

ГОДИШНИК
НА ДЕПАРТАМЕНТ
**ПРИРОДНИ
НАУКИ**

ANNUAL
OF **NATURAL
SCIENCES**
DEPARTMENT

2023



Годишник на департамент „Природни науки“, 2023



ANNUAL OF **NATURAL SCIENCES** DEPARTMENT

2023

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief

Assoc. Prof. Ralitza Berberova, PhD
Department of Natural Sciences, NBU, Bulgaria

Deputy Editor-in-Chief

Prof. Daniela Pilarska, PhD
Institute of Biodiversity and Ecosystem Research, BAS, Bulgaria

Managing Editor

Assoc. Prof. Bilyana Kostova, PhD
Department of Natural Sciences, NBU, Bulgaria

Members

Prof. Garo Mardirossian, DSc.,
Space Research and Technology Institute, BAS, Bulgaria

Prof. Vilma Petkova, PhD,
Institute of Mineralogy and Crystallography
"Acad. Ivan Kostov", BAS, Bulgaria

Assoc. Prof. Vessela Karlova-Sergieva, PhD,
Technical University of Sofia, Bulgaria

Assoc. Prof. Georgi Petrov, PhD,
Department of Telecommunications, NBU, Bulgaria

Assoc. Prof. Stoyan Lazarov, PhD,
National Museum of Natural History, BAS, Bulgaria

2023

ГОДИШНИК НА ДЕПАРТАМЕНТ **ПРИРОДНИ НАУКИ**

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ

Главен редактор
доц. д-р Ралица Берберова,
департамент „Природни науки“, НБУ, България

Заместник-гл. редактор
проф. д-р Даниела Пиларска,
Институт за биоразнообразие и екосистемни
изследвания на БАН, България

Отговорен редактор
доц. д-р Биляна Костова,
департамент „Природни науки“, НБУ, България

Членове
проф. Гаро Мардиросян, д.н.
Институт за космически изследвания
и технологии, БАН, България
проф. д-р Вилма Петкова
Институт по минералогия и кристалография
„Акад. Иван Костов“, БАН, България
доц. д-р Весела Карлова-Сергиева
Технически университет - София, България
доц. д-р Георги Петров
департамент „Телекомуникации“, НБУ, България
доц. д-р Стоян Лазаров
Национален природонаучен музей при БАН, България

The papers published in the Annual of Natural Sciences Department
were reviewed in the period:
01.03.2023 – 20.10.2023

Статиите в Годишник на департамент „Природни науки“
са рецензирани в периода:
01.03.2023 – 20.10.2023

Website:

naturalsciences.nbu.bg/bg/godishnik-na-department-prirodni-nauki

ГОДИШНИК НА ДЕПАРТАМЕНТ „ПРИРОДНИ НАУКИ“, 2023
ANNUAL OF NATURAL SCIENCES DEPARTMENT, 2023

© Аделина Стоянова, Александра Стоянова, Биляна Костова, Бойка Златева,
Венцислава Иванова, Дема Чолакова, Живко Узунов, Катерина Михайлова,
Ралица Берберова – автори

© Издателство на Нов български университет, 2024
ул. „Монтевидео“ 21, 1618 София
www.nbu.bg
www.bookshop.nbu.bg

© Ралица Николова – автор на корицата

ISSN 2367-6302
Том 8, 2023
Volume 8, Year 2023

ГОДИШНИК НА ДЕПАРТАМЕНТ „ПРИРОДНИ НАУКИ“

Годишник на департамент „Природни науки“ (ISSN 2367-6302) е издание на департамент „Природни науки“, НБУ и се публикува веднъж на година. Годишникът на департамент „Природни науки“ излиза от 2015 г. и е включен в Националния референтен списък на съвременни български научни издания с научно рецензиране. Изданието се публикува с отворен достъп, като всички статии са свободно достъпни за потребителите и институциите, към които те се асоциират съгласно Международните лицензи на Криейтив комънс 4.0 за некомерсиална употреба (Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)). Потребителите имат правото да четат, изтеглят, копират, разпространяват, разпечатват, търсят и препращат към пълните текстове на статиите или да ги използват за всяка друга законна цел, без да искат предварително разрешение от издателя или автора, като надлежно цитират данни, които идентифицират статията, авторите и основното издание.

Годишникът на департамент „Природни науки“ включва ръкописи на български език с резюме на английски език. С цел по-широкото популяризиране и отчитане на интересите на широк кръг изследователи, преподаватели, научни работници, студенти, докторанти и др., се приемат ръкописи на английски и руски език. Редакционната колегия и бордът на рецензентите са съставени от признати учени в различните области на природните науки, материалознанието и бизнеса от водещи национални и чужди университети.

В Годишника на департамент „Природни науки“ се публикуват ръкописи до 15 стандартни страници от областите на:

- Науки за земята
- Физически науки
- Химически науки
- Биологически науки
- Математика
- Информатика и компютърни науки

Годишник на департамент „Природни науки“ е индексирани и реферирани от:

CEEOL (Central and Eastern European Online Library GmbH, <https://www.ceeol.com/>).

Национален референтен списък на съвременни български издания с научно рецензиране към НАЦИД, <https://nrs.nacid.bg/home>.

Допълнителна информация за дейността на департамент „Природни науки“ може да бъде намерена на интернет адреси:

<https://naturalsciences.nbu.bg/bg/>

<https://naturalsciences.nbu.bg/en/>

Предходните издания на Годишник на департамент „Природни науки“ са достъпни на интернет адрес:

<https://naturalsciences.nbu.bg/bg/publikacii>

СЪДЪРЖАНИЕ
Contents

Аделина Стоянова, Ралица Берберова Мобилните любителски приложения за отбелязване и проследяване на птици като инструмент за тяхното опазване и развитието на орнитологичен туризъм. Adelina Stoyanova, Ralitz Berberova Mobile amateur applications for marking and tracking birds as a tool for protecting them and for development of ornithological tourism	1
Александра Стоянова, Ралица Берберова Анализ на данни от среднозимно преброяване на зимуващи водолюбиви птици на територията на Рамсарски места по Българското Черноморие за периода 2012 – 2021 г. Aleksandra Stoyanova, Ralitz Berberova Data analysis of the mid-winter census of wintering aquatic birds on the territory of Ramsar sites along the Bulgarian Black Sea coast for the period 2012 – 2021	8
Дема Чолакова Анализ на данни от наблюдение върху биоразнообразието на паяците (Araneae) в българската част на Осоговска планина Dema Cholakova Data analysis of the observation on spiders (Araneae) diversity in the Bulgarian part of Osogovo mauntain	20
Живко Узунов, Биляна Костова, Бойка Златева Суровинни източници и строителни материали използвани през елинистическата епоха в околностите на Месамбрия Понтика по данни от известни археологически обекти Zhivko Uzunov, Bilyana Kostova, Boika Zlateva Raw material sources and building materials from the Hellenistic period in the vicinity of Mesambria Pontica according archaeological sites	30
Katerina Mihaylova, Ventsislava Ivanova, Bilyana Kostova Application of clay as a sustainable building material. Characteristics of ancient clay plasters – pilot results Катерина Михайлова, Венцислава Иванова, Биляна Костова Приложение на глината като устойчив строителен материал. Характеристика на древни глинени мазилки – пилотни резултати	42

Мобилните любителски приложения за отбелязване и проследяване на птици като инструмент за тяхното опазване и развитието на орнитологичен туризъм

Аделина Стоянова¹, Ралица Берберова²

¹Нов български университет, департамент „Администрация и управление“, ул. „Монтевидео“ № 21, София, България

²Нов български университет, департамент „Природни науки“, ул. „Монтевидео“ № 21, София, България

adelinastoyanova@yahoo.com

Mobile amateur applications for marking and tracking birds as a tool for protecting them and for development of ornithological tourism

Adelina Stoyanova¹, Ralitz Berberova²

¹New Bulgarian University, Department of Administration and Management, 21 Montevideo Str., Sofia, Bulgaria

²New Bulgarian University, Department of Natural Science, 21 Montevideo Str., Sofia, Bulgaria

adelinastoyanova@yahoo.com

Резюме: По богатство на орнитофауна България се нарежда на второ място в Европа след Испания, което я прави интересна дестинация за орнитологичен туризъм. Развитието на мобилните технологии прави по-лесно регистрирането и проследяването на орнитологичните наблюдения и създаването на бази данни за тях. В настоящата работа е направен подбор на мобилни любителски приложения за отбелязване и проследяване на птици и се дискутира полезността на базите данни от тях както за опазването на птиците, така и за целите на туризма.

Ключови думи: мобилни приложения за отбелязване и проследяване на птици, опазване на птиците, орнитологичен туризъм.

Abstract: In terms of avifauna richness, Bulgaria ranks second in Europe after Spain, which makes it an interesting destination for ornithological tourism. The development of mobile technologies has made it easier to record and track ornithological observations and create databases for them. In this study, a selection of mobile amateur applications for bird marking and tracking has been made, and the usefulness of their databases is discussed both for bird conservation and for tourism purposes.

Key words: mobile applications for marking and tracking birds, protecting of birds, ornithological tourism.

Въведение

Орнитологията като дял от зоологията изучава птиците – тяхната анатомия, физиология, поведение и систематика. Най-разпространеният метод за изучаване на поведението на птиците е наблюдението. То е сравнително лесно поради демонстративното им поведение и дневната активност на повечето видове. Освен това

много от видовете имат специфична, видово-диагностична окраска, позволяваща определянето им от разстояние или с помощта на бинокъл. Развитието на оптичните уреди и методи, и по-специално на фотографията в последните години, значително улеснява изучаването на този клас животни [Воев, 1990].

Според дейността, която практикуват, хората, занимаващи се с орнитология, могат да бъдат отнесени в някоя от следните групи:

- (1) *птичар* е термин, използван за описание на човек, който сериозно се занимава с наблюдение на птици, като може да е професионално или любителски ангажиран с тази дейност;
- (2) чрез термина *наблюдател на птици* (birdwatcher) се описва човек, който се наслаждава на предизвикателството да изучава птиците, да ги изброява или да участва в други дейности, свързани с техния живот;
- (3) *преследвач на птици* (twitcher) означава човек, който преследва предварително локализирана рядка птица и пропътува дълго разстояние, за да я види.

В тази връзка е важно да се отбележи, че освен професионално занимание, наблюдението на птици може да се разглежда като развлекателна дейност. Съществуват различни състезателни и развлекателни събития за наблюдение на птици, които включват: *голям ден* – туристите имат 24 часа, за да идентифицират възможно най-много видове; *голяма година* – състезателите инвестират много време и средства за пътувания през цялата година, с цел идентификация на възможно най-много видове в рамките на една календарна година; *голямо сядане или голямо оставане* – наблюдателите на птици трябва да виждат птици в кръг с предписан диаметър. След като птиците бъдат забелязани, наблюдателите могат да напуснат кръга, за да потвърдят самоличността на новите видове и да бъдат отчетени.

Орнитологичният туризъм е една от формите на екологичен туризъм. В литературата съществуват редица дефиниции на понятието „екологичен туризъм“, като всички те определят екотуризма като форма на отговорно пътуване до природни зони с цел изучаване и опазване на природата и осигуряване на социално-икономически ползи за местното население. Екологичен туризъм може да се практикува навсякъде, където има запазена природна среда, места с интересно биологично и геологично разнообразие [Fennell, 2008; Fennell, 2009; Primak et al., 2018; TIES; UNEP/TIES].

Орнитологичният туризъм от своя страна може да се практикува само в райони, богати на видово разнообразие на птици, или места, на които се срещат редки и застрашени птичи видове. Най-често практикуващите такъв туризъм наблюдават и/или фотозаснемат птиците в естествената им среда на обитание. При пътуване с водещ мотив наблюдение на птици от първостепенно значение е богатството на орнитофауната и наличието на редки видове в дадения район. За да може обаче да се ползват тези ресурси и да водят до високо ниво на удовлетвореност, е необходим качествен туристически продукт. От една страна, инфраструктура (укрития, пътеки и др.), а от друга – туристически агенции с опитен персонал и компетентни екскурзоводи [BirdLifeInternational; BSPB; Kordowska, Kulczyk, 2015; Ornithological guide, 2019; Savova, Berberova, 2021; Savova, Berberova, 2023; Velinov, 2022; WWF Bulgaria].

Два от най-известните и интересни трансконтинентални миграционни пътища на птиците *Via Pontica* и *Via Aristotelis* преминават през територията на нашата страна. Това дава възможност за наблюдение на водолубиви, морски, планински и ливадни видове

птици, характерни за Централна и Северна Европа [TBWT]. Тяхното разнообразие представлява интерес от туристическа гледна точка.

През източната част на страната минава черноморският прелетен път *Via Pontica*, по който ежегодно прелитат стотици хиляди водолюбиви, грабливи и пойни птици от повече от 100 вида, като някои от тях имат природозащитен статус [IUCN; Red Data Book]. Западният прелетен път на птиците *Via Aristotelis* свързва р. Дунав с Бяло море, преминавайки по долината на р. Струма, Софийското поле, Искърското дефиле и Врачанския Балкан.

Районите, които пресичат двата миграционни пътя, представляват възможности за практикуване и развитие на орнитологичен туризъм в комбинация с останалите места, характеризиращи се с голямо видово разнообразие (орнитологично важни места; обекти, класифицирани по Рамсарска конвенция; обекти по НАТУРА 2000) [BirdLifeInternational; BSPB; Council Directive 92/43/EEC; Directive 2009/147/EC; Ramsar; Register of protected areas in Bulgaria]. Тези райони привличат туристи за наблюдение на птиците както от страната, така и от европейския регион [Atanasova-Georgieva, 2016; Berberova, 2004; Ornithological guide, 2019; SURTOB, WWF България].

По богатство на орнитофауна България се нарежда на второ място в Европа след Испания. В страната до днес са установени 420 вида птици или 75% от европейската орнитофауна. Като гнездящи са регистрирани 288 вида [Воев, 1990]. От гледна точка на изучаването и опазването на птиците е важно да се събира информация за тяхното видово разнообразие и разпространение, численост и др. Освен в специализираната научна литература, такива данни се събират в рамките на регулярния държавен мониторинг чрез Националната система за мониторинг на състоянието на биологичното разнообразие (НСМСБР) [NBMS - ЕЕА]. Освен това съществуват и мобилни приложения, използвани от любители за отбелязване и проследяване на птици, които представляват онлайн или офлайн бази данни, които са от голямо значение за защитата на природата. Съвременните знания за разпространението и числеността на дивите животни, вкл. птиците, са задължително условие за тяхното ефективно опазване [BSPB].

Имайки предвид, че развитието на орнитологичен туризъм е свързано с наличието на разнообразие на птици в даден район, целта на настоящата разработка е да се разгледат любителски мобилни приложения, използвани за отбелязване и проследяване на птици, и да се дискутира полезността на базите данни от тях както за опазването на птиците, така и за целите на туризма.

1. Обект и метод

Обект на проучването са данните от мобилни приложения, използвани от любители за отбелязване и проследяване на птици като възможен допълнителен инструмент за опазване на орнитологичното разнообразие и развитието на туризма.

За постигане на целта са приложени системен и аналитичен подход.

Направен е подбор на мобилните приложения, използвани от любители за отбелязване и проследяване на птици, който се състои в проучване на свободно достъпни в интернет пространството приложения. Тук се разглеждат и дискутират такива, които са безплатни за потребителите, имат най-многобройно изтегляне от операционна система Android и съответно са широко използвани сред любителите на птици.

2. Резултати и дискусия

Разгледани са следните три приложения: SmartBirds, SmartBirds Pro и eBird by Cornell Lab [BSPB; eBird by Cornell Lab].

Кратка характеристика на приложенията SmartBirds и SmartBirds Pro [BSPB]

Приложенията *SmartBirds* и *SmartBirds Pro* са разработени от Българското дружество за защита на птиците (БДЗП).

SmartBirds съдържа определител на гнездящите птици в България, помагало за ловеца и опростен електронен бележник. Приложението включва карти и описание на българските зони за опазване на дивите птици по Натура 2000. Подходящо е за начинаещи бърдуочъри, природолюбители и ловци.

SmartBirds Pro представлява електронен полеви дневник за бързо и лесно записване на наблюдения на птици, бозайници, земноводни, влечуги и други защитени безгръбначни животни и защитени растения. Приложението е свързано с Информационната система за биологична информация на БДЗП. Това приложение е подходящо както за записване на единични наблюдения на природолюбители, така и за провеждане на специализиран биологичен мониторинг от специалисти. Чрез вградения в мобилното устройство GPS, приложението веднага позиционира наблюдението на Google map (нормална, сателитна и хибридна карта) или Open Street map (OSM), което позволява използване и офлайн. Събраната информация лесно може да се сподели чрез електронна поща или да се изпрати към базата данни на БДЗП.

Кратка характеристика на приложението eBird by Cornell Lab [eBird by Cornell Lab]

Приложението *eBird by Cornell Lab* се използва за записване на наблюдения на птици. Приложението дава възможност за идентификация на птиците по техните звуци и оперение и позволява птиците, които се наблюдават на терен, да се свързват с глобалните наблюдения от eBird чрез онлайн база данни от наблюдения, използвани от стотици хиляди любители по целия свят. Приложението дава възможност за регистриране на наблюдения на птици от всяка точка на света; възможност за връщане в бази данни от изминали години; глобална таксономия на птиците по света; често срещаните имена на птиците са преведени на 41 езика и регионални версии; наличие на контролни, персонализирани списъци на вероятни за наблюдение видове, според местоположението и сезона; обратна връзка в реално време за това, дали наблюдението е рядкост в района; бързо водене на бележки; GPS поддръжка за местоположение и опции за проследяване; пълна офлайн функционалност, позволяваща употребата на приложението на места с ограничен интернет.

Ползи и рискове от използването на мобилни любителски приложения

Въз основа на проучването на трите приложения и съдържанието на техните бази данни, в Таблица 1 са представени обобщени резултати за ползите и рисковете от тяхното използване.

Таблица 1. Ползи и рискове от използването на мобилни приложения за отбелязване и проследяване на птици

Ползи	Рискове
точна идентификация на видовете	достоверност на данните
точно местоположение на видовете	защита на личната информация
обратна връзка относно рядкостта на наблюдението	трофеен лов
развитие на хобито на любителите на орнитологията	
спомагане извършването на изследвания от специалисти	
генериране на значително количество данни за числеността и местоположението на орнитологичните видове	
провеждане на специализиран биологичен мониторинг от специалисти	
локализиране на стратегически пунктове за развитие на орнитоложки туризъм	

Дискусия

Мобилните любителски приложения за отбелязване и проследяване на птици са полезен за орнитолозите инструмент, чрез който лесно могат да регистрират и проследят наблюденията.

От Табл. 1 се вижда, че тяхното използване има повече предимства отколкото рискове.

Ползите са следните:

- Мобилните любителски приложения за отбелязване и проследяване на птици представляват инструменти, които се основават на глобална таксономична база данни за видовете. Тази база данни осигурява възможност за точна идентификация на видовете при техния запис в приложенията.
- Приложенията също така предоставят информация за точното местоположение на наблюдението, което може да бъде отбелязано чрез GPS координати. Това позволява на други любители или специалисти да наблюдават същия вид на същото място.
- Освен това, приложенията предоставят възможност за бърза обратна връзка относно редкостта на наблюдението. Това допринася за научното постижение на потребителите, които се занимават професионално с орнитология.
- Приложенията допринасят и за развитието на хобито на любителите на орнитологията и помагат на професионалистите да извършват изследванията си по-ефективно и удобно.
- Те спомагат за провеждането на специализиран биологичен мониторинг от специалисти.
- Съществуващите приложения осигуряват значително количество данни за числеността и местоположението на орнитологичните видове. Тези данни

могат да бъдат използвани за научни изследвания, образование или опазване на околната среда.

- Освен това, приложенията предоставят възможност за локализиране на стратегически пунктове за развитие на орнитоложки туризъм в цялата страна.

Могат да бъдат отбелязани следните рискове:

- Едно от предизвикателствата е свързано с достоверността на данните, които потребителите въвеждат в приложенията. Поради отсъствието на строги контролни механизми и процеси за проверка на информацията, съществува риск от неправилни или неточни записи. Това може да доведе до изкривяване на резултатите и заблуда при интерпретацията на данните от страна на потребителите.
- Второто предизвикателство е свързано със защитата на личната информация и използването на базите данни в интернет пространството. Приложенията изискват достъп до географски данни и GPS координати, което може да представлява потенциален риск за уязвимостта на потребителите и изтичането на лични данни в случай на злоупотреба или нарушение на сигурността.
- Освен това, приложенията може да повдигнат въпроси относно етичните аспекти на трофейния лов. Изчисленото местоположение и локализация на редките видове птици може да привлече вниманието на нежелани или незаконни дейности като незаконен лов или търговия със защитени видове. Това представлява потенциален риск за запазването на биологичното разнообразие – птиците и техните местообитания.

Заклучение

Резултатите от проучването показваха, че мобилните любителски приложения за отбелязване и проследяване на птици са полезен инструмент, чрез който се събира ценна информация за орнитологичното разнообразие. Базите данни от тях могат да бъдат използвани за образователни и научни цели, опазване на птиците и околната среда, развитие на орнитологичния туризъм.

ЛИТЕРАТУРА

- Atanasova-Georgieva, V., 2016. Preconditions for development birdwatching tourism in Burgas region. *Scientific Works of the Agricultural University, Plovdiv*. Vol. LX, Issue 1, 211-214.
- Berberova, R., 2004. Svetoven den za zashtita na vlazhnite zoni [*World Wetlands Day*], *Planeta Eko Info [Planet Eko Info]*, Vol. 2, 9-10.
- BirdLife International: <https://www.birdlife.org/who-we-are/>
- BirdLife International, 2004. *Birds in Europe: population estimates, trends and conservation status*. Cambridge, U.K.: BirdLife International, 374 p.
- Boev, Z., 1990. One hundred years ornithological research in Bulgaria. *Historia naturalis bulgarica*, Vol. 2, 25-35.
- BSPB, Bulgarian Society for the Protection of Birds: <https://bspb.org/>
- Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora.

- Directive 2009/147/EC of the European Parliament and of the Council of 30 November 2009 on the conservation of wild birds.
- eBird by Cornell Lab, Cornell Lab of Ornithology, <https://play.google.com/store/apps/details?id=edu.cornell.birds.ebird&hl=bg&gl=US>
- Fennell, D. A., 2008. *Ecotourism* (3th ed.), Routledge.
- Fennell, D. A., 2009. Ecotourism. In: R. Kitchin, N. Thrift (Eds.), *International encyclopedia of human geography*, Elsevier BV, 372-376.
- IUCN, International Union for Conservation of Nature: <https://www.iucn.org/>
- Kordowska, M., S. Kulczyk, 2015. Conditions and prospects for the development of Ornithological tourism in Poland. *Tourism*, 24 (2), 15-21.
- NBMS - EEA, National biodiversity monitoring system – Executive environmental agency: <https://eea.government.bg/bg/bio/nsmbr>, <https://eea.government.bg/en/bio/nsmbr>
- Ornithological guide, 2019: <https://biodiversity.bg/files/modules/3844/ORNITHOLOGICAL-GUIDE-bg-8480.pdf>
- Primak, R., Y. Uzunov, B. Georgiev, 2018. *Conservation biology*. Sofia: Pensoft.
- Ramsar (Convention on Wetlands): <https://www.ramsar.org/>
- Red Data Book of The Republic of Bulgaria, 2015, Vol 2 – Animal. BAS & MoEW, Sofia.
- Register of protected areas in Bulgaria, <https://eea.government.bg/zpo/bg/>
- Savova, A., R. Berberova, 2021. Ecological tourism opportunities in the area of Ognyanovo dam. *Annual of Natural Sciences Department*, Vol. 6, 2020-2021. 1-6.
- Savova, A., R. Berberova, 2023. Development of ornithological tourism in the Kresna Gorge – opportunity for conservation of the Griffon Vulture (*Gyps fulvus*). *Annual of Natural Sciences Department*, Vol. 7, 2022. 1-8.
- SURTOB, Strategiya za ustoychivo razvitie na turizma v obshtina Burgas 2018-2023 [Strategy for sustainable development of tourism in the municipality of Burgas 2018-2023]. Obshtina Burgas [Municipality of Burgas], 2018.
- TIES, The International Ecotourism Society: <https://ecotourism.org/our-members-partners/>
- TBWT, Traventuria, Birdwatching & Wildlife Tours, <https://www.traventuria.bg>
- UNEP/TIES, Ecotourism: principles, practices & policies for sustainability: <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/9045>
- Velinov, Iv. V., 2022. *Za turizma: Pet turisticheski razhodki v ikonomika na kulturata i nasledstvoto* [On tourism. Five Sightseeing Tours in the Economics of Culture and Heritage]. Sofia: New Bulgarian University.
- WWF Bulgaria: <https://www.wwf.bg/>

Анализ на данни от среднозимно преброяване на зимуващи водолюбиви птици на територията на Рамсарски места по Българското Черноморие за периода 2012 – 2021 г.

Александра Стоянова, Ралица Берберова

Нов български университет, департамент „Природни науки“, ул. „Монтевидео“ № 21, София, България

aleksandra_stoyanova_2@abv.bg

Data analysis of the mid-winter census of wintering aquatic birds on the territory of Ramsar sites along the Bulgarian Black Sea coast for the period 2012 – 2021

Aleksandra Stoyanova, Ralitz Berberova

New Bulgarian University, Department of Natural Science, 21 Montevideo Str., Sofia, Bulgaria

aleksandra_stoyanova_2@abv.bg

Резюме: Влажните зони по Българското Черноморие са важни точки за зимуване на водолюбиви птици в зимния период, поради което са обект на среднозимното преброяване (СЗП), което е част от провеждания орнитологичен мониторинг в страната ни. Въз основа на получените от него резултати, може да се направи оценка на орнитологичното състояние и да се анализират екологичните фактори, които му влияят.

Целта на настоящото проучване е да представи обобщение и анализ на данни от СЗП за видов състав и численост на водолюбиви птици в района на Рамсарските места по Българското Черноморие за периода 2012 – 2021 г., което ще потвърди екологичната значимост на тези места и необходимостта от тяхното опазване.

Ключови думи: среднозимно преброяване, водолюбиви птици, Рамсарски обекти, Българско Черноморие, 2012 – 2021 г.

Abstract: Wetlands along the Bulgarian Black Sea coast are important wintering points for aquatic birds during the winter period, which is why the site is included in the mid-winter census, which is part of ornithological monitoring in our country. Based on the results obtained from it, an assessment of the ornithological status can be made and the environmental factors influencing it can be analyzed.

The purpose of the study is to present a summary and analysis of census data on the species composition and number of waterfowl in the region of the Ramsar sites on the Bulgarian Black Sea coast for the period 2012 – 2021, which will confirm the ecological significance of these sites and the need for their protection.

Key words: mid-winter census, aquatic birds, Ramsar sites, Bulgarian Black Sea, 2012 – 2021.

Въведение

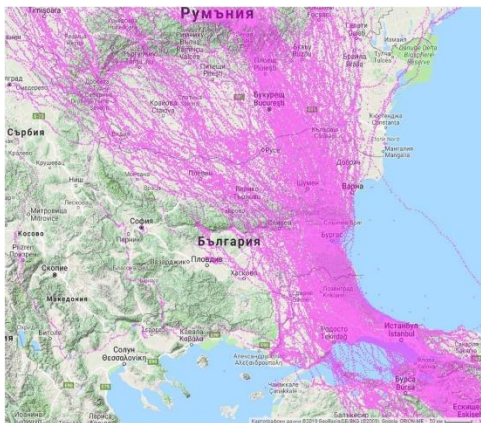
Птиците са една от най-добре проучените групи животни. Те са и сред най-достоверните индикатори на загубата на биологично разнообразие в Европа. Днес 43% от европейските птици имат природозащитен статус, което се дължи предимно на антропогенни фактори като прекомерно замърсяване и използване на околната среда, както и на други по-преки заплахи от страна на хората като безпокойство, преследване, усилен лов и др. Като се имат предвид редките или намаляващи популации, опазването на биоразнообразието, и по-конкретно на орнитологичното разнообразие, става все по-важна и необходима дейност, изискваща сътрудничество в международен мащаб [BBF; BSPB; Tucker, Evans 1997; Tucker, Heath, 1994].

По богатство на орнитофауната си България се нарежда на второ място в Европа след Испания. Територията на страната представлява само 1% от територията на Европа, а тук се срещат общо 394 вида птици, или 76% от европейската орнитофауна, както и още 23 вида, невключени в европейския списък. По-голямата част от птиците у нас са мигриращи. В България зимуват редовно над 200 вида птици.

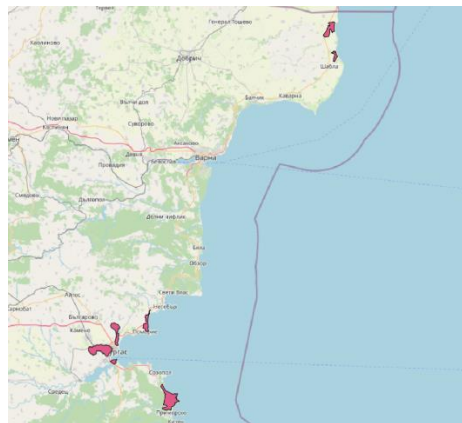
През страната ни преминават два миграционни пътя – в западна България – *Via Aristotelis*, а в източната част на страната преминава Западночерноморският прелетен път *Via Pontica*, който е и втори по големина в Европа (Фиг. 1). През *Via Pontica* ежегодно прелитат стотици хиляди водолюбиви, грабливи и пойни птици от над 110 вида. По този път преминават около 78% от световната популация на белия щъркел (*Ciconia ciconia*), цялата европейска популация на розовия пеликан (*Pelecanus onocrotalus*), около 52% от европейската популация на малкия креслив орел (*Aquila pomarina*) и т.н. Част от мигриращите птици само преминават през нашата страна по време на миграцията, но друга част от тях остават да зимуват на подходящи за това места. Такива орнитологично важни точки по Българското Черноморие са влажните зони [Ramsarski mesta v Bulgaria].

Влажните зони са екосистеми, в които водата е основният фактор, от който зависят екологичните условия и свързаните с тях животни и растения. Влажните зони са едни от най-продуктивните екосистеми на Земята. Те предоставят основни екологични ползи и услуги, като са регулатор на водния режим и източник на биологично разнообразие на всички нива на организация – видово, генетично и екосистемно. Поради орнитологичната си стойност те са обект на опазване въз основа на международни конвенции, национално законодателство и чрез различни организации. В България тези места се обявяват за Рамсарски обекти, орнитологично важни места, зони по НАТУРА 2000, резервати, поддържани резервати, защитени местности и др.) [Berberova, 2003; Berberova, 2004; Berberova, 2004a; BirdLifeInternational; BSPB; NPOZVZB; Ramsar; Register of protected areas in Bulgaria; Zakon za biologichnoto raznoobrazie; Zakon za zashtitenite teritorii].

Седем от единайсетте български Рамсарски места са разположени по Черноморието (от север на юг) (Фиг. 2): Дуранкулашко езеро, Шабленско езеро, Поморийско езеро, Атанасовско езеро, Езеро Вая, Местност Мандра-Пода и Комплекс Ропотамо. Поморийско езеро, Атанасовско езеро, Езеро Вая, Местност Мандра-Пода формират т. нар. езерен комплекс Бургаски влажни зони [BBF; BLACKSEAWETlands; BSPB; Green Balkans; Kostadinova, Gramatikov, 2007; NPOZVZB; PAPUPRAE; PUPKDE; PUPRAE; PUZMP; Ramsarski mesta v Bulgaria; Register of protected areas in Bulgaria; SLPAMP].



Фиг. 1. Трансмиграционен път *Via Pontica* [Източник: LSGB]



Фиг. 2. Местоположение на Рамсарските обекти по Българското Черноморие [Източник: ЕхЕА]

От основно значение за опазването на биоразнообразието е мониторингът. Благодарение на тази дейност е възможно събирането и обработката на бази данни, анализирането и оценяването на извлечената информация [Zaharinov, 2015]. Това позволява проследяване на тенденциите в численостите на популации. Чрез мониторинга се установява наличие на храна и фактори, свързани с оцеляването на видовете; промяна в климатичните условия; наличие на вредни въздействия; наличие на браконьерски дейности и др.

Среднозимното преброяване (СЗП) е част от мониторинга на биологичното разнообразие в неговата част, отнасяща се до птиците. Мониторингът се провежда от Министерството на околната среда и водите (МОСВ) чрез Изпълнителна агенция по околна среда (ИАОС), Изпълнителната агенция по горите (ИАГ), Българската академия на науките (БАН), природозащитни граждански организации и доброволци [NBMS – ЕхЕА; MMZP]. СЗП на водолюбивите птици в България е част от общото международно преброяване в цяла Западна Палеарктика (Европа, Близкия Изток и Северна Африка), което се провежда координирано от неправителствената организация Wetlands International. СЗП дава оценка на размера и вида на европейските популации на водолюбивите птици и за състоянието на влажните зони, където те зимуват, голяма част от които са част от екологичната мрежа Натура 2000. Основните цели на преброяването са: да се установят числеността, видовият състав и местата на струпване на зимуващите водолюбиви птици; да се проследят промените в числеността и разпространението на зимуващите водолюбиви птици; да се следи за състоянието на влажните зони, в които се срещат водолюбиви видове птици; да се установят заплахите за птиците и местата на зимуване, както и тенденциите им през годините; да се анализират събраните данни, за да се определят приоритетните дейности за опазване на видовете и местата на зимуване, както и насоки за устойчиво ползване на ресурсните видове. СЗП на зимуващите в страната водолюбиви птици се провежда ежегодно по едно и също време – началото на януари и по-точно – почивните дни от втората седмица на месеца. Преброяването се осъществява в обхвата на основните места за зимуващите птици по Черноморското и Дунавското крайбрежие и повечето водоеми във вътрешността на страната – общо около 200 [MMZP].

България е предпочитано място за зимуване на редица водолюбиви птици, като сред тях има видове, които са с конзервационно значим статус както за страната ни, така и в световен мащаб [Red Data Book of The Republic of Bulgaria; IUCN Red List]. През студени зими в страната ни зимува до 70% от световната популация на червеногушата гъска и до 40% от европейската популация на голямата белочела гъска. Близко 20% от популацията на малкия корморан прекарва зимата в страната ни [NBMS – EхЕА]. Ето защо е важно страната ни да участва в среднозимното преброяване.

Целта на настоящото проучване е да представи обобщение и анализ на данни от СЗП за видов състав и численост на водолюбиви птици в района на Рамсарските места по Българското Черноморие за периода 2012 – 2021 г., което ще потвърди екологичната значимост на тези места и необходимостта от тяхното опазване.

1. Обект и методи

Проучването обхваща официални данни от СЗП за видов състав и численост на популациите на зимуващи водолюбиви птици за периода 2012 – 2021 г. в Рамсарските обекти по Българското Черноморие. Данните са систематизирани, обработени и анализирани. Достъп до тях е получен от ИАОС по реда на Закона за достъп до обществена информация.

2. Резултати и дискусия

В Таблица 1 са представени данни за общия брой видове водолюбиви птици по разреди, наблюдавани по Рамсарските места на Българското Черноморие по време на СЗП в периода 2012 – 2021 г. Установява се, че присъстват видове от следните разреди: Гъскоподобни (Anseriformes), Дъждосвирцоподобни (Charadriiformes), Пеликаноподобни (Pelecaniformes), Гмурецоподобни (Podicipedidae), Вrabчоподобни (Passeriformes), Жеравopodobни (Gruiformes), Ястребopodobни (Accipitriformes), Рибоядоподобни (Suliformes), Гмуркачоподобни (Gaviiformes), Фламингоподобни (Phoenicopteriformes), Синявицоподобни (Coraciiformes), Буревестникоподобни (Procellariiformes) и Щъркелоподобни (Ciconiiformes).

Вижда се, че в българските черноморски Рамсарски места се наблюдава вариращ видов състав от зимуващи водолюбиви птици, като част от тях могат да бъдат наблюдавани във всеки един от проучваните Рамсарски обекти.

Таблица 1. Брой на зимуващите видове водолюбиви птици по разред и обект, среднозимно преброяване 2012 – 2021 г.

Разред	Брой видове						
	Атанасовско езеро	Дуранкулашко езеро	Езеро Вая	Шабленско езеро	Мандра-Пода	Поморийско езеро	Комплекс Ропотамо
Гъскоподобни	23	22	23	19	28	21	18
Дъждосвирцоподобни	26	10	16	14	16	21	9
Пеликаноподобни	7	5	7	4	9	6	6
Гмурецоподобни	4	4	4	5	4	5	4
Вrabчоподобни	5	5	5	5	3	2	2

Жеравоподобни	3	4	3	4	3	2	1
Ястребоподобни	2	4	2	2	2	1	2
Рибоядоподобни	2	3	1	2	1	3	3
Гмуркачоподобни	1	1	1	1	2	2	2
Фламингоподобни	2	0	0	0	0	1	0
Синявицоподобни	1	1	1	1	1	1	1
Буревестникоподобни	0	0	0	0	1	1	1
Щъркелоподобни	0	0	0	0	1	0	0
Общо	76	59	63	57	70	66	49

Установени са 91 вида птици от представените в Табл. 1 разреди.

Най-разнообразни са **разред Гъскоподобни (Anseriformes)**. От тях се срещат 28 вида птици, които са представени в Таблица 2.

Таблица 2. Видове от разред Гъскоподобни (Anseriformes)

Белочела гъска	<i>Anser albifrons</i>
Кафявоглава потапница	<i>Aythya ferina</i>
Зеленоглава патица	<i>Anas platyrhynchos</i>
Черна качулата потапница	<i>Aythya fuligula</i>
Поен лебед	<i>Cygnus cygnus</i>
Клопач	<i>Anas clypeata</i>
Зимно бърне	<i>Anas crecca</i>
Ням лебед	<i>Cygnus olor</i>
Сива патица	<i>Anas strepera</i>
Бял ангъч	<i>Tadorna tadorna</i>
Червеногуша гъска	<i>Branta ruficollis</i>
Малък лебед	<i>Cygnus columbianus</i>
Малък нирец	<i>Mergellus albellus</i>
Сива гъска	<i>Anser anser</i>
Звънарка	<i>Bucephala clangula</i>
Фиш	<i>Anas penelope</i>
Фиш	<i>Mareca penelope</i>
Белоока потапница	<i>Aythya nyroca</i>
Среден нирец	<i>Mergus serrator</i>
Шилоопашата патица	<i>Anas acuta</i>
Планинска потапница	<i>Aythya marila</i>
Червеноклюна потапница	<i>Netta rufina</i>
Кадифена потапница	<i>Melanitta fusca</i>
Траурна потапница	<i>Melanitta nigra</i>

Посевна гъска	<i>Anser fabalis rossicus</i>
Ледена потапница	<i>Clangula hyemalis</i>
Тръноопашата потапница	<i>Oxyura leucocephala</i>
Червен ангъч	<i>Tadorna ferruginea</i>

Следващият по разнообразие е **разред Дъждосвирицеподобни (Charadriiformes)**, който е представен от 26 вида (Табл. 3).

Таблица 3. Видове от разред Дъждосвирицеподобни (Charadriiformes)

Тъмногръд брегобегач	<i>Calidris alpina</i>
Жълтокраката чайка	<i>Larus michahellis</i>
Речна чайка	<i>Larus ridibundus</i>
Саблеклюн	<i>Recurvirostra avosetta</i>
Дългоклюна чайка	<i>Larus genei</i>
Каспийска чайка	<i>Larus cachinnans</i>
Голям свирец	<i>Numenius arquata</i>
Сребриста булка	<i>Pluvialis squatarola</i>
Малка чайка	<i>Larus minutus</i>
Малък червеноног водобегач	<i>Tringa totanus</i>
Голям червеноног водобегач	<i>Tringa erythropus</i>
Малък брегобегач	<i>Calidris minuta</i>
Малка черногърба чайка	<i>Larus fuscus</i>
Голям горски водобегач	<i>Tringa ochropus</i>
Малка черноглава чайка	<i>Larus melanocephalus</i>
Чайка буревестница	<i>Larus canus</i>
Бойник	<i>Philomachus pugnax</i>
Голям зеленокрак водобегач	<i>Tringa nebularia</i>
Средна бекарина	<i>Gallinago gallinago</i>
Голяма черноглава чайка	<i>Larus ichthyaetus</i>
Голям брегобегач	<i>Calidris canutus</i>
Горски бекас	<i>Scolopax rusticola</i>
Обикновена калугерица	<i>Vanellus vanellus</i>
Трипръст брегобегач	<i>Calidris alba</i>
Кокилобегач	<i>Himantopus himantopus</i>
Златиста булка	<i>Pluvialis apricaria</i>

След това са разред **Пеликаноподобни (Pelecaniformes)**, представени от 9 вида (Табл. 4).

Таблица 4. Видове от Пеликаноподобни (Pelecaniformes)

Голям корморан	<i>Phalacrocorax carbo</i>
Голяма бяла чапла	<i>Ardea alba</i>

Къдроглав пеликан	<i>Pelecanus crispus</i>
Розов пеликан	<i>Pelecanus onocrotalus</i>
Лопатарка	<i>Platalea leucorodia</i>
Нощна чапла	<i>Nycticorax nycticorax</i>
Малка бяла чапла	<i>Egretta garzetta</i>
Сива чапла	<i>Ardea cinerea</i>
Голям воден бик	<i>Botaurus stellaris</i>

От **разред Гмурецоподобни (Podicipedidae)** се наблюдават 5 вида (Табл. 5).

Таблица 5. Видове от Гмурецоподобни (Podicipedidae)

Черноврат гмурец	<i>Podiceps nigricollis</i>
Голям гмурец	<i>Podiceps cristatus</i>
Малък гмурец	<i>Tachybaptus ruficollis</i>
Ушат гмурец	<i>Podiceps auritus</i>
Червенорат гмурец	<i>Podiceps grisegena</i>

Разред Вrabчоподобни (Passeriformes) са представени от 5 вида (Табл. 6).

Таблица 6. Видове от Вrabчоподобни (Passeriformes)

Водна бърбица	<i>Anthus spinoletta</i>
Мустакато тръстикарче	<i>Panurus biarmicus</i>
Свилено шаварче	<i>Cettia cetti</i>
Торбогнезд синигер	<i>Remiz pendulinus</i>
Тръстикова овесарка	<i>Emberiza schoeniclus</i>

Разред Жеравоподобни (Gruiformes) са представени с 4 вида (Табл. 7).

Таблица 7. Видове от Жеравоподобни (Gruiformes)

Лиска	<i>Branta ruficollis</i>
Крещалец	<i>Rallus aquaticus</i>
Зеленоножка	<i>Gallinula chloropus</i>
Голяма дропла	<i>Otis tarda</i>

От **Разред Ястребоподобни (Accipitriformes)** са отчетени 4 вида (Табл. 8).

Таблица 8. Видове от Ястребоподобни (Accipitriformes)

Тръстиков блатар	<i>Circus aeruginosus</i>
Полски блатар	<i>Circus cyaneus</i>

Морски орел	<i>Haliaeetus albicilla</i>
Белоопашат мишелов	<i>Buteo rufinus</i>

Разред Рибоядоподобни (Suliformes) е представен от 3 вида (Табл. 9).

Таблица 9. Видове от Рибоядоподобни (Suliformes)

Малък корморан	<i>Phalacrocorax pygmaeus</i>
Малък корморан	<i>Microcarbo pygmaeus</i>
Качулат корморан	<i>Phalacrocorax aristotelis</i>

От **Разред Гмуркачоподобни (Gaviiformes)** са регистрирани 2 вида (Табл. 10).

Таблица 10. Видове от Гмуркачоподобни (Gaviiformes)

Черногуш гмуркач	<i>Gavia arctica</i>
Червеногуш гмуркач	<i>Gavia stellata</i>

Има 2 вида от **Разред Фламингоподобни (Phoenicopteriformes)** (Табл. 11).

Таблица 11. Видове от Фламингоподобни (Phoenicopteriformes)

Розово фламинго	<i>Phoenicopus ruber roseus</i>
Американско фламинго	<i>Phoenicopus ruber</i>

Разред Синявицоподобни (Coraciiformes) имат един представител: земеродно рибарче (*Alcedo atthis*).

Разред Буревестникоподобни (Procellariiformes) имат регистриран 1 представител - обикновен буревестник (*Puffinus yelkouan*).

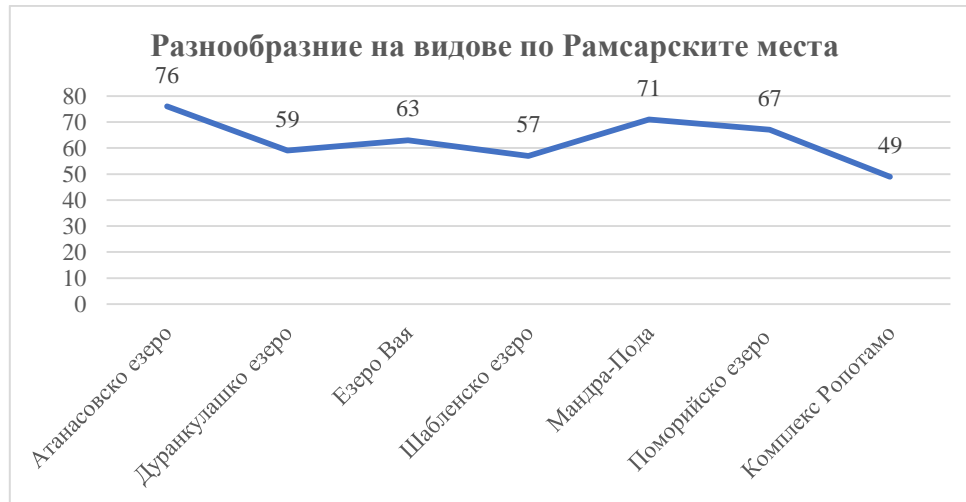
Разред Щъркелоподобни (Ciconiiformes) е представен само от вида бял щъркел (*Ciconia ciconia*).

Обобщени резултати от СЗП на зимуващи водолюбиви птици на територията на Рамсарските места по Българското Черноморие за периода 2012 – 2021 г.

Обобщените резултати от проучването са представени на фигури 3, 4 и 5.

Най-голямо видово разнообразие се наблюдава в района на Бургаските влажни зони – Атанасовско езеро, местността Мандра-Пода, Поморийско езеро и езеро Вая (Фиг. 3). Това се дължи на няколко факта. От една страна, тези обекти са разположени в южната част на черноморското ни крайбрежие, където температурите са по-благоприятни от северното Черноморие. От друга страна, солеността на водоемите е различна – водите в тях са от свръхсолени до сладки, което предполага по-голямо разнообразие на

растителност и хранителни ресурси. Именно това разнообразие в условията на средата на различните обекти, ги правят предпочитано място за зимуване на повече видове птици.



Фиг. 3. Обобщени данни от СЗП за видовото разнообразие на зимуващи водолюбива птици за периода 2012 – 2021 г. по Рамсарско място



Фиг. 4. Обобщени данни от СЗП за числеността на зимуващи водолюбива птици за периода 2012 – 2021 г. по Рамсарско място

Както е видно от Фиг. 3 и 4 не е задължително Рамсарското място с най-голямо разнообразие на видове да бъде и с най-висока численост на популациите. Например езеро Вая се отличава с най-голяма численост на птици, но не е с най-голямо видово разнообразие. Това показва, че тук са зимували видове с по-голяма популация. За многочислените популации, освен специфичните екологични условия на средата, значение има и неговата площ, тъй като от нея зависи възможността на мястото да поеме и изхрани определен брой индивиди. В случая езеро Вая е с най-голяма площ от останалите Бургаски влажни зони, а и от седемте Рамсарски места.



Фиг. 5. Обобщени данни от СЗП за числеността на зимуващи водолюбиви птици в проучваните Рамсарски места по Българското Черноморие за периода 2012 – 2021 г.

Фиг. 5 представя обобщени данни за числеността на всички водолюбиви птици, зимуващи в проучваните Рамсарски места на Българското Черноморие в периода 2012 – 2021 г. От нея става ясно, че за проучвания 10-годишен период най-голяма численост е регистрирана през 2013 г. и 2019 г., когато са преброени над 170 хил. птици, което е близо двойно на останалите години. Възможна, но непроучена в рамките на настоящата работа, причина може да бъде аномалия в метеорологичните условия през тези две години – по-студени или съответно по-топли зими. Тези пикове, могат да бъдат повлияни от различни фактори: температура на въздуха и водата, ниво на водата във водните обекти, наличие на храна, замърсяване и др.

Изводи

Въз основа на получените резултати от данните от среднозимното преброяване на водолюбиви птици, зимуващи в проучваните Рамсарски места по Българското Черноморие за периода 2012 – 2021 г. и направените върху тях анализи, могат да се направят следните основни изводи:

1. В Рамсарските места по Българското Черноморие се установява вариращ видов състав от зимуващи водолюбиви птици, като част от тях могат да бъдат наблюдавани във всички проучвани обекти.
2. Установените зимуващи водолюбиви птици в Рамсарските обекти по Българското Черноморие за проучвания 10-годишен период показва, че те са общо 91 вида, представители на 13 разряда.
3. По видов състав с най-голямо разнообразие са разред Гъскоподобни (Anseriformes), а само с по един зимуващ вид са представени разредите Синявицоподобни (Coraciiformes), Буревестникоподобни (Procellariiformes) и Щъркелоподобни (Ciconiiformes).
4. Най-голямо видово разнообразие е отчетено в района на Бургаските влажни зони – Атанасовско езеро, местността Мандра-Пода, Поморийско езеро и езеро Вая,

дължащо се на тяхното местоположение, площ и специфични екологични условия.

5. Езеро Вая се отличава с най-голяма численост на птици, но не и с най-голямо видово разнообразие.
6. Влажните зони по Българското Черноморие са важни точки за зимуване на водолюбиви птици в зимния период.
7. Установеното голямо орнитологично разнообразие потвърждава екологичната значимост на Рамсарските места и необходимостта от тяхното опазване.

ЛИТЕРАТУРА

- Berberova, R., 2003. Burgaski ezera [Burgas lakes]. *Informatsionen byuletin na Burgaski ezera* [Information bulletin of Burgas Lakes].
- Berberova, R., 2004. Den na Ramsarskata konventsia [Ramsar Convention Day]. *Universitetski dnevnik* [University Journal], NBU, Vol. 1-2.
- Berberova, R., 2004a. Svetoven den za zashtita na vlazhnite zoni [World Wetlands Day], *Planeta Eko Info* [Planet Eko Info], Vol. 2, 9-10.
- BBF, Bulgarian Biodiversity Foundation: <https://biodiversity.bg/>
- BirdLifeInternational: <https://www.birdlife.org>
- BLACKSEAWETlands, Discover Black Sea Coast to visit: <https://www.moew.government.bg/bg/priroda/zastiteni-teritorii/zastiteni-teritorii-s-mejdunarodno-znachenie/ramsarski-mesta/>
- BSPB, Bulgarian Society for the Protection of Birds: <https://bspb.org/>
- ExEA, Executive Environment Agency: <https://eea.government.bg/en>
- Green Balkans: <https://greenbalkans.org/>
- IUCN Red List (Red Data Book): <https://www.iucnredlist.org/>
- Kostadinova, I., M. Gramatikov, 2007. *Ornitologichno vazhni mesta v Bulgaria i Natura 2000* [Ornithologically important places in Bulgaria and Natura 2000]. Prirodozashtitna poreditsa – kniga 11 [Conservation Series – Book 11], BSPB.
- LSGB, LIFE Safe Grid for Burgas: <https://lifesafegridforburgas.bg/en/via-pontica/>
- MMZP, Metodika za monitoring na zimuvashiti ptitsi, NSMBR – IAOS [Methodology for monitoring wintering birds, NBMS – ExEA]: <https://eea.government.bg/bg/bio/nsmbr/prakticheskoro-rakovodstvo-metodiki-za-monitoring-i-otsenka/ptitsi>
- NBMS – ExEA, National biodiversity monitoring system – Executive environmental agency: <https://eea.government.bg/bg/bio/nsmbr>, <https://eea.government.bg/en/bio/nsmbr>
- NPOZVZB, Natsionalen plan za opazvane na nay-znachimite vlazhni zoni v Bulgaria (2013 – 2022) National plan for the protection of the most important wetlands in Bulgaria (2013 – 2022), 2013, Ministry of Environment and Water, BSPB, BBF, IBER-BAS.
- PAPUPRAE, Proekt za aktualizirane na Plan za upravlenie na poddarzhan rezervat Atanasovsko ezero [Project for updating the management plan of the Atanasovsko Lake maintained reserve], 2015.
- PUPKDE, Plan za upravlenie na prirodni kompleks Durankulashko ezero [Management plan for the Durankulashko lake natural complex], 1998, BSBCP.
- PUPRAE, Plan za upravlenie na poddarzhan rezervat Atanasovsko ezero [Atanasovsko lake maintained reserve management plan], 2003, BSBCP.

- PUZMP, Plan za upravljenie na zashtitena mestnost Poda (2002 – 2010) [Poda protected area management plan (2002 – 2010)], 2002, BSBCP.
- Ramsar (Convention on Wetlands): <https://www.ramsar.org/>
- Ramsarski mesta v Bulgaria – MOSV [Ramsar sites in Bulgaria – Ministry of Environment and Water]: <https://www.moew.government.bg/bg/priroda/zastiteni-teritorii/zastiteni-teritorii-s-mejdunarodno-znachenie/ramsarski-mesta/>
- Red Data Book of The Republic of Bulgaria, 2015, Vol 2 – Animal. BAS & MoEW, Sofia.
- Register of protected areas in Bulgaria, <https://eea.government.bg/zpo/bg/>
- SLPAMP, Shable Lake protected area management plan [Shable Lake protected area management plan], 2003, BSBCP.
- Tucker, G., M. Evans, 1997. Habitats for birds in Europe: a conservation strategy for the wider environment. *BirdLife International (Conservation Series No. 6)*, Cambridge, UK.
- Tucker, G., M. Heath, 1994. Birds in Europe: their conservation status. *BirdLife International (Conservation Series No. 3)*, Cambridge, UK.
- Wetlands International: <https://www.wetlands.org/>
- Zaharinov, B., 2015. *Ekologichen monitoring [Environmental monitoring]*. New Bulgarian University.
- Zakon za biologichnoto raznoobrazie [Biodiversity Act], Obn. DV, Br. 77/09 avgust 2002 [Published in the State Newspaper of 9 August 2002].
- Zakon za zashtitenite teritorii [Law on Protected Areas], Obn. DV, Br. 133/11 noemvri 1998 [Published in the State Newspaper of 11 November 1998].

Анализ на данни от наблюдение върху биоразнообразието на паяците (Araneae) в българската част на Осоговска планина

Дема Чолакова

Нов български университет, департамент „Природни науки“, ул. „Монтевидео“ № 21, София, България

demacholakova@gmail.com

Data analysis of the observation on spiders (Araneae) diversity in the Bulgarian part of Osogovo mauntain

Dema Cholakova

New Bulgarian University, Department of Natural Science, 21 Montevideo Str., Sofia, Bulgaria

demacholakova@gmail.com

Резюме: Осоговската планина заема най-големия дял от Осогово-Беласишкия район и се намира в най-северната му част. Най-високата точка на планината е връх Руен (2251 m). Като цяло Осоговската планина има асиметричен характер: стръмни северни склонове, относително наклонени и разделени с множество хребети източни и югозападни склонове, което е предпоставка за наличието на богато биологично разнообразие. Целта на извършеното изследване бе да се установи биоразнообразието (видовия състав) и по-важни биологични, екологични и зоогеографски особености на паяците (Araneae) от българската част на Осоговска планина.

Ключови думи: Осоговска планина, биоразнообразие, паяци.

Abstract: Osogovo Mountain occupies the largest part of the Osogovo-Belasitsa region and is located in its northernmost part. The highest point of the mountain is Mount Ruen (2251 m). In general, the Osogovo Mountain has an asymmetrical character: steep northern slopes, relatively sloping and separated by numerous ridges eastern and southwestern slopes, which is a prerequisite for the presence of rich biodiversity.

The aim of this study is to establish the biodiversity (species composition) and more important biological, ecological and zoogeographical features of spiders (Araneae) from the Bulgarian part of the Osogovo Mountain.

Key words: Osogovo mountain, biodiversity, spiders.

Въведение

Към клас паякообразни (Arachnida) са включени безгръбначни и членестоноги животни: паяци, акари, скорпиони, псевдоскорпиони, сенокосци, кърлежи, палпигради и др. Този клас е съставен от хиляди видове (около 60 хил.) и множество родове. Паяците заемат по-голямата част от тях (повече от 50 хил. описани видове) (Mayers, 2001) и са група, която се намира в биологичен прогрес.

У нас паяците са проучени много добре. Единични данни, засягащи българските паяци, намираме в някои от статиите на Pavesi (1876), Giltay (1932), Kratochvil & Miller (1938), Buchar (1968), Flanczewska (1981), Thaler et al. (1994), Knoflach (1992). Главен принос за изследванията в България имат П. Дренски и Хр. Делчев, интензивни изследвания са проведени и от Г. Благоев, С. Лазаров и Д. Димитров.

Настоящото изследване е по оригинални материали от Осоговска планина в райони, разположени на и над 650 m н. в. Местообитанията, които са проучени в планината, са 29 и са групирани в два основни трансекта.

Съществуват единични данни за паяците на Осоговската планина, които се намират в трудовете на Дренски (1913, 1915, 1936, 1937, 1938) и Юринич, Дренски (1917). В споменатите публикации са докладвани 101 вида от 21 семейства. Много по-късно Делчев (Deltshev, 1996) публикува данни за около 3 други вида, съобщени от Осоговска планина, считайки ги за нови за българската аранеофауна (*Dasumia kucseri*, *Dysdera pectinata* и *Zodarion ochridense*). Така общият брой на видовете, отчетени за Осоговска планина до момента на проучването, възлиза на 104 от 22 семейства.

Целта на извършеното изследване бе да се установи биоразнообразието (видовия състав) и по-важни биологични, екологични и зоогеографски особености на паяците (Araneae) от българската част на Осоговска планина.

Основните задачи, които бяха поставени при разработването на настоящото изследване са следните: да бъде установен видовият състав и разпространението на паяците на територията на изследвания район; да се направи фаунистичен анализ на установените видове; събраните фаунистични данни да се обединят в компютърна база данни с оглед на тяхното управление и съхранение (за нуждите НПМ–БАН).

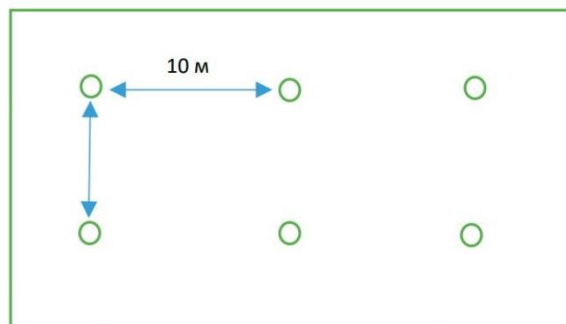
1. Обект и методи

Настоящото изследване е продължение на дългогодишното събиране на материали от покойния български арахнолог - Георги Цонев, събирани в периода 1994 – 1999 г. За целта на проучването бяха определени негови сборове от материал за периода 1999 – 2002 г., които да послужат за по-пълното изучаване на биоразнообразието на българската част на Осоговска планина.

Научният материал бе събран чрез маршрутни и стационарни методи на 29 локации. Използвани са различни методи за колекциониране на паяци като: земни капани (с фиксатор формалин), ръчен сбор под камъни и кори на дървета, косене (с ентомологичен сак) – в ливадни екосистеми и тръскане на клони. Почвените капани са изключително удобни за стационарни екологични изследвания (Adis, 1979). Всеки капан има постоянна пространствена локализация. Така той се превръща във временна мониторингова „станция“, отчитаща особеностите на животните на ниво микроместообитание. Постоянното положение на капаните дава възможност да се направи и подробно описание на средата около тях, като се следят измененията ѝ във времето. Тази методика позволява непрекъснати наблюдения в течение на дълъг период от време, обхващане на сезонната активност на отделните видове и количествено третиране на резултатите.

Материалът бе събиран в продължение на 4 години, като пробите бяха вземани на всеки 30–35 дни с прекъсване през зимата (XI–II). Почвените капани представляват пластмасови кофички от кисело мляко с диаметър 8,5 cm и дълбочина 12 cm, вкопани са 10 в земята до техния горен ръб и напълвани до половината с 4% разтвор на формалдехид – консервиращ агент, и 1–2 капки веро (за намаляване на повърхностното напрежение).

Капаните биват заложени на различни надморски височини в 4 различни хабитатни комплекса – горски, ливаден, ливадно-горски екотон и субалпийски планински пасища. Капаните във всяко находище бяха разположени през 10 m в две редици, както е показано на Фиг. 1.



Фиг. 1. Схема на разположение на капаните

Чрез останалите методи, изброени по-горе, са били събрани също голям брой екземпляри, главно от видове, които не попадат в земни капани.

Събраният материал бе внимателно обработен, като полово зрелите екземпляри бяха определени, етикетирани и съхранени в 70% етилов алкохол. Определението на събраните паяци бе извършено с помощта на бинокляр (WILD, ZEISS и STEMI 5008) при детерминирането на видовете паяци бяха използвани публикации от следните автори: Roberts (1987,1995), Heimer & Nentwig (1991), Tongiorgi (1969), Deltshev (1990, 1993, 1995, 1996, 1997, 1998), Miller (1971), Locket & Millidge (1951), Grimm (1985,1986), Platnick (1989, 1993, 1997), Brignoli (1983, 1984), Chyzer & Kulczynski (1897), Dahl & Dahl (1927), Deeleman-Reinold (1993), Hadjissarantos (1940), Helsdingen at al. (1977), Kronestedt (1983), Levy (1977), Lugetti & Tongiorgi (1969), Simon (1875), Thaler (1988), Wunderlich (1976, 1977).

При ръчния сбор паяците бяха събирани от повърхността на почвата, под камъни, дънери и повалени дървета, от различни тревисти растения и храсти, както и под кората на дърветата. За косенето бе използван ентомологичен сак с диаметър 39 cm.

2. Резултати и дискусия

Опазването на застрашените популации от различните групи безгръбначни животни изисква запазването на техните природни местообитания в ненарушен вид (Бернска конвенция). Установяването на консервационната значимост на различните хабитати за успешното опазване на безгръбначната фауна се извършва на базата на критериите (отбелязани в Бернската конвенция): видово и популационно богатство и наличието на редки (стенотопни), ендемични и застрашени видове (включени в световни или европейски Червени списъци).

Ендемити

Към тази категория разглеждаме таксони, които не са намирани извън границите на Балканския полуостров. Те се разделят на локални (намирани само в Осогово или друга обособена територия), български (намерени само в България) и балкански (установени в значителна част от територията на повече от една балканска държава).

Най-добре представени са Балканските ендемити (10 вида). Те са установени главно в горския пояс на планината (*Dasumia kusceri*, *Lepthyphantes floriana*, *Histopona laeta*, *Cybaeus balkanus*, *Eurocoelotes jurinitschi*, *E. karlinskii*, *E. kulczynskii*). Свързани с високопланинския пояс са видовете *Gonatium orientale* и *Pardosa drenskii*. Характерни за нископланинския пояс са видовете *Brachythele denieri*, *Dysdera pectinata*, *Dysdera punctata*, *Zodarion aculeatum* и *Z. ochridense*, но те се качват и до среднопланинския пояс.

Българските ендемити *Harpactea srednagora*, *Malthonica rilaensis*, *Eurocoelotes kulczynskii* са планински елементи.

Локалният ендемит *Harpactea bulgarica* е новоописан върху предишни и настоящи сборове. Установен е само в районите на с. Богослов и река Бистрица. Сигурно има по-широко разпространение, но намирането му е по-трудно, защото е рядък.

Редки (стенотопни) и застрашени видове

Към тази категория спадат таксони, обитаващи единични находища в малочислени популации. В повечето случаи те са привързани към ограничен тип биотопи и изискват специфични абиотични и биотични условия за живот.

Установени са 99 редки (стенотопни) вида. Най-много от тях присъстват в семействата Linyphiidae (20 вида), Thomisidae (9 вида), Gnaphosidae (8 вида), Theridiidae (7 вида), Salticidae (7 вида).

Много от редките видове са планински елементи, изискващи ксеротермни условия за развитието на своите популации, но повечето са свързани с горския пояс.

Eresus kollari Rossi, 1846 – намерен в районите на селата Богослов и Старадалово. Видът присъства в Европейския червен списък на животните и растенията, намиращи се под заплаха за изчезване в световен мащаб, на Икономическия и социален съвет на ООН (ESC).

При прегледа на всички литературни и нови данни са установени 337 вида от 35 семейства, 2 от които нови за българската фауна (*Peponocranium orbiculatum* и *Agroeca proxima*), 133 вида са нови за планината, а *Troglohyphantes sp.* и *Pardosa sp.* са възможни нови видове и за науката. Те включват още и 21 ендемита/субендемита (Балкански – 10 вида; Български – 7 вида; Локални – 1 вид; Балкано-Карпатски 2 – вида; Балкано-Анадолски – 1 вид), 99 редки (стенотопни) вида и 1 вид, включен в европейски червен списък.

Установеният брой на паяците обаче представлява малко над 50% от очакваните за района около 600 вида и 30% от познатите 1043 вида за аранеофауната на България (Blagoev, Deltchev, Lazarov, Naumova, 2002–2018).

Разпространението и проучеността на паяците в Осогово са неравномерно представени. Най-богат, защото е най-добре проучен, е видовият състав на аранеофауната в районите на Кюстендил–Хисърлъка (92 вида), Богослов (64), х. Осогово (71 вида), долината на река Елешница в районите на селата Пелатиково (56 вида) и Страдалово (80 вида).

Територии и съобщества с висока консервационна стойност

Установените данни позволяват да се очертаят 7 приоритетни територии с консервационна значимост. Определени са на базата на присъствие на определени локалитети, в които са установени съобщества с висок брой консервационно значими видове (ендемита, реликти, редки видове) (Фиг. 2.)

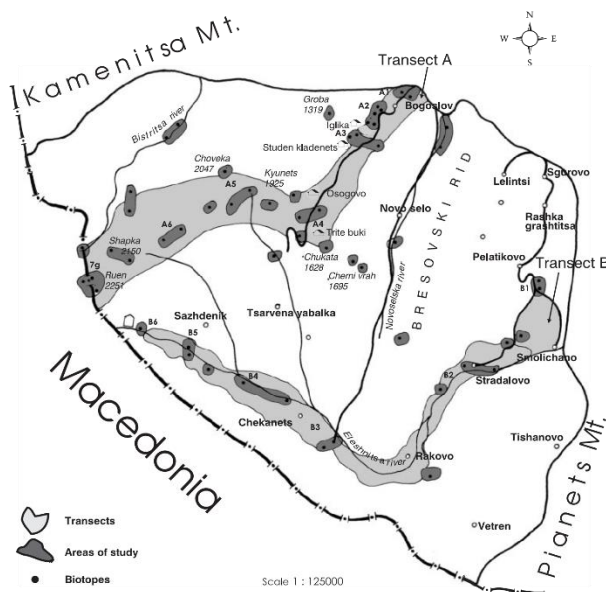


Fig. 1. The Bulgarian part of Osogovo Mountain.

Фиг. 2. Българската част на Осоговска планина (Tzonev & Lazarov, 2001)

1) Район от парк „Хисарлъка“ над Кюстендил до местността „Памука“, 620–1350 m - поради наличие и добра съхраненост на богати и уникални горски, ливадни и ливадно-горски екотонни съобщества от зонален тип.

Консервационно значими видове: *Brachythele langourovi*, *Nemesia pannonica coheni*, *Scytodes thoracica*, *Segestria senoculata*, *Dasumia kusceri*, *Dysdera pectinata*, *Harpactea hombergi*, *Harpactea srednagora*, *Eresus kollari*, *Uloborus walckenaerius*, *Tenuiphantes floriana*, *Pocadicnemis pumila*, *Tapinopa longidens*, *Walckenaeria cucullata*, *Malthonica rilaensis*, *Eurocoelotes jurinitschi*, *Eurocoelotes karlinskii*, *Zodarion aculeatum*, *Zodarion ochridense*, *Xysticus abditus*.

2) Долина на река Новоселска от строящия се язовир над с. Слокощица до местността „Две реки“ южно от с. Ново село, 620-960 m - поради наличие на богати и уникални ксерофилни ливадни, мезофилни ливадни и крайречни горски съобщества от интразонален тип.

Консервационно значими видове: *Dasumia kusceri*, *Harpactea saeva*, *Harpactea srednagora*, *Eresus kollari*, *Huptyotes paradoxus*, *Episinus truncatus*, *Macrargus rufus*.

3) Долина на река Елешница между селата Ваксево и Раково, 560–860 m - поради наличие на уникални крайречни съобщества от интразонален тип върху варовикови и силикатни терени, както и горски съобщества върху варовити терени.

Консервационно значими видове: *Macrargus rufus*, *Walckenaeria obtusa*, *Cybaeus balkanus*, *Zodarion ochridense*, *Xysticus gallicus*.

4) Долина на река Елешница между Чеканецки мост и с. Сажденик, 940–1400 m - поради наличие на разнообразни и уникални крайречни съобщества от интразонален тип върху варовикови и силикатни терени, както и добре запазени горски съобщества от зонален тип.

Консервационно значими видове: *Macrargus rufus*, *Troglohyphantes* sp., *Walckenaeria obtusa*, *Histopona laeta*, *Cybaeus balkanus*, *Cryphoeca silvicola*, *Eurocoelotes jurinitschi*, *Eurocoelotes karlinskii*, *Eurocoelotes kulczynskii*, *Thanatus sabulosus*, *Xysticus gallicus*.

5) Долина на река Бистрица от началото на клисурата над с. Гърляно до района на мина „Руен“, 1100–1600 m – поради присъствие и съхраненост на богати и уникални крайречни горски, ливадни и екотонни съобщества от интразонален тип, както и добре запазени горски съобщества от зонален тип.

Консервационно значими видове: *Harpactea bulgarica*, *Harpactea saeva*, *Harpactea srednagora*, *Cybaeus balkanus*, *Titanoeca quadriguttata*, *Titanoeca tristis*, *Poecilochroa variana*, *Xysticus macedonicus*, *Zodarion aculeatum*, *Zodarion ochridense*

6) Район между х. „Осогово“, х. „Трите буки“ и вр. Човека, включително района между х. „Трите буки“ и заслона южно от вр. Човека, 1520–2020 m – поради присъствие и съхраненост на богати и уникални горски и горско-ливадни екотони в буковия пояс и уникални ливадни съобщества в субалпийския пояс.

Консервационно значими видове: *Segestria senoculata*, *Hypitiotes paradoxus*, *Centromerus sylvaticus*, *Mansuphantess mansuetus*, *Macrargus rufus*, *Araneus sturmi*, *Parzygiella montana*, *Pardosa drenskii*, *Eurocoelotes kulczynskii*, *Zodarion ochridense*, *Xysticus gallicus*

7) Район между извора „Бегбунар“ и вр. Руен, 1820–2251 m - поради присъствие и съхраненост на богати и уникални ливадни екотонни съобщества в субалпийския пояс.

Консервационно значими видове: *Crustulina guttata*, *Agyneta cauta*, *Araeoncus anguineus*, *Pelecopsis elongata*, *Pardosa drenskii*, *Pardosa bifasciata*, *Pardosa sp.*

Изводи

Фаунистичното разнообразие на установените 337 вида паяци показва, че Осогово е територия със значително видово богатство. Това заключение се потвърждава и от наличието на 21 ендемита/субендемита и 99 редки (стенотопни) вида. Трябва да се подчертае обаче, че този списък не е окончателен. Ендемитите, Югоизточно Европейските видове и Северно Медитеранските видове отразяват локалния характер на фауната, но техният нисък процент (7.50%) предполага, че процесът на колонизацията е от първостепенно значение.

От установените 337 вида, семействата паяци са както следва:

Atypidae (1), Nemesidae (3), Scytodidae (1), Pholcidae (2), Segestriidae (2), Dysderidae (10), Eresidae (1), Uloboridae (2), Nesticidae (1), Theridiidae (20), Linyphiidae (58), Tetragnathidae (6), Araneidae (21), Lycosidae (40), Pisauridae (1), Oxyopidae (2), Zoridae (3), Ageleniidae (12), Cybaeidae (2), Hahniidae (3), Dictynidae (4), Amaurobiidae (7), Titanoecidae (2), Anophaelinae (1), Liocranidae (7), Mutirgidae (6), Clubionidae (6), Corinnidae (2), Phrurolithidae (2), Zodariidae (3), Gnaphosidae (34), Sparassidae (1), Philodromidae (15), Thomisidae (28) и Salticidae (24).

Семейство Linyphiidae (58) е с най-много установени представители в района. Thomisidae (28) и Salticidae (24). Такова е и многообразието на видовете в семействата и в други български планини с малки размествания в горепосочения порядък.

От установените за изследвания район 337 вида, 133 вида са нови за района и 2 вида са нови за българската фауна.

Reponocranout orbiculatum (O. Pickard - Cambridge, 1882) – видът е разпространен в почти цяла Европа, като много бели петна в неговото разпространение са в Балканския полуостров, където единствено е установен от Северна Македония. Намирането му в България (българската част на Осоговска планина) попълва картата на разпространение на

вида. България, Северна Македония и Италия са най-южните точки на разпространение на вида.

Бяха установени и някои интересни фаунистични находки:

- *Brachythele langourovi* Lazarov, 2005. Видът е описан през 2005 г. от Стара планина, Средна гора и Витоша. Впоследствие беше намерен и в Северна Македония, намирането му в българската част на Осогово потвърждава предположението, че видът е широко разпространен не само в България, но и на Балканския полуостров. Има и непубликувани сведения от колеги арахнолози, че е установен и в Северна Гърция.
- *Harpactea bulgarica* (Lazarov & Naumova, 2009). Видът е описан като локален ендемит (Витоша, Люлин и района на София). Намирането на вида в българската част на Осоговска планина показва, че видът е разпространен и на запад от *Iocus tipicus* (находището, където е описан таксонът).
- *Troglohyphantes* sp. Този таксон е определен само до род, тъй като за по-нататъшното му детерминиране е необходимо по-сериозно изследване. Видовете в този род водят подземен и пещерен начин на живот и по някой път се налагат дори биохимични и генетични лабораторни изследвания. Най-вероятно това е един от описаните от България видове, но има и голяма вероятност да е нов за науката вид.
- *Tegenaria rilaensis* Deltchev, 1993. Видът е описан през 1993 г. от д-р Христо Делчев по материали на доц. Димо Божков от Рила. Намирането му в българската част на Осоговска планина разширява неговия ареал на запад, преодолявайки долината на р. Струма. Това показва, че видът е изключително планински.

Благодарности

Авторът изказва своите благодарности към департамент „Природни науки“ на Нов български университет, на колегите от Национален природонаучен музей към БАН, за оказаното съдействие при тълкуването на резултатите от проведеното изследване и възможността да се използва материалната база.

ЛИТЕРАТУРА

- Adis, J., 1979. Problems of interpreting arthropod sampling with pitfall traps. *Zoologischer Anzeiger*, 202, 177–184.
- Blagoev, G., C. Deltchev, S. Lazarov, M. Naumova, 2002—2018. The Spiders (Araneae) of Bulgaria. Version: August 2018. National Museum of Natural History, Bulgarian Academy of Sciences, online at <https://www.nmnh.com/spiders-bulgaria>, access date 7.03.2022.
- Brignoli, P. M., 1983. *A catalogue of the Araneae described between 1940 and 1981*. Manchester University Press, 755 pp.
- Brignoli, P. M., 1984. On some West Indian *Mimetus* and *Lyssomanes* (Araneae: Mimetidae, Salticidae). *Bulletin of the British Arachnological Society*, 200-204.
- Buchar, J., 1968. Zur Lycosidenfauna Bulgariens (Arachn., Araneae). *Věstník Československé Zoologické Společnosti v Praze*, 32, 116-130.
- Chyzer, C., W. Kulczyński, 1897. *Araneae Hungariae. Tomus II*. Academia Scientiarum Hungaricae Budapest, pp. 147-366, Pl. VI-X.

- Dahl, F., M. Dahl., 1927. Spinnentiere oder Arachnoidea. Lycosidae s. lat. (Wolfspinnen im weiteren Sinne). *Die Tierwelt Deutschlands*, 5, 1-80.
- Deeleman-Reinhold, C. L., 1993. The genus *Rhode* and the harpacteine genera *Stalagtia*, *Folkia*, *Minotauria*, and *Kaemis* (Araneae, Dysderidae) of Yugoslavia and Crete, with remarks on the genus *Harpactea*. *Revue Arachnologique*, 10 (6), 105-135.
- Deltshev, C., 1990a. A critical review of genus *Coelotes* Blackwall in Bulgaria with description of a new species (*Coelotes drenskii* sp. n., Araneae, Agelenidae). *Acta zoologica bulgarica*, 40, 29-44.
- Deltshev, C., 1990b. The high-altitude spiders (Araneae) in the Pirin Mountains, Bulgaria. *Acta Zoologica Fennica*, 190, 111-115.
- Deltshev, C., 1993. The genus *Tegenaria* Latreille in Bulgaria: A critical review with description of two sibling species (Arachnida, Araneae: Agelenidae). *Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereins in Innsbruck*, 80, 167-174.
- Deltshev, C., 1995. Spiders (Araneae) from the high Altitude Zone of Rila Mountain (Bulgaria). *Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereins in Innsbruck*, 82, 217-225.
- Deltshev, C., 1996. The origin, formation and zoogeography of endemic spiders of Bulgaria (Araneae). *Revue Suisse de Zoologie*, 141-151.
- Deltshev, C., 1997a. Spiders (Araneae) from the coastal habitats of Shabla-Ezerets Lake, Bulgaria. *Acta zoologica bulgarica*, 49, 58-63.
- Deltshev, C., 1997b. On the studies of spiders (Araneae) in the Vitosha Mountain. *Bulletin de l'Institut de Zoologie et Musee, Sofia*, 24, 51-56.
- Deltshev, C., 1998. Spiders from the High Altitude Zone of Central Stara Planina Mountain (Bulgaria) (Araneae). *Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereins in Innsbruck*, 85, 213-221.
- Drensky, P., 1913. Novi nahodishta na paiatsi ot Bulgaria [New deposits of spiders in Bulgaria].- *Sbornik na Bulgarska academia na naukite (BAN)* [Collection of Bulgarian Academy of Sciences (BAS)], 2, 1-146.
- Drensky, P., 1915. Araneides nouveaux ou peu connus de Bulgarie. *La Revue de l'Academie Bulgare des Sciences*, 12 (5), 141-176.
- Drensky, P., 1936. Katalog der echten Spinnen (Araneae) der Balkanhalbinsel. *Le Recueil de l'Academie Bulgare des Sciences*, 32 (15), 1-223.
- Drensky, P., 1937. Faunata na paiatsite (Araneae) v Bulgaria [The spider fauna (Araneae) in Bulgaria]. I, Podrazred Mygalomorphae, semeystva Ctenizidae i Atypidae [I. Subcategory Mygalomorphae, families Ctenizidae and Atypidae]. *Publikuvano ot Prirodonauchen institut, Sofia* [Published by Institute of Natural Sciences, Sofia] 10, 259-280.
- Drensky, P., 1938. Faunata na paiatsite (Araneae) v Bulgaria [The spider fauna (Araneae) in Bulgaria]. II, Podrazred Arachnomorphae, I klon Tetrastica, semeystva: Filistatidae, Dysderidae i Oonopidae [II. Subcategory Arachnomorphae, I branch Tetrastica, families: Filistatidae, Dysderidae and Oonopidae]. *Publikuvano ot Prirodonauchen institut, Sofia* [Published by Institute of Natural Sciences, Sofia], 11, 81-113.
- Flanczewska, E., 1981. Remarks on Salticidae (Aranei) of Bulgaria. *Annales Zoologici, Warszawa*, 36, 187-228.
- Giltay, L., 1932. Arachnides recueillis par M. d'Orchymont au cours de ses voyages aux Balkans et en Asie Mineure en 1929, 1930 et 1931. *Bulletin du Musée Royal d'Histoire Naturelle de Belgique*, 8, 1-40.

- Giltay, L., 1933. Description des arachnides nouveaux recueillis par M. A. d'Orchymont aux Balkans et en Asie Mineure en 1929-31. *Acta pro Fauna et Flora Universali, Seria I, Zoologia*, 1, 1-8.
- Grimm, U., 1985. Die Gnaphosidae Mitteleuropas (Arachnida, Araneae). *Abhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg (NF)*, 26, 1-318.
- Grimm, U., 1986. Die Clubionidae Mitteleuropas: Corinninae und Liocraninae (Arachnida, Araneae). *Abhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg (NF)*, 27, 1-91.
- Hadjissarantos, H., 1940. *Les araignées de l'Attique*. Athens, 132 pp.
- Heimer, S., W. Nentwig, 1991. *Spinnen Mitteleuropas: Ein Bestimmungsbuch*. Paul Parey, Berlin, 543 pp.
- Helsdingen, P. J. van, 1977. Fam. Linyphiidae. In: La faune terrestre de l'île de Sainte-Hélène IV. *Annales, Musée Royal de l'Afrique Centrale, Sciences zoologiques (Zool.-Ser. 8°)*, 220, 168-183.
- Jurinic, S., P. Drensky, 1917. Prinosa kam faunata na paiatsite v Bulgaria. [*Contribution to Bulgarian araneofauna*] *Nauchno spisanie: Bulgarska academia na naukite., BAN [Science magazine: Bulgarian academy of sciences., BAS]*, 15, 109-136.
- Knoflach, B., 1992. Neue Robertus-Funde in den Alpen: R. mediterraneus Eskov und Robertus sp. (Arachnida, Aranei: Theridiidae). *Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereins in Innsbruck*, 79, 161-171.
- Kratochvil, J., F. Miller, 1938. Sur le problème des araignées cavernicoles du genre Centromerus de la Péninsule balkanique. *Mitteilungen aus den Königlichen Naturwissenschaftlichen Instituten in Sofia*, 11, 107-113.
- Kronstedt, T., 1983. Spindlar på Ölands Stora alvar. *Entomologisk Tidskrift*, 104, 183-212.
- Kulczyński, W., 1898. Symbola ad faunam aranearum Austriae inferioris cognoscendam. *Rozprawy i Sprawozdania z Posiedzen Wydzialu Matematyczno Przyrodniczego Akademii Umiejtnosci, Krakow*, 36, 1-114.
- Lazarov, S., M. Naumova, 2009. Two new species. *Revue Suisse de Zoologie*, 117 (1), 101—110.
- Levy G. 1977. The philodromid spiders of Israel (Araneae: Philodromidae). *Israel Journal of Zoology*, 26, 193-229.
- Locket, G. H., A. F. Millidge, 1951. *British spiders. Vol. I*. Ray Society London, 310 pp.
- Lugetti, G., P. Tongiorgi, 1969. Ricerche sul genere *Alopecosa* Simon (Araneae-Lycosidae). *Atti della Società Toscana di Scienze Naturali B*, 76, 1-100.
- Mayers, P., 2001. Arachnida: <https://animaldiversity.org/accounts/Arachnida/>, access date 03.03.2022
- Miller, F., 1971. Pavouci-Araneida. *Klíč zvířeny ČSSR*, 4, 51-306.
- Pavesi, P., 1876. Gli Aracnidi Turchi. *Atti della Società Italiana di Scienze Naturali*, 19, 1-27.
- Pickard-Cambridge, O., 1882 On some new species of Araneidea, with characters of a new genus. *Annals and Magazine of Natural History*, (5) 9, 258-262.
- Platnick, N., 1989. Advances in spider taxonomy 1981-1987. A supplement to Brignoliis catalogue of the Araneae described between 1940 and 1981. *Manchester, Manchester University Press*, 673 p.
- Platnick, N., 1993. Advances in spider taxonomy 1988-1991. With synonymies and transfers 1940-1980. New York, New York Entomological Society, 846 p.
- Platnick, N. I., 1997. On some *Camillina* from southern Africa (Araneae, Gnaphosidae). *Journal of Arachnology*, 25, 97-98.

- Roberts, M. J., 1987. *The spiders of Great Britain and Ireland*, Volume 2: Linyphiidae and check list. Harley Books Colchester, England, 204 pp.
- Roberts, M. J., 1995. *Collins Field Guide: Spiders of Britain & Northern Europe*. HarperCollins London, 383 pp.
- Simon, E., 1875. Les arachnides de France. Paris 2: 1-350.
- Thaler, K., P. J. van Helsdingen, C. Deltshv, 1994. Vikariante Verbreitung im Artenkomplex von *Lepthyphantes annulatus* in Europa und ihre Deutung (Araneae, Linyphiidae). *Zoologischer Anzeiger*, 232, 111-127.
- Tongiorgi, P., 1969. *Vesubia jugorum* (Simon) un ragno licoside endemico delle Alpi marittime. *Atti della Società Toscana di Scienze Naturali B*, 75, 255-264.
- Tzonev, G., S. Lazarov, 2001. A Contribution to the Study of Spiders (Araneae) in Osogovo Mountain, South-West Bulgaria. *Acta zoologica bulgarica*, 53 (2), 67—78.
- Wunderlich, J., 1976. Zur Spinnenfauna Deutschlands, XVI. Zur Kenntnis der mitteleuropäischen Arten der Gattungen *Enoplognatha* Pavesi und *Robertus* O. Pick. Cambridge. *Senckenbergiana Biologica*, 57, 97-112.
- Wunderlich, J., 1977. Zur Synonymie südeuropäischer Spinnen (Arachnida: Araneida: Theridiidae, Linyphiidae, Gnaphosidae). *Senckenbergiana Biologica*, 57, 289-293.

Суровинни източници и строителни материали, използвани през елинистическата епоха в околностите на Месамбрия Понтика по данни от известни археологически обекти

Живко Узунов¹, Биляна Костова², Бойка Златева³

¹Нов български университет, департамент „Археология“, ул. „Монтевидео“ 21, София

²Нов български университет, департамент „Природни науки“, ул. Монтевидео“ 21, София

³Софийски университет „Св. Климент Охридски“, Център по археометрия с лаборатория по реставрация и консервация, ул. „Галичица“ № 35, София

zhuzunov@nbu.bg

Raw material sources and building materials from the Hellenistic period in the vicinity of Mesambria Pontica according archaeological sites

Zhivko Uzunov¹, Bilyana Kostova², Boika Zlateva³

¹New Bulgarian University, Department of Archaeology, 21 Montevideo Str., Sofia, Bulgaria

²New Bulgarian University, Department of Natural Sciences, 21 Montevideo Str., Sofia, Bulgaria

³Sofia University “St. Kliment Ohridski”, Center for Archaeometry with a laboratory for restoration and conservation, 35 Galichitsa str., Sofia, Bulgaria

zhuzunov@nbu.bg

Резюме: Основната цел на настоящата работа е да представи използваните строителни материали в градежа на сгради от елинистическата епоха от регистрирани и проучвани археологически обекти, намиращи се в околностите на Месамбрия Понтика (гр. Несебър). Издирването на суровинните източници, които са били използвани за добив на материалите за строителството на постройки, е сред приоритетните задачи при реконструкцията на селищните модели в района. Представени са и резултати от анализи на проби на глини и строителна керамика, които показват наличие на работилници и развито местно производство през елинистическата епоха.

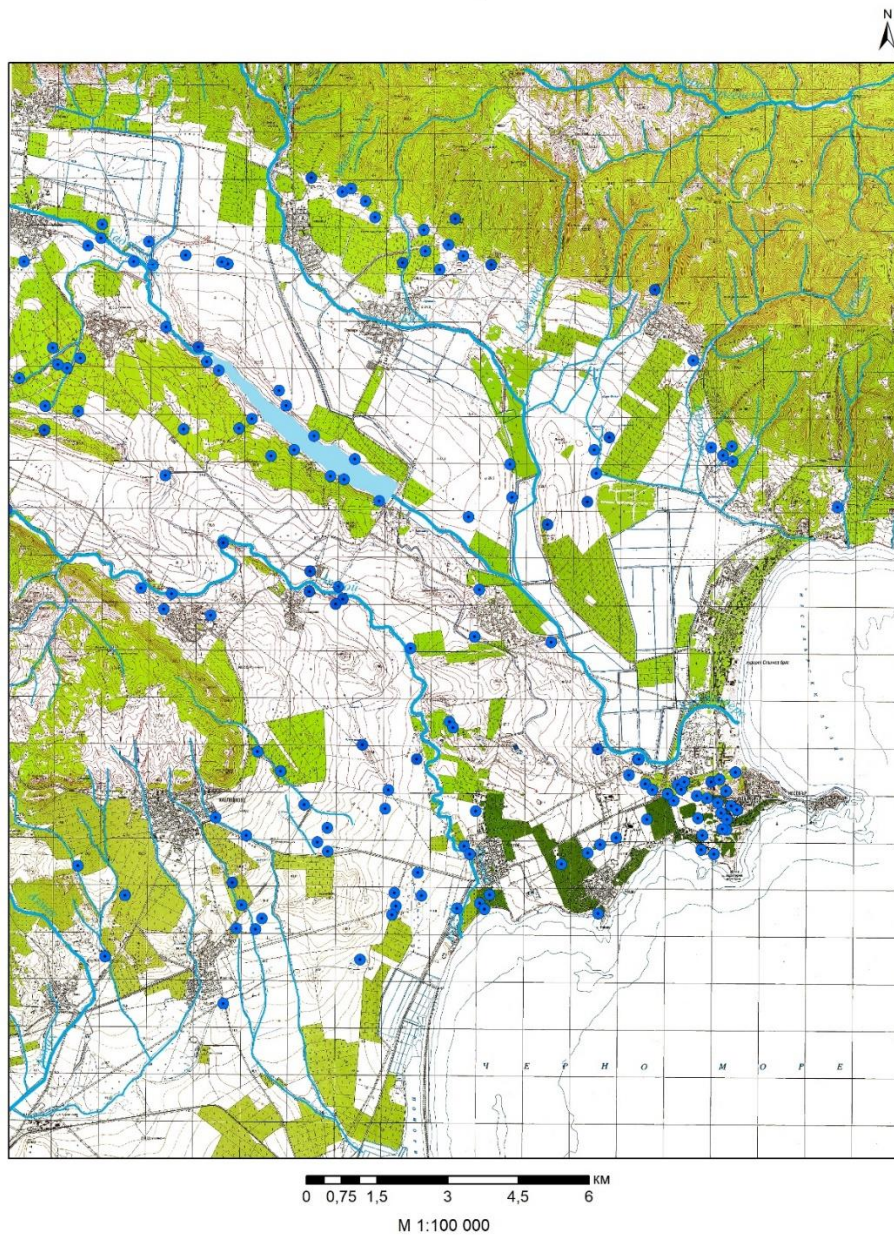
Ключови думи: геоархеология, археологически обекти, елинистическа епоха, суровинни източници, строителни материали.

Abstract: The main objective of this paper is to present the building materials used in the construction of dwellings and houses from the Hellenistic period from archaeological sites located in the close vicinity of Messambria Pontica [present day city of Nessebar]. Other main goal is to present the raw material sources that were used in the construction of buildings. Thus among the priority tasks in the reconstruction of the settlement patterns in the research area. Results of analyzes of clay samples and roof tiles are also presented, which indicate the existing of workshops and developed local production during the Hellenistic period.

Key words: geoarchaeology, archaeological sites, Hellenistic period, raw material resources, building materials

Въведение

Основната цел на настоящата работа е да представи суровинните източници и използваните строителни материали в градежа на сгради от елинистическата епоха от регистрирани и проучвани археологически обекти, намиращи се в околностите на Месамбрия Понтика, попадащи на територията на градовете Несебър и Поморие. Информацията за тях е придобита чрез извършване на теренни издирвания и археологически разкопки, проведени във времето от 2013 до 2022 г. В резултат на проучванията са установени 56 обекта със селищен характер от елинистическата епоха, попадащи в античната територия на гръцкия полис Месамбрия Понтика [Uzunov 2023] (Фиг. 1).



Фиг. 1. Топографска карта с регистрираните археологически обекти в околностите на Месамбрия Понтика

Локализирането на суровинните източници на глина, използвана при изработката на керемиди за покривните конструкции на постройки от елинистическата епоха от района, е сред приоритетните цели на изследването. По време на теренни издирвания са взети проби от глини от потенциални източници, за които се предполага, че са експлоатирани през този период, за сравнение с образци на керемиди от обекти. Задачите включват сравнение на химичния състав на глините и керемидите и определяне на технологията на производството им. Пробите са изследвани чрез микроскопски наблюдения за първоначално определяне на теригенната фракция (за глините), рентгенофлуоресцентен анализ (XRF) – за определяне на химичния състав и прахов рентгенофазов анализ (PXRD) – за определяне на фазов състав на глини и керамика.

1. Обекти, материали и методи

1.1. Обекти

Предмет на настоящото изследване са всички регистрирани и проучвани археологически обекти, имащи селищен характер, от елинистическата епоха в околностите на Месамбрия Понтика, за които има данни за използвани строителни материали при изграждането на постройки. Повече информация предоставят обектите, върху които са извършвани археологически разкопки, но също и част от регистрираните обекти, намиращи се по средното и долно течение на р. Ахелой, върху които са открити останки от сгради с каменна архитектура. Както вече бе споменато, общият брой на известните до този момент обекти е 56, като „същински“ селища са определени 9 на брой. Почти всички те възникват в ранната елинистическа епоха и само малка част – в късната архаична и в класическата епоха. Само на три селища липсват материали от късната фаза на елинистическата епоха, като на част от останалите дори може да се предполага времеви континуитет с римската императорска епоха. Едно от тези селища възниква през късната елинистическа епоха. Останалите 45 обекта от елинистическата епоха имат малки размери и са определени като ферми, единични постройки и стопански имения, последните със сгради с каменна архитектура.

1.2 Материали

Глина: пробите на глина са от землищата на селата Оризаре и Порой. Глини има в повечето формации от неогена и от кватернера в изследвания район [Kovachev et al., 2011]. Делувиално-пролувиални глини се образуват от временни потоци, стичащи се от север, откъм Еминска Стара планина, и пренасящи разнообразни материали от механично и химично изветряне към подножието, където се натрупват в наносни конуси. Разполагат се по периферните части на конусите, където образуват клинообразни и лещообразни тела. Глините са лошо сортирани, полимиктови, алевритни, песъчливи [Uzunov et al., 2021]. За разлика от тях алувиалните глини са привързани към речните долини на реките Хаджийска, Ахелой и техните притоци. Те съдържат значително количество песъчлив и алевритов компонент и са предимно нискокачествени. По-значително находище е това на изток от с. Оризаре, което е било използвано за добив на суровина за тухларна фабрика в селото.

Керемиди: плоски керемиди, коринтски тип, от сериите *Moschos* и *Heraclea*.

1.3. Методи

За постигане на целите на настоящето изследване са използвани методи на конвенционалната археология, а именно теренни издирвания и археологически разкопки. Методите на теренните издирвания са:

- **Интензивни теренни издирвания.** В зоните, където видимостта на повърхността е висока (изорани и бранувани земеделски площи), се прилага методът на екстензивните обходи, при които членовете на полевата група отстоят на разстояние между 5 и 10 m.
- **Екстензивни теренни издирвания.** В зоните, където видимостта на повърхността е по-слаба (обраслите терени и зоните с пустеещи ниви и пасища), се прилага методът на екстензивните обходи, при които членовете на полевата група отстоят на разстояние между 10 и 30 m.
- **Селективни теренни издирвания.** Те се прилагат в труднодостъпните и залесени зони, като спрямо предварително уточнени белези се обхождат зоните с висока вероятност за наличие на археологически обекти.

Археологически разкопки са проведени на два обекта, като са проучвани стратиграфски върху цялата им площ. Това са обектите в м. Голямата канара, при с. Александрово и м. Харманлъка, при с. Оризаре.

Макроскопски наблюдения за селектиране на местата на пробовземане¹ (Фиг. 2).

Микроскопски наблюдения – Микроскоп Levenhuk 3ST, 20-40x оптично увеличение за първоначално определяне на минералния състав на глините – теригенна фракция.

Подготовка на проби за анализ – последователно стриване в керамичен и ахатов хапан до получаване на оптимален размер на стритата фракция (5 – 10 μm), подходящ за извършване на предвидените анализи.

Рентгенофлуоресцентен анализ (XRF) – Micro-XRF Spectrometer M1 MISTRAL, Bruker (Rh-тръба, Пелтие охлаждане, 30 mm² високоефективен силициев дрейф детектор (SDD), <150 eV енергийна разделителна способност при Mn Ka, колиматор 0,1 mm до 1,5 mm), който се калибрира с външни стандарти. Пробите са таблетирани с H₃BO₃ (1 g проба + 0,5 g H₃BO₃). Времето за измерване – 3 min.

Прахов рентгенофазов анализ (PXRD) – пробите са заснети при стайна температура с прахов рентгенов дифрактометър Empyrean, Pananalytical, с използване на HND-филтрувано Cu рентгеново лъчение, при условия 40kV и 30 mA, в интервала 3 – 100° 2 θ и стъпка 0,013 2 θ за време 30 s/на стъпка (общо време 30 min).

2. Резултати и дискусия

2.1. Суровинни източници и строителни материали, използвани при градежи на постройки от елинистическата епоха в околностите на Месамбрия Понтика

Традиционните техники на градеж, характерни за по-ранните периоди на късната архаична и класическата епоха, са използвани и през елинистическата епоха за изграждане на постройки с жилищни и/или стопански функции. На голяма част от регистрираните и проучвани обекти са открити отухлени късове глина, като част от тях са със следи от плет. Те са основното доказателство за използването на плетено-колова конструкция за

¹ Пробите са взети при с. Оризаре, приток на р. Бяла – най-ниско ниво в коритото на реката, на 100 m срещу течението на реката спрямо място на взимане на проба № 1; с. Оризаре, изоставена кариера за глина, среден хоризонт на разреза; с. Оризаре, изоставена кариера за глина, среден хоризонт на разреза, на 7-8 m източно от вземането на проба № 3.

издигането на стени на постройки. При документирането на останките могат да се разграничат традиционна употреба при издигането на цели стени от глина и дърво на плетено-колова конструкция и стени, стъпващи на каменен цокъл от ломени и частично обработени камъни. На част от обектите са открити и късове отухлена глина без следи от плет, а някои дори с профилирана форма. Те са част от топлинни съоръжения и/или друг вид структури от постройките, регистрирани там. Части от стенни мазилки са документирани на обекти, на които е установена монументална архитектура. Вероятно част от вътрешните преградни стени са били изградени именно по този начин. В извънградския селищен комплекс в м. Месарите 4 край гр. Созопол също е използвана подобна техника на градеж. При сграда 3 външните стени са издигнати от кирпичени блокове, а вътрешната преградна стена между помещение 1 и 2 е именно на плетено-колова конструкция [Panayotova et al., 2015].

Отухляването на стенните мазилки се свързва обикновено с настъпил пожар, който частично или напълно е разрушил постройките. Получаването на ярко червен цвят показва висока и за дълго време устойчива температура, която е довела до изпичането на глината. Проби от стенни мазилки са взети от обект в Харманлъка, при с. Оризаре, общ. Несебър, като те са подложени на анализ. Минералите, които присъстват в състава на отухлените мазилки, са калцит, мусковит, албит, микроклин, кварц. Монтморилонитът и клинохлорът, които са сурови глинени пелитни минерали и присъстват в състава на глината [изходна суровина], не са открити в изследваните проби на мазилките. Това се случва поради разрушаването при преминаване на границата на тяхната стабилност с повишаване на температурата. Глинестите минерали са устойчиви до температури под 550°C. Температурата на разлагане от 600°C за тези два минерала определя минимална температура на изпичане на стенните мазилки ок. 600°C [Uzunov et al., 2021b].

Развиването на температури над 600°C при пожар на постройка, издигната на плетено-колова конструкция, изисква добър приток на кислород, а при компрометирани, незащитени с глина участъци от стените, горенето ще бъде подпомогнато още повече [Gheorghiu, 2009]. За лесна запалимост пише още Витрувий, който казва, че в този вид постройки стените от плет „при пожар горят като факли“². На този етап на проучване на повечето обекти с постройки на плетено-колова конструкция от елинистическата епоха е невъзможно конкретизиране на причините за възникналите пожари. Отговор донякъде има на тези обекти, на които са извършвани разкопки, а именно обекта в м. Голямата канара, с. Александрово [Uzunov et al., 2017; Uzunov, Vozkova, 2021] и този в м. Харманлъка, с. Оризаре [Uzunov, 2015; Vozkova et al., 2018; Uzunov, Vozkova, 2021]. Първият документиран пожар при постройките в подножието на хълма с датировка в средата на I в. пр. Хр. теоретично може да се обвърже с похода на гетския владетел Бурбиста. Същите биха могли да са причините за опожаряванията и на обекта в м. Харманлъка [Vozkova et al., 2018; Uzunov, Vozkova, 2021]. Разбира се, не трябва да се изключват и причини от битов характер.

Глина се е употребявала и като свързващо вещество при изграждането на стени с ломени и частично обработени камъни. Това е засвидетелствано при разкопките на обектите в Александрово и Оризаре, както и в иманярски изкопи на обект, намиращ се в м. Праматаря, гр. Каблешково, при регистрацията му, а вероятно и на много от останалите обекти с документирани каменни разсипи, за които се предполага, че са част от разрушени стени на постройки. Глина е била използвана като замазка на пода на постройките.

² Витрувий, За архитектурата, книга II, глава VIII.20.

Технологията е позната навсякъде в античния свят. Например в Олбия голяма част от проучените мазета са с под от глина, която е използвана за нивелиране [Kružickij, Lejrunskaja, 2010]. Вероятно от трамбована глина е и подът на склада от сградата от ранноелинистическата епоха от обекта на ул. „Крайбрежна“ в гр. Несебър, проучена през 2007 г. [Bozkova et al., 2023, in print].

Техника на градеж с кирпичени блокове е засвидетелствана на обектите при с. Александрово (Голямата канара) и Каблешково (Праматаря). Тя е широко известна в Гърция, като се употребява при строителството на сгради и на фортификационни съоръжения както в крайбрежните зони, така и във вътрешните райони на Тракия. Месамбрия не прави изключение, като кирпич е открит при разкопки на обекта от ул. „Крайбрежна“ в гр. Несебър [Bozkova et al., 2023, in print]. По отношение на размери и стандарт за района няма достатъчно пълна информация. При разкопките на обекта от северния бряг на гр. Несебър не е открит нито един запазен поне с трите си страни блок. Силната им фрагментираност позволява да бъде установена единствено дебелината им. Тя е в рамките на 0,09-0,10 m. Максимално запазена дължина и ширина на отделните образци, открити при разкопките е 0,27-0,28 m, което показва, че те са имали по-големи размери от измерените стойности [Bozkova et al., 2023, in print]. С кирпичените блокове са изградени стените след каменен цокъл. В случая това са частично обработени камъни [Bozkova et al., 2023, in print]. Сходен е начинът на градеж при т.нар. „къща на Артемидор“, където конструкцията се състои от каменни зидове за подземните стени и от кирпич за високите надземни части, разделени помежду си с под от дървен гредоред [Ogdenova, 1960; Gyuzelev, 2008]. С кирпичени блокове е издигнат вторият етаж на кулата на обект „Farmhouse 151“ от хората на Херсонес Таврически [Carter et al., 2000]. Кирпич е употребяван и при структурата в комплекса в „Св. Марина“, гр. Созопол [Gyuzelev et al., 2012], и също там, но в м. Месарите 4 [Panayotova et al., 2015].

Информацията, натрупана от археологическите проучвания през годините, показва че размерите и формата на кирпичените блокове както в гръцка, така и в тракийска среда варира в широки граници в зависимост от използваните мерни единици. Витрувий пише, че гърците строят с два вида кирпичи, единият е *pentadoron*, а другият – *tetradoron*, което означава като стандарт за първия – квадрат със страни, равни на пет длани, а на втория – на четири. Сведението допълва още, че първият размер се използва в строителството на обществени сгради, а вторият – при частните домове³. В Коринт и в Елевзина са открити запазени блокове от 0,45 x 0,45 x 0,09 m, а в Олинт – от 0,49 x 0,49 x 0,09 m [Fields, 2006]. Във вътрешните райони на Тракия се срещат кирпичи с размери 0,50 x 0,40 x 0,09 m (в Севтополис), 0,30 x 0,30 x 0,08 m (м. Избата, Дуванлий) [Domaradski, 2000; Stoyanova, Popov, 2008].

На обекта в м. Праматаря, гр. Каблешково, са документирани изпечени кирпичени блокове [Bozkova et al., 2018; Uzunov, Bozkova, 2021]. Глината, от която са направени блоковете, е с примеси от дребни камъни и много органични материали. Блоковете са допълнително изпичани, като цветът им е светлочервен и е сравнително равномерен при голямата част от тях. Имат запазена дебелина от 0,08-0,09 m. През този период се разграничават три категории кирпич: печен на слънце, печен кирпич и тухла [Stoyanova, Popov, 2008]. Подобен печен кирпич е използван при строителство на сграда от обекта на ул. „Крайбрежна“ в гр. Несебър [Bozkova et al., 2008; Bozkova et al., 2023, in print]. Анализът на глината показва, че източникът се намира в околностите на Месамбрия,

³ Витрувий. За архитектурата, книга II, глава III.3.

откъдето е добивана глина и за керемидите от серията *Moschos* [Kovachev et al., 2011; Vozkova et al., 2023, in print]. Възможно е за кирпича от обекта в м. Праматаря да е използвана същата суровина. За разлика от блоковете от обекта при ул. „Крайбрежна“ обаче, тук са използвани повече примеси в глината, като тя има по-малка плътност. Обемното тегло е с 10% повече при образците от обекта при ул. „Крайбрежна“, съпоставено с това от обекта в местността м. Праматаря [Vozkova et al., 2023, in print]. Вероятно кирпичени блокове са използвани и при изграждане на стените на сградата от обекта на нос Емине при с. Емона, но поради по-късното обитаване от времето на Късната античност и Средновековието останки от тях там се откриват единствено в негативните структури от периода. Според проучвателите запълнителят в ямите е отухлен кирпич [Hristov, 2020], което показва, че тук са употребявани блокове, направени по традиционната техника на изпичане на слънце, без допълнително изпичане.

Камъните също са основен съставен строителен материал в изграждането до ниво субструкция или до известна височина от суперструкцията, след което стените продължават да се издигат с кирпичени блокове. С такива се градят понякога вторите етажи на сградите, докато първият е изцяло от камък. Така е построена сградата от обект „*Farmhouse 151*“ от територията на Херсонес [Carter et al., 2000]. Строителството с кирпичени блокове е широко коментирано в научната литература, като е добре известно, че е прилагано от архитектите не само в колониите, но и във вътрешността на Тракия. На всички регистрирани и проучвани до този момент обекти от елинистическата епоха, на които има документирана употреба на камък, са използвали основно два вида суровина: местни вулканити от Медовската и Драгановската свита, които основно са трахиандезитобазалти и трахибазалти; варовици от Одърската (органогенен) или Еминската (пелитоморфен) свита. Много по-малко са седиментните скали от Тънковската свита.

Трахиандезитобазалти и трахибазалти от Медовската и от Драгановската свита са предпочитан градивен материал за сградите от обектите, разположени по средното и долно течение на реките Ахелой и Хаджийска. Използвани са частично обработени блокове с размери от 0,20-0,50 m, но в някои случаи има и по-големи. Обикновено разломени и без вторична обработка са камъните с малки размери, които са използвани за пълнеж в различни части на конструкцията, предполагаемо в емплектон, за изравняване на редовете при градеж, подложка за подове и др. Липсата на документирани до този момент квадри се дължи на твърдостта на вулканитите и на трудоемкостта при обработката им. За спояване на камъните традиционно се е използвала глина, като това е документирано на обектите при с. Александрово (м. Голямата канара) и гр. Каблешково (м. Праматаря), а напълно вероятно е други стени да са на сух градеж. Възможните места за добиване на суровина са много, като често проявления на трахиандезитобазалти и трахибазалти има при самите обекти, или се намират на разстояние от 1 до 2 km.

Нуждата от добре обработени блокове с правилна правоъгълна или друга специфична форма е запълвана от варовика. Най-меките и податливи на обработка са органогенните варовици от Одърската свита, с каквито са изпълнени голяма част от строежите в антична Месамбрия. Проявления, които могат да бъдат използвани за кариери, се откриват на цялата територия от Несебър до Равда и Ахелой на юг и на 2-2,5 km на запад и северозапад, навътре от брега на морето. Сравнително лесното оформяне на камъните ги прави предпочитани за употреба на много места. На голяма част от обектите, намиращи се в околностите на Месамбрия, има регистрирано използване на този вид

варовик. Част от камъните са много добре обработени блокове с правоъгълна форма. Например при обекта в м. Праматаря, гр. Каблешково, са използвани оформени големи блокове с много внимателно обработена горна част, добре изгладена за плътно прилепване на следващите редове камъни. Повърхността на страничните стени е рустицирана, без анатирозис. При други обекти, намиращи се в урбанизираните части на гр. Несебър, повърхността не е толкова добре изгладена, но достатъчно за плътното прилепване на блоковете и за градеж без необходимост от глина като свързващо вещество. При други обекти повечето от камъните са само частично обработвани, което налага използването на глина за спойка.

В обектите, ситуирани в полупланинските части на Стара планина, са открити каменни блокове от варовик, но от Еминската флишка свита. Тя е съставена от редуване на мергели, алевролити, пясъчници и варовици. Именно от проявления в близост до обектите са добивани и камъните за градеж на постройките. Наблюденията до този момент показват немного грижливо оформяне на блоковете и вероятно използване на глина като свързващо вещество. Освен в Стара планина Еминската свита се проявява и на югоизток от р. Хаджийска [Kanchev, Gercheva, 1992; Kanchev, 1995], при възвишението Къшлабаир, откъдето вероятно е извлечан варовикът за сграда от обекта в м. Курбана, с. Тънково, разположен на р. Хаджийска. В градежа са използвани много големи камъни, надхвърлящи 0,80 m, и оформени в правоъгълни блокове. Използването на вулканити от проявления на по-близката Медовска свита с подобни след оформяне размери би затруднило много повече строителите, което от своя страна обяснява използването на по-отдалечената кариера за варовик при възвишението Къшлабаир.

До този момент на нито един обект извън антична Месамбрия не са открити серия от еднакви по височина блокове. Засега използването на изодомна и псевдоизодомна техника на градеж остава със сигурност известно само от крепостните стени и сгради на колонията [Ogneva, 1960; Gyuzelev, 2008]. Разбира се, откритите блокове с правоъгълна форма и с добре обработена повърхност на част от регистрираните обекти могат да бъдат насочващи в тази посока, но не трябва да се забравя, че на допълнителна обработка могат да бъдат подложени само камъни със строго специфична позиция – като ъгливи, отвесиращи и други, които заемат ключови места в една постройка, докато празнините между останалите не много добре оформени камъни са запълвани с глина.

Керемиди са открити на над половината от регистрираните обекти от елинистическата епоха в околностите на Месамбрия. Те са представени с две основни серии: *Moschos* и *Heraclaea*. Първата е използвана на много по-малко обекти, докато втората се среща почти на всичките. Производство на строителна керамика в района със сигурност има от времето след средата и третата четвърт на IV в. пр. Хр.⁴. Именно с цел локализиране на находища на глини през 2007 г. са взети проби от обекта на ул. „Крайбрежна“, гр. Несебър, и от обект 3 (м. Голямата канара, с. Александрово) [Kovachev et al. 2011]. Анализът им показва, че източникът, от който е черпена суровина, се намира в околностите на Месамбрия – около с. Оризаре, и вероятно с. Равда. От тези места се е добивала глина и за керемидите от серията *Moschos*, а не е изключено и за тези от серията

⁴ При разкопки и като случайни находки в границите на Стария град в Несебър са открити солени и калиптери и други елементи на покрива като сими и антефикси. За част от тях е установено, че са правени в околностите на апойкията. За разлика от обектите извън града, където са открити керемиди само с печат на *Moschos* (МОСНО), в Месамбрия се срещат керемиди с печати с букви А, НР, АН-ΘΕ-ΣΤ, ΑΝΘΕΣ, ΕΥΦΑΜΙΔΑ, както и сими с букви ΡΟ и Μ [Kovachev et al. 2011, 207; Gyuzelev 2008, 209].

Heraclea [Kovachev et al. 2011]. За дейността на магистрата/фабриканта *Moschos* актуалното схващане е, че тя се разполага след 30-20 г. на IV в. пр. Хр. [Stoyanova, 2022], а серията *Heraclea* – вероятно и по-късно. От землището на с. Оризаре, в близост до най-добрите места, наситени с подходяща глина при реките Бяла и Казалъшка, са известни три обекта, като напълно вероятно е част от тях да са имали функции, свързани с добива на глина и с производството на керемиди. Тази територия е особено подходяща, глините тук са образувани от изветрянето на скалите от Еминската флишка свита, а от южните склонове на Стара планина и се натрупват относително дебели наслагани.

2.2. Аналитично изследване на глинни и керамика

Изследванията на глините от района показват съдържание на главните елементи Si и Al, които се изменят в следните граници: SiO₂ – от 19,70 до 48,26%, Al₂O₃ – от 13,52% до 25,68%, което съответства на съдържанията на тези елементи в проби от предходни изследвания [Kovachev et al., 2011]. Различното съдържание на Si в глините показва изменение в съотношението на глинестия и теригения компонент в пробите, като повишаването на количеството на SiO₂ може да се приеме за увеличаване на количеството кварц. От второстепенните елементи в най-големи количества за изследваните глинни са Ca, K, Mg, Fe и Ti. Към тях се добавя и Na, който не е отчетен поради ограничения на метода. Второстепенните елементи Ti, Fe и K са в еднакви количества, докато Mg и Ca са с различни съдържания. Увеличаването на количеството на Ca, респективно на Mg, е свързано с увеличаване на автогенния карбонатен компонент в глините (увеличаване на количеството калцит). В подчинено количество от второстепенни елементи са S, P, V, Mn, Cu, Zn, Rb, Sr, Y, Zr. Тяхното количество е еднакво във всички проби, което потвърждава геоложките наблюдения за една и съща подхранваща провинция за тяхното образуване.



Фиг. 2. Неогенски континентални глинни, землище на с. Оризаре.

Изследванията с PXRD на пробите глина доказват, че те са изградени от едни и същи минерални фази, които според химичните анализи са в различни съотношения. Получените резултати съвпадат частично с тези, публикувани в литературата за глинни от района на Оризаре. Установените монтморилонит, калцит, фелдшпати [плагиоклаз и К-фелдшпат] съвпадат с данните от литературата [Kovachev et al., 2011]. В изследваните

проби се установява мусковит и клинохлор, които не са установени в предишните изследвания.

Чрез XRF анализи са сравнени съдържанията на второстепенните елементи в керемидите и глините. Получените резултати показват еднакви съдържания на Ti, V, Mn, Fe, Cu, Zn, Rb и Sr във всички изследвани проби.

Фазовият анализ на двете серии керемиди показва разлагане на някои минерали под влияние на повишена температура и не доказва образуване на нови минерали. Във всички проби отсъстват минералите монтморилонит, клинохлор и калцит. Температурата на изпичане е 600/650-840°C, като посоченият температурен диапазон е за горна и за долна температурна граница. Горната температурна граница на устойчивост на най-високо температурните неразложени минерали (мусковит и фелдшпати) е до 950°C. Началото на образуване на нови минерали се бележи от появата на тридимит при ~ 840°C, а тридимит не е установен в изследваната керамика. Това определя максимална температура на изпичане до 840°C. Долната граница се бележи от максималната температура на устойчивост на монтморилонит и клинохлор, която е 550°C, а при температурата от 600/650°C те се разлагат. Това показва, че температурата на изпичане на керемидите е в диапазона от 600/650 до 840°C.

Заклучение

Теренните издирвания и археологическите разкопки в района на Месамбрия показват, че през елинистическата епоха се използват камъка и глината като основни суровини за строеж на постройки. Глината се използва като свързващо вещество при каменните градежи и под формата на кирпичени блокове, както и при направата на керемиди за покривни конструкции. При каменните конструкции са използвани местна суровина от Медовската, Драгановската и Одърската свита.

Резултатите от XRF и PXRD потвърждават по-ранните изследвания на глини от района, които показват наличието на поне два източника на глини от околностите на Месамбрия [Kovachev et al., 2011]. Единият е районът на с. Орizare, вероятно в ниските части при р. Бяла [Uzunov et al., 2021]. Както вече бе споменато, в тази територия са регистрирани няколко археологически обекта, като напълно вероятно е населението им да е участвало в добива на глина и в производството на строителна и битова керамика. Вторият източник вероятно е в района на с. Равда [Kovachev et al., 2011], като там също са регистрирани няколко обекта, които също биха могли да бъдат свързани с добивната и производствена дейност на керамична продукция.

Благодарности

Авторите изказват своята благодарност за финансовата подкрепа на Фонд „Научни изследвания, МОН, проект: Археология на ландшафта: модели за реконструкция на древна жизнена среда, договор: КП-06-Н40/6 от 2019 г.

Авторски приноси: Б. К. и Б. З. са извършили лабораторните изследвания. Ръкописът е написан от Ж. У. и Б. К, като всички съавтори са го прочели, коментирали и утвърдили.

Конфликт на интереси: авторите декларират, че няма конфликт на интереси.

ЛИТЕРАТУРА

- Bozhkova, A., P. Kiyashkina, Zh. Uzunov, V. Milcheva, 2018. Kasnata elinisticheska epoha v Mesambria Pontika i neynata okolnost. – In: I. Valchev [ed.]. *Stephanos Archaeologicos ad 80 annum professoris Ludmili Getov* [= *Studia Archaeologica Universitatis Serdicensis, Supplementum VI*]. Sofia, 2018, 225-236.
- Bozhkova, A., P. Kiyashkina, Zh. Uzunov, E. Tonkova, V. Milcheva, 2023. Izba na sgrada ot rannata elinisticheska epoha v antichna Mesambria. – In: D. Stoyanova [ed.]. *Sbornik v chest na 65-godishninata na prof. d-r Totko Stoyanov* [= *Studia Archaeologica Universitatis Serdicensis, Supplementum VII*]. Sofia, 2023, [in print].
- Carter, J. C., M. Crawford, P. Lehman, G. Nikolaenko, J. Trelogan, 2000. The Chora of Chersonesos in Crimea, Ukraine. – *American Journal of Archaeology*, 104 [4], 2000, 707-741.
- Dimitrov, D. P., M. Čičikova, 1978. The Thracian City of Seuthopolis. – *British Archaeological Reports, International Series*, 38. Oxford, 1978.
- Domaradski, M., 2000. Upotrebita na tuhlata v predrimska Trakia. – *Izvestia na Natsionalnia istoricheski muzey [Notes of National Historical Museum]*, XI, 87-90.
- Fields N., 2006. *Ancient Greek Fortifications 500–300 BC*. New York, 2006.
- Gheorghiu, D., 2009. Built to be burnt: The building and combustion of Chalcolithic dwellings in the Lower Danube and Eastern Carpathian areas. – In: L. Nikolova, M. Merlini, Alexandra Comsa [eds.]. *Circumpontica in Prehistory: Western Eurasian Studies. In memory of Eugen Comşa* [= *British Archaeological Reports, International Series*, 10144]. Oxford, 2009, 55-68.
- Gyuzelev, M., 2008. The Left Pontic Coast between Emine Cape and Byzantion during the First Millennium BC. Burgas.
- Gyuzelev, M., K. Gospodinov, D. Nedev, A. Baralis, 2012. Arheologicheski prouchvania na objekt izvangradska selishtna struktura ot teritoriyata na Apolonia Pontika v m. „Sv. Marina“, obshtina Sozopol, oblast Burgas. – *Arheologicheski otkritia i razkopki prez 2011 [Archaeological discoveries and excavations in 2011]*. Sofia, 2012, 248-250.
- Hristov, I., 2020. Taynite na nos Emine. Arheologicheski prouchvania v zemlishteto na selo Emona, obshtina Nesebar. Veliko Tarnovo.
- Kanchev, I., 1995. Obyasnitelbna zapiska kum geolojka karta na Bulgaria M 1:100000, Karten list Dolni Chiflik. [Explanatory note to Geological maps of Bulgaria, M 1:100000, Map sheet Dolni Chiflik], [Geology and Geophysics], Sofia.
- Kanchev, I., Y. Gercheva, 1992. Geolojki karti na Bulgaria, M 1:100000, Karten list Dolni Chiflik. [Geological maps of Bulgaria, M 1:100000, Map sheet Dolni Chiflik]. Sofia.
- Kovachev, V., T. Stoyanov, Ts. Stanimirova, D. Stoyanova, I. Lozanov, V. Mladenov, 2011: Archaeometric Study of Hellenistic Roof Tiles and Amphorae from Apollonia and Mesambria: An Attempt at Identifying Local Production. – In: C. Tzochev, T. Stoyanov, A. Bozkova [eds.]. *PATABS II. Production and Trade of Amphorae in the Black Sea. Acts of the International Round Table held in Kiten, Nessebar and Sredetz, September 26-30, 2007*. Sofia, 2011, 203–244.
- Kryžickij, S. D., N. A. Lejpunskaja, 2010. Building remains and accompanying finds, 6th – 1st century BC. – In: N. A. Lejpunskaja, P. G. Bilde, J. M. Højte, V. V. Krapivina, S. D. Kryžickij [eds.]. *The Lower City of Olbia [Sector NGS] in the 6th Century BC to the 4th Century AD* [2 vols.] [= *Black Sea Studies*, 13]. Aarhus, 2010, 27-102.

- Ognenova, L., 1960. Les fouilles de Mésambria. – Bulletin de Correspondance Hellénique, 84 [1], 1960, 221-232.
- Panayotova, K., T. Bogdanova, A. Baralis, 2015. Balgaro-frenski arheologicheski prouchvania na selishtna struktura i nekropol ot teritoriyata na Apolonia Pontika v m. Mesarite, gr. Sozopol. – Arheologicheski otkritia i razkopki prez 2014 [*Archaeological discoveries and excavations in 2014*], Sofia, 2015, 352-354.
- Stoyanova, D., 2022. Stroitelna keramika i arhitekturna terakota ot Apolonia Pontika [VI v. pr. Hr. – III v. pr. Hr.] [*Building ceramic and Architectural Terracotta from Apolonia Pontica, 6th-3rd BC*]. Sofia.
- Stoyanova, D., H. Popov, 2008. Novi svedenia za upotrebata na kirpich v predrimaska Trakia. – In: D. Gergova, A. Bozhkova, H. Popov, M. Kuzmanov [eds.]. Phosphorion. Studia in honorem Mariae Čičikova. Sofia, 340-347.
- Uzunov, Zh., 2015. Arheologicheski razkopki na elinisticheski obekt v m. Harmanluka, s. Orizare, obshtina Nesebar [*Archaeological excavations of site from Hellenistic period in Harmanluka, Orizare village, Nesebar municipality, Arheologicheski otkritia i razkopki prez 2014 [Archaeological discoveries and excavations in 2014]*], Sofia, 2015, 228-231.
- Uzunov, Zh., Arheologia na Landshafta. Selishtni modeli v okolnostite na Mesambria, Sofia, 2023 [in print].
- Uzunov, Zh., A. Bozhkova, 2021. Chorata na Mesabria Pontika. Ekologichni i ikonomicheski modeli prez elinisticheskata epoha – *Izvestia na muzeite v Yugoiztochna Balgaria [Notes of museums of Southeastern Bulgaria]*, XXVII, 2021, 95-118.
- Uzunov, Zh., Y. Tsvetanov, I. Arolska, 2017. Arheologicheski razkopki na elinisticheski obekt v m. Golyamata kanara, s. Aleksandrovo, obshtina Pomorie, oblast Burgas – *Arheologicheski otkritia i razkopki prez 2016 [Archaeological discoveries and excavations in 2016]*, Sofia 2017, 281-286.
- Uzunov, Zh., B. Dumanov, I. Dimitrova, B. Kostova, T. Marvakov, 2021a. Terenni izdirvania na arheologicheski objekti v obshtini Nesebar i Pomorie [Field survey of archaeological sites in Nesebar and Pomorie] *Arheologicheski otkritia i razkopki prez 2020 [Archaeological discoveries and excavations in 2020]*, Sofia, 2022 [in print].
- Uzunov, Zh., B. Dumanov, B. Kostova, V. Stoyanov, R. Berberova, B. Zlateva, 2021b, Determination of Hellenistic Pottery and Wall Plaster Mineral Composition. – In: G. Mardirossian, P. Getsov [eds.]. *Proceedings of Seventeenth International Scientific Conference „Space, Ecology, Safety - SES 2021”, 20-22 October 2021*, 308-312.
- Zirra, N., Conovici, G. Trohani, P. Gherghe, P. Alexandrescu, G. Gâță, 1993. La station gétique fortifiée de “Cetatea Jidovilor” [Coțofeni din Dos, dép. De Dolj]. – *Dacia - Revue d'archéologie et d'histoire ancienne. Nouvelle serie*, XXXVII, 73-157.

Application of clay as a sustainable building material. Characteristics of ancient clay plasters – pilot results

Katerina Mihaylova^{1,3}, Ventsislava Ivanova², Bilyana Kostova¹

¹New Bulgarian University, Department of Natural sciences, 21 “Montevideo” Str., Sofia, Bulgaria

²New Bulgarian University, Department of Archaeology, 21 “Montevideo” Str., Sofia, Bulgaria

³Institute of Mineralogy and Crystallography “Acad. Ivan Kostov” – Bulgarian Academy of Sciences, 107 “Acad. Georgi Bonchev” str., Sofia, Bulgaria

kate.wess17@gmail.com

Приложение на глината като устойчив строителен материал. Характеристика на древни глинени мазилки – пилотни резултати

Катерина Михайлова^{1,3}, Венцислава Иванова², Биляна Костова¹

¹Нов български университет, департамент “Природни науки”, “бул. Монтевидео” № 21, София България

²Нов български университет, департамент “Археология”, “бул. Монтевидео” № 21, София България

³Институт по минералогия и кристалография “Акад. Иван Костов” – Българска академия на науките, ул. “Акад. Георги Бончев” 107, София, България

kate.wess17@gmail.com

Abstract: Clay is a popular traditional material that has been used for the construction of building materials and household objects since time immemorial. Due to its plastic property and capacity to regulate humidity, it was often used in the form of clay plasters. At present, the building sector has become a serious contributor to climate change, thus triggering a need for the use of more sustainable and eco-friendly materials. This paper aims to analyze the characteristics of ancient clay plasters from the Roman age and define their production technology. The reason for this study is that the ancient production recipes of clay plasters are the base for the modern ones. The analytical methods that were used in this research include X-ray fluorescence (XRF) analysis, Powder X-Ray diffraction (PXRD) analysis, Fourier transformed infrared (FTIR) measurements and thermal analysis. It was established that two types of raw clay were used for the clay plasters’ preparation, calcareous and non-calcareous, and both match the rock types on the surface around the archeological sites, meaning that the clay was most likely of local origin. There are no signs of burning on the samples; however there is a high probability that they were intentionally treated thermally within a similar temperature range. The acquired results suggest a good environmental knowledge throughout the Roman era and an ability to work well with traditional materials, but with different properties. The results are also of practical value, since they can be applied in the creation of modern plasters that can be used both in modern buildings and for conservation and restoration purposes.

Key words: clay (earthen) plaster, sustainable development, eco-friendly building materials.

Резюме: Глината е популярен традиционен материал, който се е използвал за създаването на строителни материали и предмети за бита от древни времена. Поради пластичните си свойства и способността си да регулира влажността, често се е използвала под формата на глинени мазилки. Понастоящем строителният сектор се е превърнал в

сериозен фактор за изменението на климата, което от своя страна създава необходимост от използването на по-устойчиви и екологични материали. Тази статия има за цел да анализира характеристиките на древни глинени мазилки от римската епоха и да определи технологията на тяхното производство. Причината за това проучване е, че древните рецепти за производство на глинени мазилки са основа на съвременните. Аналитичните методи, използвани в това изследване, включват рентгенов флуоресцентен анализ (XRF), прахова рентгенова дифракция (PXRD), инфрачервена спектроскопия (FTIR) и термичен анализ. Установено е, че за приготвянето на глинени мазилки са използвани два вида изходна глина – варовита и неваровита, като и двете съвпадат с видовете скали на повърхността около археологическите обекти, което означава, че глината най-вероятно е с местен произход. Няма следи от опожаряване по пробите, което предполага, че са умишлено термично третираны в близък температурен диапазон. Получените резултати предполагат добро познаване на околната среда през римската епоха и умение за работа с традиционни, но различаващи се по свойства материали. Резултатите имат и практическа стойност, тъй като могат да бъдат приложени при създаването на съвременни мазилки, които да се използват както в съвременното строителство, така и за консервационни и реставрационни цели.

Ключови думи: глинена мазилка, устойчиво развитие, екологично чисти строителни материали.

Introduction

Clays are natural formations, made out of clay minerals, accessory minerals and impurity minerals. Clay minerals include kaolinites, montmorillonites, and illites, accessory minerals – micas, chlorites, vermiculites, and impurity minerals – quartz, feldspars, calcite, iron minerals, etc [Meyers, 2003]. Depending on the CaO content in the clays, they can be categorized as two different types – calcareous and non-calcareous. Clays that contain more than 5% CaO are defined as calcareous [Badica et al., 2022].

The application of clay in the construction of buildings has been done since ancient times. In the past, people used clay to make plasters, bricks, tiles, etc [Liskova et al., 2016]. Bricks, tiles and household ceramics are produced by firing at temperatures from 300 to 1050 °C [La Noce et al., 2021]. The baking process leads to a change in the clay's characteristics, giving it properties such as strength and resistance. When the clay is heated to ~ 600 °C (firing stage), the processes of dehydration, oxidation and/or dehydroxylation occur in a consecutive order. At temperatures above 600 °C (baking stage), the processes of dehydroxylation and decarbonization take place. At temperatures above ~ 850 °C (burning stage) the processes of crystallization of high-temperature phases are carried out [Goffer, 2007]. This crystallization can occur both from a melt (after vitrification of the material) and in solid state through recrystallization. The method of formation of the high-temperature phases depends on the chemical composition of the raw clay and the temperature of the clay's thermal treatment [Aras et al., 2018, Badica et al., 2022], which also determines the quality of the ceramic artifacts and their manufacturing process [Emmami et al., 2016].

For the classic production of clay (earthen) plasters, the components that are used include dried clay, sand (if the sand fraction in the clay is in low quantity) and organic material (straw, for example), after which water is added to them. Clay gives plasticity to the plaster, sand – strength, and the organic material holds the plaster together and provides some flexibility to the plaster once it is dried [Ma et al., 2018; Melià et al., 2014]. Clay plasters are better applied in the internal layer of the building and can be used on various types of wall bases, such as concrete,

bricks, wood, straw bales, rammed earth, etc. Such indoor plasters serve as ideal moisture regulators due to the clay's high absorption capacity. They ameliorate the quality of life by creating better indoor conditions, such as improved humidity levels, warmer temperatures in winter and cooler temperatures in summer [Emiroglu et al., 2015]. This however decreases significantly the material's water resistance potential, so in order to be used for the external part of a structure, additional hydrophobizing additives may need to be mixed into the clay [Liskova et al., 2016]. External clay plasters can be used for restoration purposes such as the reconstruction of historical buildings' façades [La Noce et al., 2021].

Nowadays the building sector has become one of the main pollutants that contribute to climate change. As industries grow, so does their need for better infrastructure. Modern structures need to be more sustainable and eco-friendly, while still being long-lasting and of good quality. In order to achieve this, the same clay-based products that were used in ancient times can be applied today. Their use would be even more successful, since they can serve as a substitute for products with a higher environmental impact. It should be noted that while no material is ever 100% eco-friendly, natural substances such as clay are a lot more “eco-efficient” than a conventional material that would require additional production processes [La Noce et al., 2021]. Conventional plasters are cement plasters, lime plasters and hydraulic lime plasters. Cement plasters are a mixture of sand and Portland cement and lime plasters are made out of sand and calcium hydroxide, with the difference that the hydraulic plaster contains impurities in the calcium hydroxide, which enable the lime to set without air exposure. Conventional plasters generate a lot more CO₂ emissions than the earthen ones. One m² of cement base plaster produces 5.86 kg CO_{2eq}, while hydraulic lime plaster produces 6.37 kg CO_{2eq}, which is 6 times more than the emissions of an earthen base plaster - 0.88 kg CO_{2eq}. [Melià et al., 2014]. In addition, a lot more energy and resources are saved by using materials that are locally available and easily produced [La Noce et al., 2021].

The goal of this work is to characterize ancient types of clay plasters from the Roman age which were obtained from Bulgarian archeological sites. The reason for this study is that the production recipes of modern plasters are based on the ones of ancient plasters. The samples were analyzed with X-ray fluorescence (XRF) analysis, Powder X-Ray diffraction (PXRD) analysis, Fourier transformed infrared (FTIR) measurements and thermal analysis.

The acquired results are of fundamental and practical value for the sustainable development of modern construction materials and for the reconstruction of the ancient environment.

1. Materials and methods

Sample No. 62 clay wall plaster (Fig. 1) from archaeological site No. 8 Dimitriev, Emporion Pizos, Roman age [Boyanov, 2014]. The plaster is coloured in orange-red. Imprints of organic material are observed on the plaster's surface. Pores with irregular shape are found on the inside of the plaster. Some of them have black coal particles. No signs of burning have been found at the archaeological site.

Sample No. 83 clay wall plaster (Fig. 2) from archaeological site No. 6 Malko Tranovo - open settlement, Roman vicus [Dumanov, 2005]. The plaster has a bright yellow colour. Traces of organic material are observed on the plaster's surface. Pores with irregular shape are found inside the plaster. No signs of burning have been found at the archaeological site.



Fig. 1. Sample No. 62 clay wall plaster



Fig. 2. Sample No. 83 clay wall plaster

X-ray fluorescence (XRF) analysis was performed by energy dispersive Micro-XRF Spectrometer M1 MISTRAL, Bruker (Rh-tube, Peltier cooling, 30 mm², Si-drift detector (SDD), MnK α resolution <150 eV, collimator 0.1 mm to 1.5 mm). The samples were prepared as pressed pellets with (CEREOX-BM-0002-1 powder) (1.00 g sample + 0.15 g CEREOX- BM-0002-1 powder).

The powder X-ray diffraction (PXRD) measurements were made by D2 Phaser BrukerAXS, CuK α radiation ($\lambda = 0.15418$ nm) (operating at 30 kV, 10 mA) from 3 to 70 °2 θ with a step of 0.05°, 1 s/step (ground sample weight – 1.0 \pm 0.1 mg and particle size below 0.075 mm). The PDF [PDF, 2001] database was used for determining the phases and minerals in the samples.

Fourier transform infrared (FTIR) measurements were performed by FTIR Spectrometer Nicolet 6700, covering the range of 400 - 4000 cm⁻¹ with 100 scans and 1.928 cm⁻¹ resolution. The samples were prepared as pellets with KBr.

Thermal analysis: simultaneous TG/DTG-DSC analysis was carried out on a Setline STA 1100, SETARAM, France, in the temperature range room temperature (RT) – 1050°C; in static air, with a heating rate of 10°C min⁻¹. The operational characteristics of the TG/DTG–DSC - system were: sample mass of 25.0 \pm 1.0 mg (mass resolution of 0.05 μ g), temperature resolution of +/- 0.3°C, and alumina sample crucible with a volume of 100 μ L.

2. Results and discussion

2.1. XRF

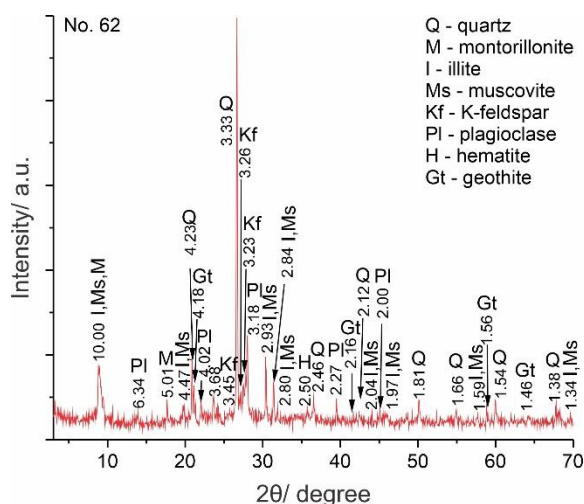
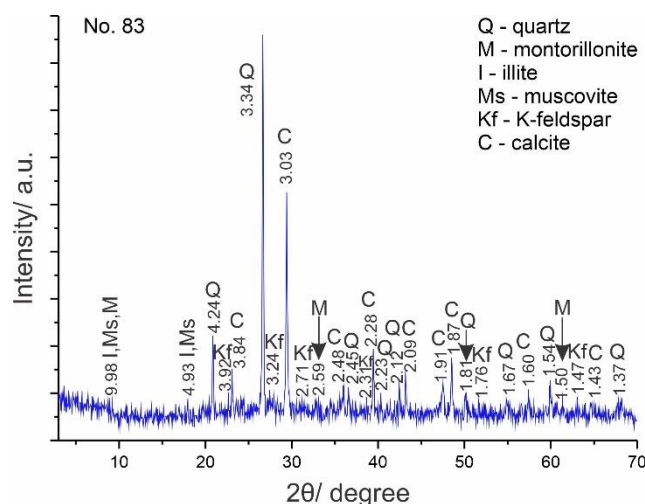
The results from the XRF analysis are presented in Table 1. The SiO₂ content is the highest in both samples. The content of Al₂O₃ is also high, which suggests the presence of silicates and aluminosilicates in the samples. A CaO content of 34.17% was measured in sample No. 83 and in sample No. 62 - 2.81%. Both samples are likely to form carbonates (carbonates are a frequent impurity in clays in amounts from parts of a percent to 30-40%), Ca-plagioclases (anorthite), calcium clay minerals from the montmorillonite group [Chamley, 1989]. The K₂O content suggests the formation of potassium aluminosilicates. The Fe₂O₃ content indicates the presence of individual iron phases and/or iron incorporated into aluminosilicate minerals. The remaining elements are in low concentrations and probably do not form their own phases.

Table 1. XRF results (mass %)

Sample	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃
No. 62	1.20	1.82	20.42	62.91	0.42	-	4.54	2.81	0.59	0.11	5.06
No. 83	0.15	1.01	13.05	42.18	0.38	0.11	1.76	34.17	0.59	0.14	5.68

2.2. PXRD

The PXRD results are shown in Figs. 3, 4. Both samples contain quartz SiO₂ (#06-1757), montmorillonite (Na,Ca)(Al,Mg)₂(Si₄O₁₀)(OH)₂nH₂O (#302-0239), illite (K_{0.65}Al₂[Al_{0.65}Si_{3.35}O₁₀](OH)₂ (#25-0001), muscovite KAl₂(AlSi₂O₁₀)(OH)₂ (#34-0175), potassium feldspar - microcline, KAlSi₃O₈ (#84-0710). Plagioclase - albite NaAlSi₃O₈, (#89-6426), hematite Fe₂O₃ (#72-0469) and goethite Fe³⁺O(OH) (#29-0713) in sample No. 62, and calcite, CaCO₃ (#47-1743) – in sample No. 83.

**Fig. 3.** PXRD pattern of sample No. 62.**Fig. 4.** PXRD pattern of sample No. 83.

2.3. FTIR

The FTIR results (Figs. 5, 6 and Table 2) confirm the PXRD results, while also giving additional information regarding the inorganic and organic phases in the studied samples. The following inorganic phases have been proved, which match the ones determined by PXRD (Table 2):

- muscovite and illite in both samples.
- hematite and goethite – only in sample No. 62.
- quartz, montmorillonite and potassium feldspar – in both studied samples.

Additionally, the following phases have been established – calcite in sample No. 83, albite and magnetite – in both samples. These phases were not registered through PXRD due to the low limits of detection of the method – 5% [Moropoulou et al., 1995].

Through FTIR, both samples were proven to have:

- surface adsorbed water (moisture).
- organic phases.

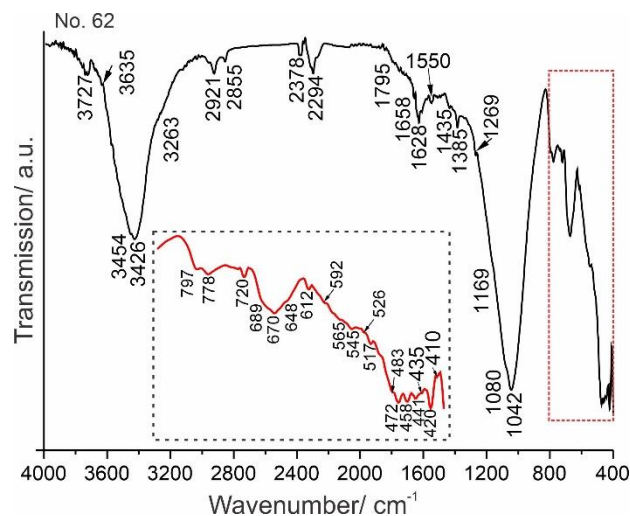


Fig. 5. FTIR spectrum of sample No. 62.
Insertion: 860-400 cm⁻¹ spectral range.

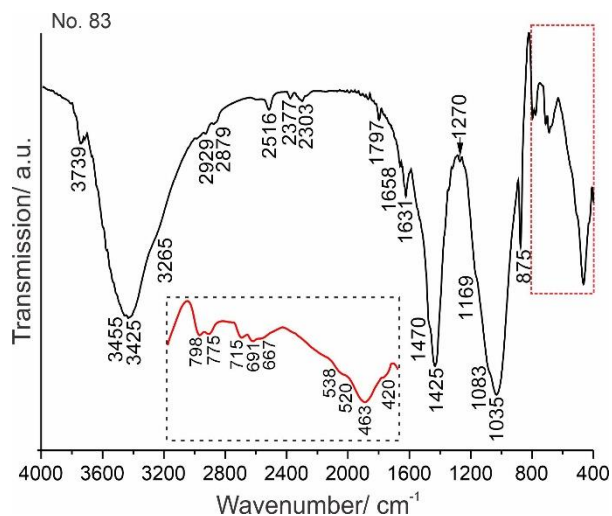


Fig. 6. FTIR spectrum of sample No. 83.
Insertion: 860-400 cm⁻¹ spectral range.

Table 2. FTIR results

Wavenumber/cm ⁻¹		Assignment	References
No. 62	No. 83		
3727	3739	O-H from the air (surface hydroxils)	Chukanov, Chervonnyi, 2016; Jozanikohan et al., 2022
3635	-	Al-OH stretching band of illite montmorillonite	Chukanov, 2014, Yan et al., 2021
3454	3455	H-O-H stretching vibration of adsorbed water molecules in illite	Chukanov, 2014; Jozanikohan, 2022
3426	3432	H-O-H stretching vibration of adsorbed water molecules in illite	Chukanov, 2014, Jozanikohan et al., 2022
3263	3265	Metal-O-H stretching vibration of montmorillonite	Caccamato, 2020
2921	2929	C-H asymmetrical stretching vibrations of CH ₂	Silva et al., 2005; Rao et al., 2017
2855	2879		
-	2516	(ν ₁ + ν ₃) C-O in CO ₃ ²⁻ of calcite	Chukanov, 2014
2378	2377	CO ₂ from the air	Theophanides, 2012; Chukanov, Chervonnyi, 2016
2294	2303		
1795	1797	(ν ₁ + ν ₄) C-O in CO ₃ ²⁻ of calcite	Chukanov, 2014; Stanienda et a., 2016
1658	1658	O-H bending vibration of adsorbed water molecules of illite	Chukanov, 2014
1628	1631	O-H stretching vibration of adsorbed water molecules of illite and muscovite	Chukanov, 2014, Singha, 2016
1550	-	Skeletal vibrations of the aromatic ring from lignin	Rao et al., 2017

-	1470	ν_3 C-O in CO_3^{2-} of calcite	Chukanov, 2014
1435	1425	ν_3 C-O in CO_3^{2-} of calcite	Chukanov, 2014
1385	-	C-H bending vibrations of the methyl and methylene group	Rao et al., 2017
1269	1270	ν_3 stretching vibration of C-O in aromatic rings	Rao et al., 2017
1169	1169	ν_3 Si-O in SiO_2 in quartz	Chukanov, 2014
1080	1083		
1042	1035	Si-O-Si vibration band of illite and montmorillonite	Chukanov, 2014, Yan et al., 2021
-	875	ν_2 C-O in CO_3^{2-} of calcite	Chukanov, 2014
797	798	ν_2 Si-O in SiO_2 in quartz	Chukanov, 2014
778	775		
-	715	ν_4 C-O in CO_3^{2-} of calcite	Chukanov, 2014
720	-	ν Si(Al)-O stretching vibration in albite	Chukanov, 2014
692	691	ν_1 Si-O in SiO_2 in quartz	Chukanov, 2014
689	-	ν Si(Al)-O stretching vibration in montmorillonite	Chukanov, 2014
670	667	Fe^{3+} -O vibration at magnetite	Ravisankar et al., 2010; Chukanov, 2014
648	-	Fe^{3+} -O vibration at hematite	Chukanov, 2014; Jozanikohan et al., 2022
612	-	O-Si(Al)-O bending vibrations albite	Theodosoglou et al., 2010; Chukanov, 2014
592	-	O-Al-O bending vibration at albite	Chukanov, 2014
565	-	O-Al-O bending vibration at microcline	Chukanov, 2014,
545	538	O-Si-O deformation the K-O stretching at albite	Chukanov, 2014
526	520	Al-O-Al vibration at illite	Chukanov, 2014; Yan et al., 2021
517	-	Al-O-Al vibration at muscovite	Chukanov, 2014; Yan et al., 2021
483	-	Si-O-Si deformation at albite	Chukanov, 2014
472	-	Si-O-Si bending and the K-O stretching vibrations in muscovite, illite and montmorillonite	Chukanov, 2014
-	463	O-Si-O bending and the K-O stretching vibrations in microcline	Theodosoglou et al., 2010; Chukanov, 2014
458	-	Fe^{3+} -O hematite vibration	Chukanov, 2014
441	-	O-Si-O bending and the K-O stretching vibrations in microcline	Chukanov, 2014
435	-	Si-O bending vibration of illite	Chukanov, 2014
420	420	Si-O-Si deformation in microcline	Theodosoglou et al., 2010;

			Chukanov, 2014
410	-	Fe-O goethite vibration	Chukanov, 2014

2.4. Thermal analysis

The thermal analysis results are presented in Figs. 7, 8 and Table 3. The total mass loss (ML_{tot}) when heating to 1050°C is 6.60% for sample No. 62 and 18.93% for sample No. 83. Five temperature ranges were determined: RT-220°C, 220-420°C, 420-720°C, 720-840°C, and 840-1050°C.

RT-220°C – dehydration

The stage is divided in two (Table 3):

- until 100°C – separation of hygroscopic water [Moropoulou et al., 1995]. The ML for sample No. 62 is 1.00% and for sample No.83 – 3.06%.
- between 100 and 220°C – a process of dehydration of phyllosilicates occurs – muscovite and illite [Meyers et al., 2003]. The ML in this range is 1.00% for sample No. 62, and 2.50% for sample No.83.

220-420°C organic decomposition

Combustion of organic matter occurs between 220 and 420°C [Palanivel et al., 2011]. The exo effect of organic decomposition is at 344.9°C for No. 62 (Fig. 7), and 317.5°C for No. 83 (Fig. 8), while the ML is shown in Table 3.

Dehydroxylation of synthetic goethite also occurs during this temperature range, at $T_{infl} = 270^\circ\text{C}$ with a clearly pronounced peak. In naturally occurring goethite, the dehydroxylation peak is barely noticeable and is shifted towards 300°C, probably due to isomorphic inclusions in the mineral. After the dehydroxylation, goethite transforms into hematite [Trindade et al., 2009; Ponomar, 2018]. Goethite was found in wall plaster No. 62, while no dehydroxylation peak of goethite was observed in the DTG curve (Fig. 7), probably due to the low amount of the mineral in the sample.

420-720°C dehydroxylation

During this temperature range, dehydroxylation of phyllosilicates occurs. At 450-460°C, montmorillonite dehydroxylates [Brown, 2003; Laufek et al., 2021]. At 528-580°C, illite dehydroxylates [Hatakeyama, 1998; Földvári, 2011; Marsh et al., 2018]. At temperatures 660-700°C, muscovite dehydroxylates [Velosa et al., 2007; Földvári, 2011; Pei et al., 2018] (Table 3). After dehydroxylation, these minerals form stable dehydroxylated phases which preserve the original crystal structure of the raw minerals up until reaching a temperature above 800°C, when their structure breaks down [Lee et al., 2008].

Apart from dehydroxylation, two other thermal processes are registered. The first one is recognized as magnetite oxidation [Földvári, 2011]. It is observed with an exothermic peak of the DSC curve at 511.2°C (No. 62) and 477.3°C (No. 83) and a peak in the DTG curve with T_{infl} from 483.1°C (No. 62) and 443.0°C (No. 82) (Figs. 7, 8). The second process occurs without ML and with a peak on the DSC curve, positioned at 571.7°C for both samples (Figs. 7, 8). It is recognized as a polymorphous transition from α to β quartz [Moropoulou et al., 1995].

720-840°C decarbonation

Calcite decarbonization is established in the temperature range 720-840°C [Böke et al., 2006] (Table 3, Figs. 7, 8), which occurs at very similar temperatures in both samples - $T_{infl} = 811.8^\circ\text{C}$ (No. 63) and 808.4°C (No. 83). The CaCO_3 quantity in both samples is measured from the ML_{CO_2} (Table 3) – for sample No. 62, it is 0.9%, which explains why this phase is not registered through PXRD and only through FTIR and thermal analysis. The measured CaCO_3 quantity for sample No. 83 is 20.8%

840-1050°C structure destruction

The structures of illite, muscovite and montmorillonite break down in this temperature range. Illite's structure breaks down at $T_{infl} = 892.2^\circ\text{C}$ (No. 83) and 902.9°C (No. 63) (Table 3). An exothermic effect appears right after this process (A DSC curve peak at 936.0°C for No. 62 and at 907.5°C for No. 83 and (Figs. 7, 8), which is associated with the crystallization of high-temperature phases [Grim et al., 1940; Meyers et al., 2003; El Ouahabi et al., 2015]. The breakdown of muscovite's structure is registered at T_{infl} from 919.8°C to 973.8°C and at 973.8°C , and montmorillonite's – at 1010.3°C (No. 62), and 1015.9°C (No. 83) (Table 3) [Hatakeyama, 1998; Földvári, 2011]. Exothermic peaks are also registered after the breakdown of these minerals (Figs. 7 and 8), which can be associated with the crystallization of high-temperature phases as well [El Ouahabi et al., 2015, Kornilov, 2005]. In sample No. 83, which is also made out of clay with high calcite content, it is likely that high-temperature phases such as gehlenite, anorthite, wollastonite, cristobalite are formed [El Ouahabi et al., 2015]. In sample No. 62 (made out of minimal calcite content) it is likely that mullite, spinel-type phases and cristobalite crystallize at 1015.3°C (No. 62) and 1009.3°C (No. 83) [Kornilov, 2005; Lee et al., 2008]. For sample No. 83, mullite crystallization is not expected because the increased amount of CaO from the calcite decomposition prevents its crystallization [El Ouahabi et al., 2015].

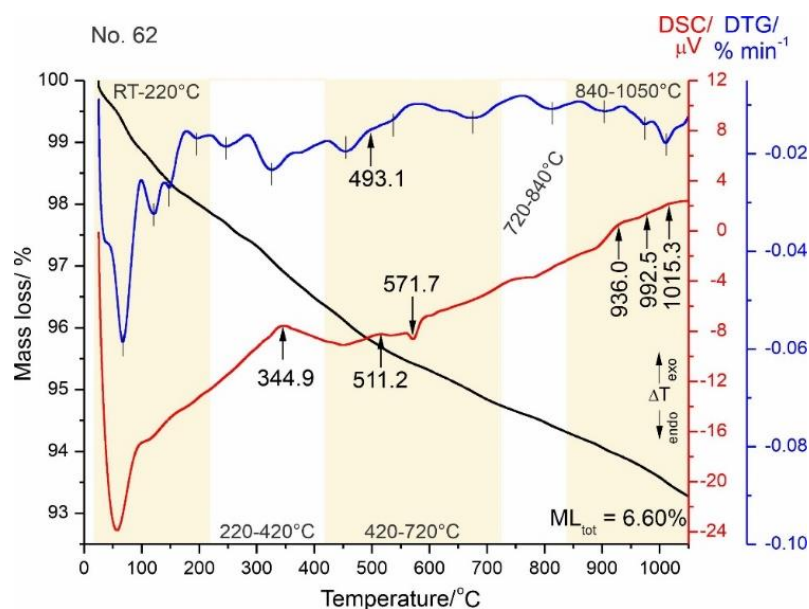


Fig. 7. TG/DTG-DSC of sample No. 62

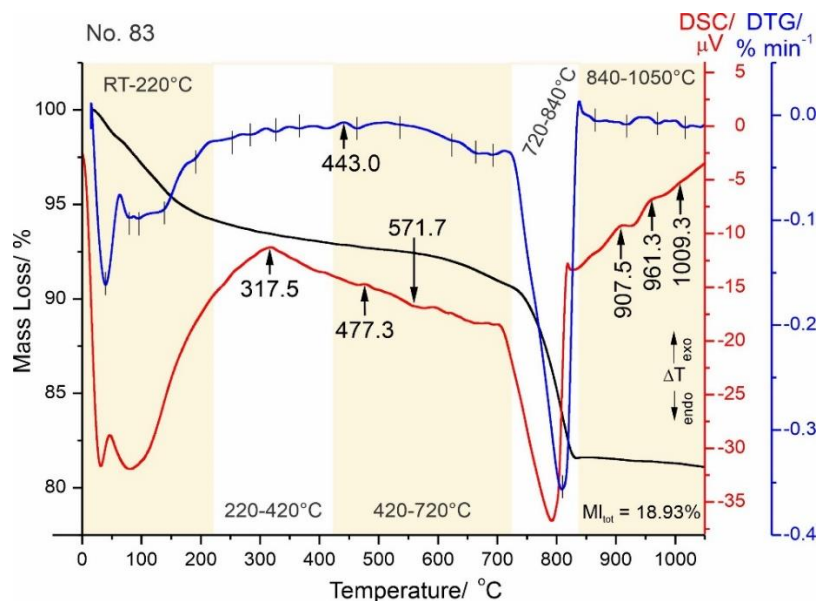


Fig. 8. TG/DTG-DSC of sample No. 83

Table 3. Thermal analysis results

Sample	RT-220°C dehydration				220-420°C organic decomposition		420-720°C dehydroxylation		720-840°C decarbonation		840-1100°C structure destruction	
	T _{infl} / °C	ML/ %	T _{infl} / °C	ML/ %	T _{infl} / °C	ML/ %	T _{infl} / °C	ML/ %	T _{infl} / °C	ML/ %	T _{infl} / °C	ML/ %
No. 62	67.1	1.00	120.7	0.44	245.9	0.46	454.1	0.59	811.8	0.40	902.9	0.31
			147.5	0.30	325.1	1.09	534.1	0.34			973.8	0.25
			194.7	0.26			674.2	0.80			1010.3	0.41
No. 83	39.5	1.56	137.9	1.78	252.2	0.35	463.1	0.20	808.4	9.19	869.2	0.04
	79.7	0.76	191.6	0.72	286.1	0.28	535.0	0.20			919.8	0.18
	94.9	0.74			326.8	0.22	623.1	0.38			970.5	0.04
					366.5	0.13	662.8	0.50			1015.9	0.07
							691.2	0.51				

Discussion

The chemical and phase composition of the wall plasters shows that they are made from two different types of clay. Sample No. 62 is prepared from non-calcareous clay with the main minerals being montmorillonite, illite, quartz, muscovite and secondary minerals goethite, hematite, magnetite, potassium feldspar, plagioclase, calcite. The hematite may have been a mineral that was part of the raw clay, or it may have been a secondary phase that was formed in the plaster [El Ouahabi et al., 2015]. Sample No. 83 – calcareous clay with the main minerals being montmorillonite, illite, muscovite, quartz, calcite, in subordinate quantity – magnetite, potassium feldspar and plagioclase. The two samples are collected from two separate archaeological sites, located in regions with different geological settings. On site No. 8 Dimitriev (sample No. 62), Neogene gravels, sands, and clays outcrop on the earth’s surface

[Boyanov et al., 1991], and on site No. 6 Malko Tranovo (sample No. 83) - Oligocene limestones [Boyanov et al., 1993]. The geological setting explains the presence of calcite in large quantities in sample No. 83 and the lack of it in sample No. 62 which confirms with high probability the local origin of the raw clays used.

Clays in nature are usually bright in colour – white, light beige, light grey [Chamley, 1989; Goffer, 2007]. Both analysed samples have characteristic colouring – an orange-red colour for No. 62 and a bright yellow colour – No. 83 (Figs. 1, 2), which is typical for a clay that has undergone thermal treatment. On the other hand, the archaeological observations show that there are no traces of burning at the sites, which indicates an intentional implementation of a thermal process.

The rich orange-red colour of No.62 is related to the proven hematite in the sample. Despite the fact that the hematite is in low quantity, under 5% is enough for it to give such a colour to the ceramic – even 1 – 1.5% of hematite colours the ceramic intensely [Palanivel et al., 2009]. Sample No. 83 is coloured in bright yellow. No hematite was found in this sample but there is a very large amount of calcite – 20.8%. A ceramic made from calcareous clay is usually in such colours, regardless of the thermal treatment's temperature [Kornilov, 2005].

Ceramic's thermal treatment temperature can be determined by judging its phase composition and by the conducted thermal studies. Feldspars were established in the samples, which are resistant up to around 1200°C [Papadoloulu et al., 2006]. Quartz transitions into tridymite at ~840°C but it can be registered in the samples through PXRD until about 1100°C [Bitay et al., 2020]. Calcite decarbonizes between 750 and 820°C [Böke et al., 2006]. The minerals illite and muscovite undergo a few thermal transformations during heating: dehydration, dehydroxylation, structure destruction, with the last one being an irreversible reaction [Muller et al., 2000; Kotryová et al., 2016]. Through thermal analysis the following is established: decarbonization temperature and destruction temperature of the clay minerals (Table 3) which shows that the samples have not been heated above 808.4°C (No. 83) and above 811.8°C (No. 62). The decomposition temperature of the organic phases cannot be used to determine the heating temperature because the organics may have entered the samples at a much later stage than their production. A magnetite-hematite transition was recorded in both samples (Fig 7,8), which suggests that the thermal treatment temperature of these samples has not reached such high values. FTIR bands at ~1035 cm⁻¹ and ~520 cm⁻¹ of clays - illite and montmorillonite are diagnostic of their heating temperature [Yan et al., 2021]. Bands at 1035 cm⁻¹ and 520 cm⁻¹ are established when heating to 300-400°C. When treating thermally above these temperatures, bands at 1035 cm⁻¹ shift to 1040 cm⁻¹, while band at 520 cm⁻¹ disappears. In sample No. 83 these bands are registered at 1035 cm⁻¹ and 520 cm⁻¹ (Table 2), which suggests a maximum heating of this sample in the specified interval. A band at 526 cm⁻¹ is also found in sample No. 62, but a shift of the band at 1035 cm⁻¹ to 1042 cm⁻¹ is established as well (Table 2). This result indicates with high probability that the heating temperature is also in the range of 300-400°C. On the other hand, goethite is proven in sample No. 62 (Fig. 3), whose structure breakdown temperature (dehydroxylation) is about 300°C [Foldivari, 2010]. In relation to this, it can be assumed that 300°C is also the maximum heating temperature of sample No. 62.

Conclusion

By characterizing the studied Roman wall plasters, the clay types and their treatment method for obtaining the final building ceramic material were determined. Two different types of raw clay were used: non-calcareous clay for sample No. 62 and calcareous clay for sample No.

83, where the clay type determines the final color of the plasters. A low-temperature heat treatment was applied to the raw clays, up to 300°C for No. 62, and between 300 - 400°C for No. 83.

The two types of clay used correspond with the rocks that outcrop on the earth's surface at both archaeological sites, which proves with high probability the use of local raw materials. The thermal treatment with approximately the same temperature is an indication for the use of the same approach when preparing the samples. This approach provided increased strength, which in turn increased the plaster's resistance in time.

The obtained results are of fundamental value, showing a good knowledge of the environment during the Roman Age and an ability to use different natural resources. The application of the same methods was a strong prerequisite for achieving sustainable results. The characterization of ancient plasters also has practical value – the results can be used for the creation of modern building materials, as well as for restoration and conservation of archaeological sites.

Funding

This work was funded by the Bulgarian Science Research Fund - grant number KP-06-N39/9.

Acknowledgments

The authors gratefully acknowledge the Bulgarian Science Research Fund for funding this work (V.I., B.K. – members of the project's team, K. M. – student at the Department of Natural Sciences with a thesis on the subject of the project), as well as New Bulgarian University, the Department of Natural Sciences and the Geology laboratory – BF.

Author contributions: All authors contributed to the study conception and design. Sample collection were performed by B. K. Material preparation were performed by V. I. Thermal analysis data collection were performed by B. K. XRF, PXRD and FTIR analysis were processed and interpreted by B. K. Thermal analysis process and interpretation – by K. M. and V. I. The first draft of the manuscript was written by K. M. and B. K. and all authors commented on previous versions of the manuscript. All authors read and approved the final manuscript.

Conflict of interest: The authors declared no conflict of interest.

REFERENCES

- Aras, A., S. Kiliç, 2017. The mineralogy and firing behaviour of pottery clays of the Lake Van region, eastern Turkey. *Clay Minerals*, 52 (4), 453-468. <https://doi.org/10.1180/claymin.2017.052.4.04>
- Badica, P., A. Alexandru- Dinu, M. A. Grigoroscuta, M. Burdusel, G. V.Aldica, V. Sandu, C. Bartha, S. Polosan, A. Galatanu, V. Kuncser, M. Enculescu, C. Locovei, I. Porosnicu, I.Tiseanu, M. Ferbinteanu, I. Savulescu, M. Negru, N. D. Batalu, 2022. Mud and burnt Roman bricks from Romula. *Scientific Reports*, 12:15864. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-19427-7>

- Bayazit, M., I. Işık, A. Issi, E. Genç, 2014. Spectroscopic and thermal techniques for the characterization of the first millennium AD potteries from Kuriki-Turkey. *Ceramics International*, 40 (9-B), 14769-14779. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ceramint.2014.06.068>.
- Bitay, E., Kacsó I, Tănăselia C, Toloman D, Borodi G, Pánczél S-P, Kisfaludi-Bak Z, Veress E., 2020. Spectroscopic Characterization of Iron Slags from the Archaeological Sites of Brâncoveneşti, Călugăreni and Vătava Located on the Mureş County (Romania) Sector of the Roman Limes. *Applied Sciences*, 10 (15):5373. <https://doi.org/10.3390/app10155373>
- Boyanov, I., 2014. *Discoduraterae and emporia in Roman Thrace*. Avalon. 232 pp.
- Boyanov, I., A. Goranov, J. Shilyafova, M. Ruseva, 1991. Geolojki karti na Bulgaria, M 1:100000, Karten list Dimitrovgrad. [Geological maps of Bulgaria, M 1:100000, Map sheet Dimitrovgrad].
- Boyanov, I., J. Shilyafova, A. Goranov, M. Ruseva, T. Nenov, 1993. Geolojki karti na Bulgaria, M 1:100000, Karten list Chirpan. [Geological maps of Bulgaria, M 1:100000, Map sheet Chirpan].
- Böke, H., S. Akkurt, B. İpekoğlu, E. Uğurlu, 2006. Characteristics of brick used as aggregate in historic brick-lime mortars and plasters. *Cem Concr Res*, 36 (6), 1115-1122. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2006.03.011>
- Brown, M. E., P. K. Gallacher (Eds.), 2003. *Handbook of Thermal analysis and Calorimetry. Vol. 2. Applications to inorganic and miscellaneous materials*. Elsevier. 905.
- Chamley, H., 1989. *Clay Sedimentology*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 623. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-85916-8>
- Chukanov, N. V., 2014. *Infrared spectra of mineral species: Extended library*. Springer Geochemistry/Mineralogy, Springer Dordrecht Heidelberg New York London, ISBN: 978-94-007-7127-7, 978-94-007-7128-4.
- Chukanov, N. V., A. D. Chervonnyi, 2016. *Infrared Spectroscopy of Minerals and Related Compounds*. Springer New York Dordrecht London. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-25349-7>
- Dumanov, B., 2005. Spasitelni arheologicheski prouchvaniya na obekt № 13a (kusnoantichno selishte) pri s. Malko Tranovo, obshtina Chirpan, po traseto na AM “Trakiya” – LOT 1. [Archaeological rescue research of site № 13a (late antique settlement) near the village Malko Tranovo, Chirpan municipality, along the route of “Trakiya” highway – LOT 1] *Arheologicheski razkopki prez 2004*. [Archaeological excavations in 2004], 243-244.
- El Ouahabi, M., L. Daoudi, F. Hatert, N. Fagel, 2015. Modified Mineral Phases During Clay Ceramic Firing. *Clays Clay Miner.*, 63, 404-413. <https://doi.org/10.1346/CCMN.2015.0630506>
- Emami, M., Y. Sakali, Ch. Pritzel, R. Trettin, 2016. Deep inside the ceramic texture: A microscopic–chemical approach to the phase transition via partial-sintering processes in ancient ceramic matrices. *Journal of Microscopy and Ultrastructure*, 4, 11-19. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmau.2015.08.003>..
- Földvári, M., 2011. *Handbook of the thermogravimetric system of minerals and its use in geological practice*. Occasional Papers of the Geological Institute of Hungary. Budapest. <https://doi.org/10.1556/ceugeol.56.2013.4.6>
- Emiroğlu, M., A. Yalama, Y. Erdoğan, 2015. Performance of ready-mixed clay plasters produced with different clay/sand ratios. *Journal of Applied Clay Science*, 115, 221-229. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2015.08.005>

- Goffer, Z., 2007. *Archaeological chemistry*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. 623.
- Grim, R. E., W. F. Bradley, 1940. Investigation of the effect of heat on the clay minerals illite and montmorillonite. *Journal of the American Ceramic Society*, 23 (8), 242-248. <https://doi.org/10.1111/j.1151-2916.1940.tb14263.x>
- Hatakeyama, T., Zk. Liu, 1998. *Handbook of thermal analysis*. Sussex, England, John Wiley & Sons Ltd. Pp 452.
- Imman, S., P. Khongchamnan, W. Wanmolee, N. Laosiripojana, T. Kreetachat, Ch. Akulthaew, Ch. Chokeyaroenrat, N. Suriyachai, 2021. Fractionation and characterization of lignin from sugarcane bagasse using a sulfuric acid catalyzed solvothermal process. *RSC Advances*, 43 (11). <https://doi.org/10.1039/D1RA03237B>
- Jozanikohan, G., M. Abarghooei, 2022. The Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) analysis for the clay mineralogy studies in a clastic reservoir. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*. <https://doi.org/10.1007/s13202-021-01449-y>
- Kotryová, B., J. Ondruška, I. Štubňa, P. Bačík, 2016. Thermoanalytical investigation of ancient pottery. *AIP Conference Proceedings*, 1752, 040016. <https://doi.org/10.1063/1.4955247>
- Kornilov, A. V., 2005. Reasons for the different effects of calcareous clays on strength properties of ceramics. *Glass Ceram*, 62, 391–393. <https://doi.org/10.1007/s10717-006-0017-9>.
- La Noce, M., A. Lo Faro, G. Sciuto, 2021. Clay-Based Products Sustainable Development: Some Applications. *Sustainability*, 13, 1364. <https://doi.org/10.3390/su13031364>
- Laufek, F., I. Hanusová, J. Svoboda, R. Vašíček, J. Najser, M. Koubová, M. Čurda, F. Ptíčen, L. Vaculíková, H. Sun, D. Mašín, 2021. Mineralogical, Geochemical and Geotechnical Study of BCV 2017 Bentonite -The Initial State and the State following Thermal Treatment at 200°C. *Minerals*, 11(8), 871. <https://doi.org/10.3390/min11080871>
- Lee, W.E., G. P. Souza, C. J. McConville, T. Tarvornpanich, Y. Iqbal, 2008. Mullite formation in clays and clay-derived vitreous ceramics. *Journal of the European Ceramic Society*, 28, 465–471. <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2007.03.009>.
- Lišková, B., P. Jelínek, M. Ostrý, 2016. Impact of hydrophobic additives on properties of clay plaster. *Applied Mechanics and Materials*, 824, 92-99. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.824.92>
- Ma, X., G. Wei, C. Grifa, Y. Kang, H. Khanjian, I. Kakoulli, 2018. Multi-analytical Studies of Archaeological Chinese Earthen Plasters: The Inner Wall of the Longhu Hall (Yuzhen Palace, Ancient Building Complex, Wudang Mountains, China). *Archaeometry*, 60 (1), 1-18. <https://doi.org/10.1111/arcm.12318>
- Marsh, A., A. Heath, P. Patureau, M. Evernden, P. Walker, 2018. Alkali activation behavior of un-calcined montmorillonite and illite clay minerals. *Applied Clay Science*, 166, 250-261, <https://doi.org/10.1016/j.clay.2018.09.011>
- Melià, P., G. Ruggieri, S. Sabbadini, G. Dotelli, 2014. Environmental impacts of natural and conventional building materials: a case study on earth plasters. *Journal of Cleaner Production*, 80, 179-186, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.05.073>.
- Meyers, K. S., R. F. Speyer, 2003. *Thermal analysis of clays*. In: Brown ME, Gallacher PK, editors. *Handbook of Thermal analysis and Calorimetry*. 2. Applications to inorganic and miscellaneous materials. Amsterdam: Elsevier, pp 268-289.
- Moropoulou, A., A. Bakolas, K. Bisbikou, 1995. Characterization of ancient, byzantine and later historic mortars by thermal and X-ray diffraction techniques. *Thermochimica Acta*, 2570, 743-753. [https://doi.org/10.1016/0040-6031\(95\)02571-5](https://doi.org/10.1016/0040-6031(95)02571-5)

- Muller, F., V. Drits, A. Plançon, J-L. Robert, 2000. Structural Transformation of 2:1 Dioctahedral Layer Silicates during Dehydroxylation-Rehydroxylation Reactions. *Clays Clay Miner*, 48, 572–585. <https://doi.org/10.1346/CCMN.2000.0480510>
- Palanivel, R., U. Rajesh Kumar, 2011. Thermal and spectroscopic analysis of ancient potteries. *Romanian Journal of Physics*, 56 (1-2), 195-208. ISSN 1221-146X.
- PDF (Powder Diffraction File), 2001. ICDD, Newtown Square, PA
- Pei, Z, M. Lin, Y. Liu, S. Lei, 2018. Dissolution Behaviors of Trace Muscovite during Pressure Leaching of Hydrothermal Vein Quartz Using H₂SO₄ and NH₄Cl as Leaching Agents. *Minerals*. <https://doi.org/10.3390/min8020060>
- Ponomar, V. P., 2018. Thermomagnetic properties of the goethite transformation during high-temperature treatment. *Minerals Engineering*, 127, 143-152. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2018.08.016>.
- Rao, H., Y. Yang, X. Hu, J. Yu, H. Jiang, 2017. Identification of an Ancient Birch Bark Quiver from a Tang Dynasty (A.D. 618–907) Tomb in Xinjiang, Northwest China. *Econ Bot*, 71, 32-44. <https://doi.org/10.1007/s12231-017-9369-z>
- Ravisankar, R., S. Kiruba, P. Eswaran, G. Senthilkumar, A. Chandrasekaran, 2010. Mineralogical Characterization Studies of Ancient Potteries of Tamilnadu, India by FT-IR Spectroscopic Technique. *Journal of Chemistry*, 7, 643218, <https://doi.org/10.1155/2010/643218>
- Silva, A., H. R. Wenk, P. J. M. Monteiro, 2005. Comparative investigation of mortars from Roman Colosseum and cistern. *Thermochimica Acta*, 438 (1-2), 35-40. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2005.03.003>
- Stanienda, K.J., 2016. Carbonate phases rich in magnesium in the Triassic limestones of the eastern part of the Germanic Basin. *Carbonates Evaporites*, 31, 387-405, <https://doi.org/10.1007/s13146-016-0297-2>
- Singha, M., L. Singh, 2016. Vibrational spectroscopic study of muscovite and biotite layered phyllosilicates. *Indian Journal of Pure & Applied Physics*, 54, 116-122.
- Theophanides, T. (Ed.), 2012. *Infrared Spectroscopy - Materials Science, Engineering and Technology*. London, United Kingdom, IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/2055>
- Theodosoglou, E., A. Koroneos, T. Soldatos, T. Zorba, K. M. Paraskevopoulos, 2010. *Bulletin of the Geological Society of Greece, Proceedings of the 12th International Congress Patras, May, 2010. XLIII*, No 5, 2752 – 2761.
- Trindade, M. J., M. I. Dias, J. Coroado, F. Rocha, 2009. Mineralogical transformations of calcareous rich clays with firing: A comparative study between calcite and dolomite rich clays from Algarve, Portugal. *Applied Clay Science*, 42 (3-4), 345-355. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2008.02.008>.
- Velosa, A. L., J. Coroado, M. R. Veiga, F. Rocha, 2007. Characterisation of roman mortars from Conímbriga with respect to their repair. *Mater Charact.*, 58 (11-12), 1208-1216. <https://doi.org/10.1016/j.matchar.2007.06.017>
- Yan, B., S. Liu, M. L. Chastain, Sh. Yang, J. Chen, 2021. A new FTIR method for estimating the firing temperature of ceramic bronze-casting moulds from early China. *Sci Rep.*, 11, 3316. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82806-z>

ISSN 2367-6302