https://doi.org/10.48368/bgs-2021.1.N8

Archaeoseismology in Bulgaria – review and developments

Boyko Ranguelov[1], Orlin Dimitrov [2]

[1] University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Sofia, Bulgaria; email – branguelov@gmail.com
[2] Fridtjof Nansen Institut of oceanology -BAS; Varna, Bulgaria; email – ovdimitrov@gmail.com

Key words: Archaeoseismology, Bulgaria, development, review

Abstract
The archaeoseismology is a new emerging discipline in Bulgaria during the last decades. Its subject is to study the seismic effects generated by earthquakes to the archaeology artefacts – monuments, buildings, churches, bastions, etc., as well as to the settlements and ancient cities and villages, port facilities, etc. As a country with a lot of existing archaeology objects, located in areas influenced by local and regional seismic events, many effects is possible to be detected by specialists. The paper deals with the observed and studied seismic effects to single or multiple ancient facilities. New results established during the last-years Bulgarian-Russian field expeditions together with the high professionals in the field of archaeoseismology revealed many new and unexpected data and information about ancient seismic events and their parameters – predominantly time of occurrence, magnitude and less accurate location of their sources. Combining the information from different disciplines like archaeology, geodynamics, neotectonics and seismology a lot of useful data was extracted thus providing new input about the seismic zoning of Bulgaria.

Археосеизмологията в България – обзор и развитие

Бойко Рангелов[1], Орлин Димитров [2]

[1] Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", София, България; email – branguelov@gmail.com
[2] Институт по океанология "Фритьоф Нансен"-БАН; Варна, България; email – ovdimitrov@gmail.com

Ключови думи: Археосеизмология, България, развитие, обзор

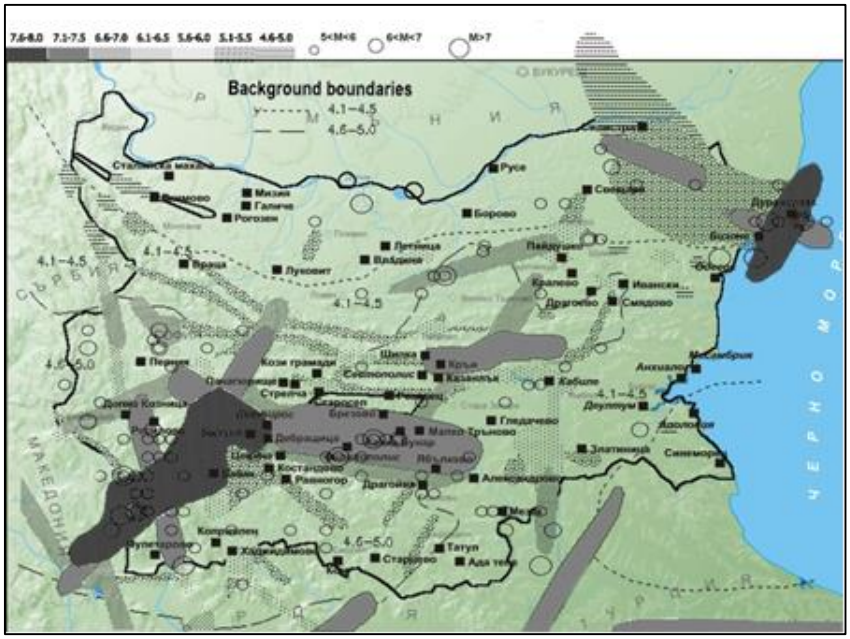
Резюме
Археосеизмологията е нова дисциплина за България, която се развива през последните десетилетия. Нейна основна цел е изучаването на земетръсни ефекти върху археологически обекти – паметници, сгради и съоръжения, църкви и обредни храмове, крепости и др., както и на селища, древни градове и села, пристанищни съоръжения и др. Като страна с богато археологическо наследство разположено в области попадали под въздействието на локални и регионални сеизмични източници, може да се очаква, че запазени сеизмични ефекти ще бъдат открити от специалистите-археосеизмолози. Предлаганият обзор се занимава с наблюдаване сеизмични ефекти върху единични или многопланови археологични обекти. Много нова информация е получена в резултат на съвместните Българо-Руски полеви експедиции проведени с висококласни специалисти от Русия и България. Те разкриват нови и неочаквани данни за древни земетресения и позволяват определянето на основни техни параметри – време на реализация, сила, и с по-малка точност – местоположение на сеизмичния източник. Като се комбинира информацията от множество дисциплини от науките за Земята – археология, геодинамика, неотектоника и сеизмология се получават данни, които могат да послужат за нова оценка на сеизмичната опасност в страната.

Въведение

Археосеизмологията е нова научна дисциплина, занимаваща се с изучаването на сеизмичните (често и на други геодинамични) явления и процеси върху археологичните паметници, както по време на тяхното съществуване, така и след „погребването" им под пластове натрупана впоследствие почва и всичко това е станало през историческите времена на съществуване на човечеството, след създаването на писменост – т.е. историческия период на антропоцена. Обект на изследванията, са въздействията върху останки от селища, отделни сгради и съоръжения и отделни артефакти. Палеосеизмологията (друг клон от групата на науката сеизмология) обхваща доста по-дълги периоди от време, както от холоцена, така и преди него. Понякога, палеосеизмологични реконструкции достигат хиляди и по-

рядко милиони години. Важно е да се отбележи, че огромна част от известните каталози на земетресенията по света, се базират на историчната сеизмология – т.е. писмени паметници за въздействията от древни земетресения върху сега съществуващи или вече изоставени и разрушени селища от историята на човечеството. Често тези сведения се съпоставят с наблюденията от археосеизмологията и палеосеизмологията, като значително подпомагат датирането (хронологизацията) за известни или неизвестни земетръсни събития. Инструменталната сеизмология датира от около един век, поради което нейният обсег за силни земетресения е силно ограничен.
За провеждане на археосеизмологичните изследвания, предварително се очертават зони и райони, където могат да се очакват сеизмични въздействия върху археологически паметници и артефакти (Б. Рангелов, 2011).

Археосеизмологията в България - обзор



Фигура 1. Обединена карта на регистрираните земетресения (кръгчета) по сеизмични зони (щрихованите) и карта на археологическите паметници в България (черни квадрати)

На показаната карта, ясно се очертават рисковите сеизмични зони и някои исторически и архитектурни паметници (Фиг. 1). Не би трябвало обаче, да се очакват евентуални сеизмични разрушителни въздействия, които да се срещат само в най-застрашените зони, тъй като деструктивизмът на самите сеизмични вълни може да се простира далеч от епицентъра. На общия фон на земетръсните огнища, тези обекти, изглеждат най-вероятни за локализиране на съществуваща сеизмична дейност, способна да въздейства върху различните археологически и исторически обекти.

Експедиции и резултати

(Халколитен солодобивен комплекс – Провадия)

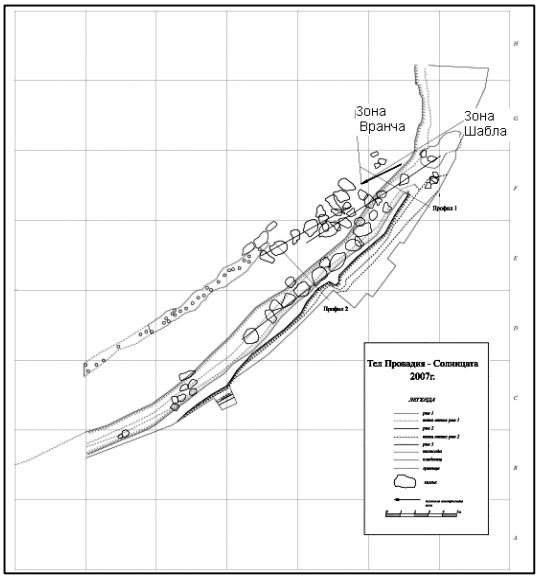
В този обект се наблюдават трите представени на това място хронологически пласта - късен неолит (5400-5000 г. пр. Хр.), среден халколит (4600-4500 г. пр. Хр.) с началото на късния халколит (4500-4400 г. пр. Хр.) и римска епоха (I-IV в.). Установява се производствен солодобивен комплекс с голяма площ [1]. След като солта, която се е смятала за богатство, то е трябвало да бъде защитавано, поради което са изградени високи бойни кули – бастиони, от двете страни на портата – вход към очевидно просперираща селище (Б. Рангелов, 2011). Реконструкцията е направена въз основа на обема на изкопаните едри и по-дребни камъни и положението на основата. Няма следи от спойващи вещества между тях. Вижда се и част от плетената от дървени клони и измазана с глина повърхност на отбранителната стена. Тези отбранителни кули са били построени от гигантски (приблизителни

размери 0,7х0,7х1м), подредени, неспоени камъни и впоследствие разрушени. Тук археологията и сеизмологията се пресичат. Оказва се, че единствената причина за разрушаването на тези съоръжения, може да е само силно земетресение. За изследване на причините за срутените бастиони са проведени археосеизмологични изследвания за уточняване на източника и силата на явлението, довело до разрушаването им край солницата в Провадия. Основни източници на силни сеизмични въздействия в района на Провадия са огнищата на земетресения, разположени в районите на сеизмична зона Вранча (Румъния) и зона Шабла-Калиакра, които са потенциалните кандидати за разрушенията в Провадия.



Фигура 2. Снимка на разкопките на древното селище Провадия. Виждат се основите на бастионите и портата, както и големите срутени камъни

Историческите сведения за сеизмичната активност на огнище Вранча (Румъния) са описвани многократно. Характерно за това огнище са силните и дълбоки (между 90 и 150 км т.нар. междинофокусни) земетресения. По-известните земетресения от сеизмично огнище Вранча са тези от 1940 г. с магнитуд (М7.4) и от 1977 г.(М7.2). И двете земетресения са предизвикали интензивност VII степен по скалата на Медведев-Шпонхоер-Карник (МШК) в района на Провадия, изразяваща се в паднали комини и леки пукнатини в мазилките на някои по-паянтови сгради. Епицентрите на тези земетресения се намират на около 300 км на север от археологическия обект Провадия - Солницата в ъглов сектор от около 5^0-10^0.



Фигура 3. Схема с основните срутвания на едри каменни блокове от бастионите в Провадия-Солницата. Означени са посоките на сеизмичните огнища (Вранча и Шабла) както и интерпретацията за посоката на максималната сеизмична сила, действала от посока североизток.

Историческите данни за сеизмичната активност на земетръсното огнище Шабла-Калиакра идват главно от писмени източници. Има данни за няколко земетресения с магнитуд, превишаващ 6.5 (по скалата на Рихтер) – 3 в. пр.Хр., 543, 1444,1832, 1869 и 1901г. (B. Ranguelov, A. Bojkova, 2008).
Характерно за огнище Шабла-Калиакра е, че е плитко и се активизира нерегулярно, но генерира изключително силни земетресения. Очакваният максимален магнитуд на земетресения, генерирани от това огнище, може да достигне 8.0.
Основен обект на изследванията са срутените много големи (с размери между 1 и 0,5 $м^3$) камъни - елементи от двете фортификационни съоръжения (бастиони) от отбранителната система на селището от средния халколит (4600-4500 г. пр. Хр.). Наблюдаваните ефекти, дават основание да се приеме, че основната посока на сеизмичната сила е в сектор 50^0-65^0 спрямо географския север (Фиг. 3).
Анализът дава възможност да се предположи, че в периода на датировка на съоръженията (средата на V хил. пр. Хр.) в посочената сеизмична зона, се е случило сеизмично събитие с достатъчна сила (предполагаем магнитуд ~7-7.5-8.0), което е предизвикало интензитет в района на Провадия-Солницата, превишаващ VII степен - причина за разрушаване на двата каменни бастиона с височина над 3 м. Това предположение изглежда напълно доказано. Ако е така, то става дума за първото документирано силно земетресение в историята на Европа от тази епоха (около 4550 години преди новата ера) – с определен източник, приблизително местоположение и сила.

(Храм на Кибела – Балчик)

Много столетия след това – някъде в средата на VI в. сл. Хр., това сеизмично огнище (Шабла-Калиакра) отново дава сигнал за коварството си. Има данни, че селището при Балчик (древния Дионисополис) се е преместило на високо. Балчик има нещастна съдба, поради това, че се намира в един много активен свлачищен район и местенето на високо, не му помага особено. Освен от силния трус през III в. пр. Хр., Балчик преживява още един апокалипсис – през средата на VI в. За него съдим от археологическите разкопки, довели до сензационното откриване на най-запазения храм на Кибела (майката на боговете) – открит през 2007 г. при случайни изкопни работи за модерен строеж (Фиг. 4)

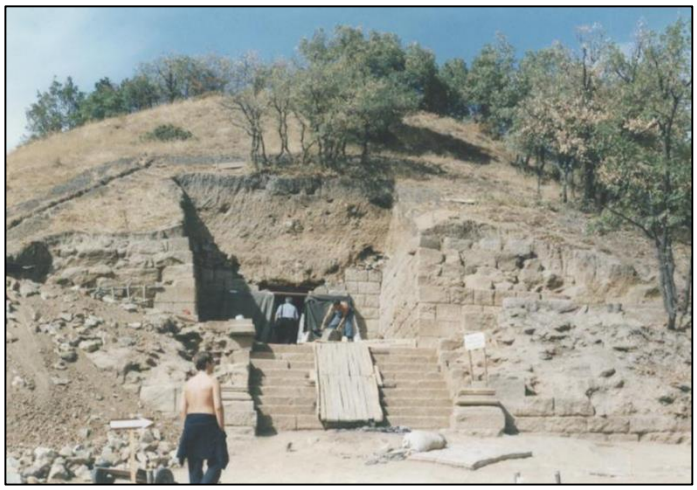


Фигура 4. Храмът на Кибела – след разкопаването му.

В този случай земните пластове са запазили много повече информация от всеки друг път. В тях, като че ли може да се проследи цялата история на трагично погребания храм – от неговия възход и развитие (действал е повече от 8 века - от III в. пр.Хр. до V-VI век от новата ера) до неговия трагичен край. Следите дават възможност за сигурно датиране и възстановка на това, какво се е случило преди много векове (A. Korzhenkov, E. Mazor, 1999).

(Тракийски култов комплекс „Четиньовата могила" - Старосел)

Тракийският култов "храм" е открит и разкопан от Георги Китов през 2000 г (Фиг. 5). Той е най-големият открит досега тракийски царски комплекс с мавзолей. Гробницата-хероон, има внушителната ограда (крепида) от каменни блокове, парадно стълбище с коридор и култова площадка. Входът е очертан от плочи с пластична и цветна украса.
Светилището в Старосел е изпълнявало ритуална функция – във вътрешната камера са се изпълнявали тайни орфически ритуали. Този храм е най-величественият, намерен до сега в Тракия. Вероятно той е бил изграден от богат владетел, някъде около V в. преди Христос. Покривът е срутен, фасадата му е била засипана и добре затрупана, така че да не личи, че някога е имало стълбище, коридор и храм.



Фигура 5. Тракийски култов комплекс „Четиньова могила", Старосел.

Археологическото съоръжение е разположено под земята и след запълването му, станало в древността, заедно с могилата представлява монолитно цяло. Поради куполовидната си форма, могилата висока към 25 m е подложена на усилени земетръсни въздействия, заради повишаващото се земното ускорение към средата на височината й. При разкриването на камерите са установени видими деформации, които могат да се припишат на земетръсно въздействие. По една от стените и до входа се наблюдават пукнатини, които могат да бъдат породени от слабост на конструкцията или от сеизмични фактори. От друга страна по покривната конструкция има пукнатина с дясно-отседно хоризонтално разместване с амплитуда 1- 1,5 cm, което се смята за сигурна индикация за динамично натоварване в следствие на сеизмично въздействие (Фиг.6). Хоризонтални отмествания са отбелязани и на още няколко места, главно по вертикалните ръбове на конструкцията (Zl. Paneva, B. Ranguelov, 2011)

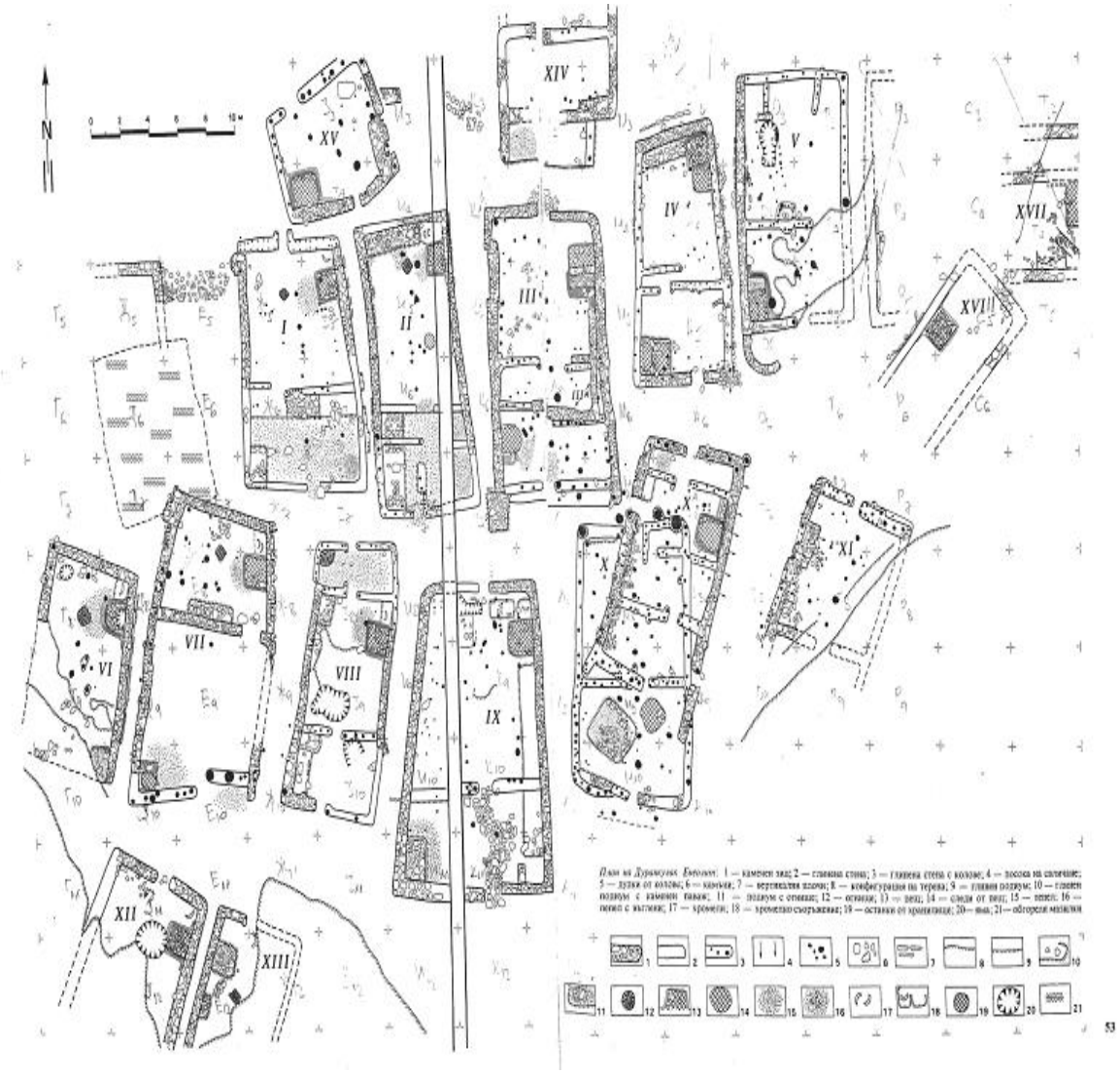


Фигура 6. Напуквания и хоризонтални отмествания по тавана на храма от сеизмични въздействия

Възможно е, това сеизмично въздействие, да е спомогнало за разрушаването на купола на кръглата камера и за запълването й с каменни блокове и почва. Стратиграфският анализ на палеосеизмичните разкопки проведени преди години, установява четири етапа, което е в съгласие с многократната проява на сеизмично въздействие, без да се отрича евентуално първоначално умишлено разрушаване на съоръжението още в древността (Zl. Paneva, B. Ranguelov, 2011).

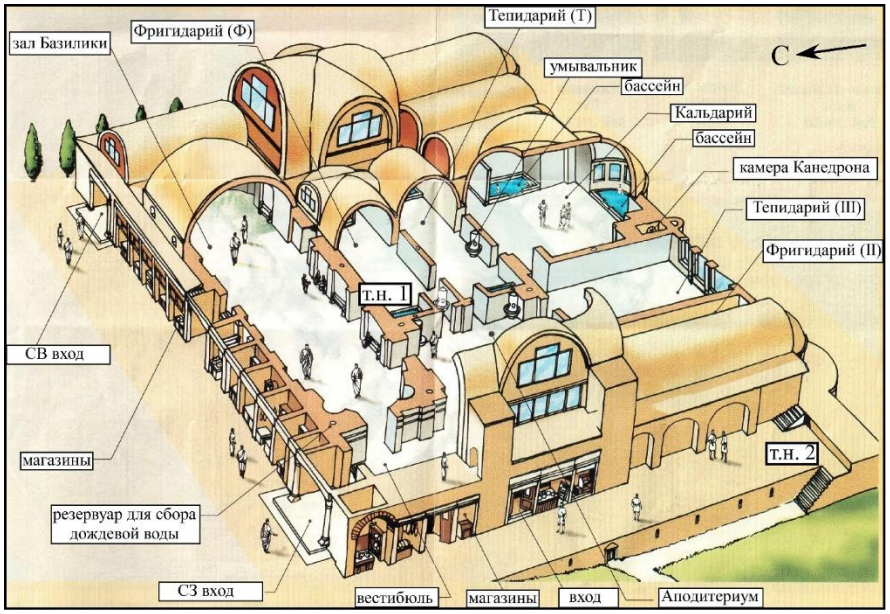
Нови изследвания и развитие на археосеизмологията

Новите изследвания по археосеизмология са фокусирани върху обекти по Черноморското крайбрежие на България и Русия. Проведени са археосеизмологични изследвания на цяла поредица от древни поселения. Обекти разположени в Анапа, Дуранкулак, Камен бряг, Калиакра, Кастрици, Варна и др., са обследвани от българо-руски експедиции, установили множество ефекти от древни земетресения върху сгради и съоръжение покриващи огромен интервал от време (до 6-7 хиляди години - B. Ranguelov et al, 2019). Започвайки от най-северните части на крайбрежието и от най-древните обекти (напр. Дуранкулак – фиг.5) и преминавайки на юг, експедициите осъществени през 2018 и 2019 г. дават нови данни и сведения за сеизмични ефекти от енеолита, през римската епоха (термите във Варна – фиг.6) и Средновековието (Джанавара – Варна) чак до наши дни.



Фигура 5. Факсимиле от работната скица на разкопките при Дуранкулак, 1984 г. Ясно личат систематичните деформации и разрушения върху сгради и съоръжения.

Древните обекти на Дуранкулак са запечатили ефекти от древни трусове от енеолита (4-5 хил. преди Христа), през времето на траките (13-12 век преди Христа) и гръцката колонизация и класическия елинизъм (10-4 век пр. Хр.) до ранното средновековие по времето на българските завоевания (5-6 до 9-10 в сл.Хр). Детайлните описания и ново датираните ефекти от сеизмични въздействия са изучени и описани подробно в (Korjenkov et al, 2020). Важен факт са потвърдителните данни за силно земетресение (4.5 хил. пр. Хр.) документирано и изучено на територията на Солницата-Провадия.



Фигура 6. Схема на римски терми – Варна (т.н.1 и т.н.2 са точките на наблюдение, установили сеизмични ефекти върху основните структури на термите).

Проучванията на римските терми показват ефекти от сеизмични събития станали 3-1 в. пр. Хр. Следващите по хронология изследвания са насочени към епископалната базилика на Варна, където се наблюдават сеизмични ефекти от 5-6 в. сл. Хр. Това е време на известни силни земетресения в района достигащи по съвременни оценки магнитуд 7-7.5. Наблюдавани са срутвания, усуквания на стени, завъртания на постаменти и други систематични сеизмогенни деформации.



Фигура 7. Систематични отместванията на фундаменти в епископалната Базилика на Варна.

Детайлно описание на изследванията и получените резултати са представени в (Минчев и др., 2020). Важно е да се отбележи, че всички изследвания са извършени, а получените резултати са продукт на съвместните Българо-Руски експедиции осъществени с участието на високо класни специалисти по археосеизмология. Съществен нов момент е, че се търсят не само преки ефекти от сеизмичните въздействия отразени в един обект (както при по-предишните изследвания), но и систематически масови деформации, които позволяват пеленгация на действащите сили и извършване на количествени оценки на размера на тези сили, което е в пряка връзка с наблюдаваните сеизмични интензивности и

въздействия върху сгради и съоръжения по онова време. Тази методология позволи идентификацията на сеизмични събития неизвестни до момента. Най-често това са афтершокове на силните земетресения документирани в сеизмичните каталози, но добавяли своите ефекти върху вече повредените структури. Основен източник на силните сеизмични събития е сеизмично огнище Шабла-Калиакра, но се наблюдават и ефекти на въздействия идващи от други посоки. Това навежда на мисълта, че са необходими още изследвания по идентификация на разломни сеизмогенни структури в района на Мизийската платформа и абисалната и полуабисална част от Черноморското крайбрежие.

Заключение

Направеният обзор за използването на археосеизмологията в България, показва, че съществен се явява интегралният подход за прилагане на специфична методология, определяща сеизмичните въздействия върху древни археологически обекти. Това може до подпомогне извличането на допълнителна информация и обогатяване на знанията за минали исторически земетресения. Развитието на тази научна дисциплина изглежда перспективно, защото като страна богата на древни археологически паметници, археосеизмологията може да допринесе съществено при подобни проучвания. Това е от особена важност при сеизмичното райониране на страната, което осигурява норми прилагани понастоящем и осигуряващи надеждна антисеизмична защита на сгради и съоръжения.

Благодарности

Разработката е подкрепена от национална научна програма (ННП) „Опазване на околната среда и намаляване на риска от природни бедствия“, - Решение на МС № 577/17.08.2018 г. и фин. от МОН (Спор.№ ДО-230/06-12-2018). - Работни пакети (РП.I.10. и РП.I.4.3) и проект ДНТС/Русия 02/20 (27.06.2018)

Литература

Б. Рангелов, Неспокойната Земя, изд. БАН, 215pp, 2011.

B. Ranguelov, A. Bojkova, Archaeoseismology in Bulgaria, Proc. Conf. Geoarchaeology and Archaelomineralogy., Sofia, Bulgaria, pp.341-346, 2008.

B. Ranguelov, E. Mircheva, I. Lazarenko, R. Encheva, The archaeological site – possible evidence about multihazard ancient events, Proc. Conf. Geoarchaeology and Archaelomineralogy., Sofia, Bulgaria, pp. 347-352, 2008.

A. Korzhenkov, E. Mazor, Structural reconstruction of seismic events: Ruins of ancient buildings as fossil seismographs; Sci. and New Technol. **N 1**. pp. 62–74, 1999.

Zl. Paneva B., Ranguelov., Archaeoseismology and reconstruction of the ancient environment in Bulgaria., Proc. 3rd EMUNI student research multi-conference. pp. 82-89, 2011.

B. Ranguelov, O. Dimitrov, A. Korzhenkov, E. Rogozhin, A. Ovsyuchenko, Archaeoseismological Studies – Bulgaria-Russia Cooperation . Proc. XV Intl. Conf. SES2019, pp.205 – 208, 2019.

A. M. Korzhenkov, A. N. Ovsyuchenko, O. V. Dimitrov, T. Dimov, A. S. Larkov, B. Ranguelov, E. A. Rogozhin, and S. N. Rodinaa, Traces of Strong Eneolithic and Medieval Earthquakes Hitting the Durankulak Archaeological Settlement in Northeastern Bulgaria., Journal of Volcanology and Seismology, Vol. 14, No. 4, pp. 262–282, 2020.

А. Минчев, А.М. Корженков, А.Н. Овсюченко, О.В. Димитров, А.С. Ларьков, Б.К. Рангелов, Е.А. Рогожин, Н.В. Андреева., Деформации в епископской базилике г. Варна – свидетельства сильных исторических землетрясении в Северо-Восточной Болгарии. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И БИОСФЕРА. Т. 19, № 3. с. 16–32, 2020.