термална експанзија на кои им се препишува извесна веројатност единствено за многу длабоки земјотреси, со оглед дека ваквите фазни премини и промени на топлотната флукуација, се најверојатни сè до длабочина од 710 km - горна обвивка, тектоносферата). Физички модели за земјотресното жариште и сеизмичкиот процес е воведено од Х. Ф. Рајд во 1910. год. Ридова теорија, која се базира на класичната механика на ломење: кога постојано зголемувајќи се под дејство на тектонските сили на напрегање, напрегањата во некоја област од Земјата ќе ја достигнат границата на цврстина на материјалот, настанува нестабилен развој на деформација во област, по што следува појава на лом со релативно поместување на блоковите – извор на земјотресни бранови (еластични просторни лонгитудинални (P) и трансверзални (S) бранови). При појавата на ломот настанува нагло опаѓање на вкупната деформација, по што областа постепено се опоравува со еластичко повратно дејство.

## **НАЈОСНОВНИ ПАРАМЕТРИ НА ТЕКТОНСКИОТ ЗЕМЈОТРЕС**

Како најосновни параметри на тектонските земјотреси во сеизмологијата се сметаат: раседната површина или површина на сеизмички извор, хипоцентарот, хипоцентралното време, длабочина на хипоцентарот, епицентарот, магнитудата и интензитетот на земјотресот. Раседната површина или површина на сеизмичкиот извор е целата површина долж која настанало релативното поместување на блоковите (крилјата) на раседот. Хипоцентар (H) е точката од раседната површина во која што започнало релативното поместување на блоковите на раседот. Хипоцентралното време (T) е моментот во кој што започнало релативното поместување на блоковите на раседот. Длабочина на хипоцентарот (h) е растојанието од хипоцентарот до епицентарот на

земјотресот. Епицентар (E) е вертикална проекција на хипоцентарот на површината на Земјата. Оддалеченоста од епицентарот до сеизмолошката станица се нарекува епицентрално растојание ( $\Delta$ ). Магнитудата на земјотресот (M) е мерка на ослободената енергија во жариштето (изворот) на земјотресот односно величина пропорционална со декадниот логоритам на ослободената енергија при земјотресот. Интензитет на земјотресот (I) е манифестацијата на земјотресот на површината на Земјата, односно ефектите од земјотресот врз луѓето, животните, објектите и природната околина. Овие ефекти се познати и како макросеизмички ефекти на земјотресот. Денес општо прифатена скала е Европската макросеизмичка скала, која има распон на степени од 1 до 12. Секој поединечен степен на интензитетот може да ги вклучува и ефектите од пониските степени.



СЛИКА 1. Основни елементи на земјотрес (<https://www.geo41.com/new-index-1#types-of-eq-volcano-igcse>).

## ЗЕМЈОТРЕСНИ ЕЛАСТИЧНИ БРАНОВИ

Одредени карактеристични настани на сеизмичките (земјотресните) бранови, како и нивниот фреквентен состав, кои се набљудуваат на регистрациите на земјотресите, се едни од најважните извори на информации за структурата и физичките особености на материјата на целата внатрешност на Земјата. Сеизмичките бранови, општо земено се делат на просторни бранови кои од земјотресното жариште се распространуваат низ внатрешноста на Земјата и површински бранови кои се распространуваат долж Земјината површина. Постојат два вида на просторни бранови: лонгитудинален бран (P), кога честичките на средината осцилираат долж правецот на ширење на бранот, предизвикувајќи компресија и дилатација на средината низ која се движат. Овој тип на бран се шири низ цврсти и течни средини и пристигнува најпрво до набљудувачот; трансверзален бран (S), кога честичките на средината осцилираат нормално на правецот на ширење на бранот. Овој тип на бран се шири само низ течни средини и пристига веднаш после лонгитудиналниот бран.

Површинските бранови настануваат со суперпозиција на просторните земјотресни бранови одбиени од Земјината површина и од дисконтинуитетите во горните делови на Земјата. Постојат два вида на површински бранови: лавео бран (L), кога елементарните

честички на средината осцилираат во хоризонтална рамнина, нормална на правецот на ширење на бранот; релеев бран (R), кога елементарните честички на средината се движат ретроградно по елипса спротивно од стрелките на часовникот, во вертикална рамнина.



СЛИКА 2. Шематски приказ на двата типа на сеизмички бранови.

[https://www.researchgate.net/figure/Types-of-seismic-waves-Deep-waves-P-and-S-waves-and-surface-waves-Love-and-Rayleigh\\_fig9\\_317427371](https://www.researchgate.net/figure/Types-of-seismic-waves-Deep-waves-P-and-S-waves-and-surface-waves-Love-and-Rayleigh_fig9_317427371)

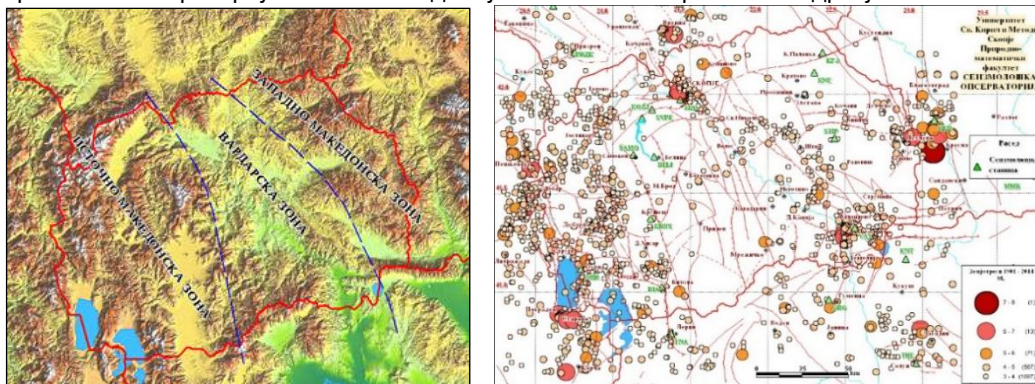
### Физички аналогон на основните параметри на земјотресот

Разгледувајќи го земјотресот како физички процес при кој доаѓа до промена на состојбата на средината при распространување на еластични бранови, со примена на физичките поими и појави можат да се објаснат брановите процеси, параметрите и механизмот на жариштето на земјотресот. Ако се наруши рамнотежата на некоја точка на еластично тело, тогаш од таа точка на сите страни во телото настанува деформација на волуменот во вид на компресија и дилатација, со брзина  $V_1$ , и деформација на обликот во вид на смолкнување или ротација, со брзина  $V_2$ . Во првиот случај разгледуваме лонгитудинално-надолно движење, а во вториот трансверзално-попречно движење. Аналогно, брановите што ги пренесуваат овие движења се нарекуваат лонгитудинален и трансверзален бран. Имено, ако хипоцентарот на земјотресот се смета за точкаст извор на бранови, тогаш интеракцијата на брановите со одделните слоеви во внатрешноста на Земјата е претставена преку појавите на прекршување и одбивање од гранични површини на дисконтинуитетите. Ако брзината на брановите низ слоевите е различна, тогаш брановите се прекршуваат (примена на Снелиусов закон): ако одат во слој во кој брзината е помала, тогаш тие се прекршуваат кон нормалата на границата, а кога брзината е поголема, тие се прекршуваат од таа нормала.

Ако записот на земјотресот-сеизмограмот се разгледува како целина или бранов пакет, јасно се дефинираат временските разлики на настапите на земјотресните бранови - последица на хетерогеностите во внатрешноста на Земјата. Понатаму, магнитудата на земјотресот може да се корелира со енергијата која со себе ја носи едно браново движење, а со користење на интензитетот како величина може да се создаде слика за редот на големина на енергијата на бран и какви се последици може да предизвика нејзиното ослободување. При објаснување на површинските земјотресни бранови дополнително се зголемува потребата од разбирање на интерференција на бранови.

## СЕИЗМИЧНОСТ НА РЕПУБЛИКА СЕВЕРНА МАКЕДОНИЈА

Сеизмичката историја на територијата на Република Северна Македонија има мошне интересно градиво, кое се должи на високата сеизмичка активност на поголемиот дел на нејзината територија. Набљудуваната историска и современа сеизмичка активност на територијата на С. Македонија и блиските погранични подрачја, е исклучително од тектонска природа, условена од припадноста на оваа територија на Медитеранската област на Алпско-Хималајскиот ороген појас. Сеизмичката активност е една од најсилните на копнениот дел на Балканскиот Полуостров, а се одвива во околу 30 епицентрални подрачја во рамките на три главни сеизмогени зони: западномакедонска, вардарска и источномакедонска зона, во кои се одделуваат раседи од различен карактер и различна насока на протегање, по чија должина настануваат земјотресите. Нивните хипоцентри се во Земјината кора (плитки земјотреси), чија долна граница во вардарската зона е на длабочина до 30 km, а во другите две зони до 40 km и повеќе. Распонот на локалните Рихтеровите магнитуди  $M_L$  на земјотресите е од 0.1 до 7.8, а на максималните набљудувани интензитети  $I_{max}$  од II до X степени според EMS-1998 скалата. Земјотресите се јавуваат на местата на пресек или вкрстување на раседи од различен карактер и вид и со различни насоки во меѓусебните движења на морфоструктурите што ги одвојуваат. На Слика 3б се дадени сите случени земјотреси со локална Рихтерова магнитуда  $M_L \geq 0.1$  кои припаѓаат на територијата на С. Македонија и блиските погранични подрачја.



СЛИКА 3. Сеизмогени зони 3а и епицентрална карта на случени земјотреси 3б

## ЕДУКАТИВЕН МОДУЛ ЗА ЗАШТИТА ОД ЗЕМЈОТРЕСИ

Терминот заштита од земјотрес се однесува на севкупниот делокруг на активностите што ги вклучуваат човечкиот, финансискиот, социјалниот и административниот аспект при намалувањето на ефектите на земјотресот, односно овој термин се однесува на намалување на идните загуби во смисла на човечки животи.

Појавата на земјотресите претставува една од најстрашните природни појави со која се соочува човечката цивилизација. Тие се природни сили на еволутивниот процес на планетата на која живееме.

Активностите што се преземаат пред појавата на очекуваните земјотреси, како што е обука за дејствување при итни случаи и разработен план при евакуација, овозможува развивање на култура за заштита од земјотреси која е клуч на успехот.

Едукативниот модел за заштита од земјотреси, треба да опфати запознавање со разорната моќ на земјотресите и мерките за безбедност кои пошироката јавност треба да ги превземе:

- учество и поддршка на секој поединец во активностите за подигнување на јавната свест, односно, квалитетна едукација која треба да развива клима на секојдневна практика за заштита од земјотресите - информациите за опасноста од земјотреси треба да бидат дел од стандардниот наставен план на сите училишта, професионални обуки и дел од советите дадени на службите и администрацијата;
- запознавање со ризиците од земјотресите преку апстрактни слики и концепти - опфаќа организирање на одредени програми кои се извршуваат преку постери, предавања и јавни информативни филмови како и изведување на вежби за евакуација во болници, училишта и големи објекти;
- безбедносните аспекти на објектот во кој живеат - препорачливо е да се вршат повремени проверки на мебелот, полиците и т.н., како и да се чуваат предметите на пониско ниво;



СЛИКА 4. Дел од сликовната едукација за заштита од земјотреси.

## ЗАКЛУЧОК

Со вклучување на основни знаења од сеизмологија и збогатување на традиционалниот начин на едукација на децата во областа на природните науки, се добива едукативен модул кој предизвикува зголемен интерес на учениците кон физиката притоа осознавајќи го светот околу себе – сите природни опасности, но и начини на заштита од истите. Современите софтверски решенија, но и големата мобилност на уредите за видео снимање допринесуваат во збогатувањето на наставните содржини со анимации и видео материјали кои ги доближуваат помалку посакваните физички процеси и појави, а притоа во голема мера допринесуваат во едукација на учениците за заштита од земјотрес. Во продолжение неколку link-ови од помошен едукативен наставен материјал (анимации и видео):

- [https://www.usgs.gov/natural-hazards/earthquake-hazards/science/earthquake-animations?qt-science\\_center\\_objects=7#qt-science\\_center\\_objects](https://www.usgs.gov/natural-hazards/earthquake-hazards/science/earthquake-animations?qt-science_center_objects=7#qt-science_center_objects)
- [https://www.youtube.com/watch?v=r\\_nFT2m-Vg](https://www.youtube.com/watch?v=r_nFT2m-Vg)

## ЛИТЕРАТУРА

66. K. Aki and P. G. Richards, Quantitative Seismology. Theory and Methods, Vol. I, II, W. H. Freeman and Company, San Francisco, 1980.
67. T. Lay, T. C. Wallace, Modern Global Seismology 1<sup>st</sup> edition, Academic Press, 1992.
68. P. Borman, Ed., IASPEI New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP), Volume 1, 2, GeoForschungs Zentrum, Potsdam.
69. Т. Делипетров, Основи на геофизика, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Рударско геолошки факултет Штип, Штип, 2003.
70. Разни билтени, каталози и монографии издадени од Сеизмолошката опсерваторија при Природно-математички факултет