

Геол. ан. Балк. пол. Ann. Géol. Penins. Balk.	60	1	137-146	Београд, децембар 1996 Belgrade, Decembre 1996
--	----	---	---------	---

УДК 551.79:561.9(24)(497.11-15)

Оригинални научни рад

## КВАРТАРНИ СЕДИМЕНТИ ПЕТНИЧКЕ ПЕЋИНЕ (ЗАПАДНА СРБИЈА)

од

Николе Костића\* и Веспе Димитријевић\*\*

Током палеонтолошких ископавања у Петничкој пећини 1992. и 1994. године откривени су остаци плеистоценских сисара, узети узорци за минералошке анализе и извршена корелација слојева у различитим деловима пећине. Утврђено је да су фосилни остаци неравномерно заступљени и различито очувани на различитим местима у пећини.

На основу резултата минералошких анализа, палеонтолошких података и корелације профила, утврђена је сукцесија слојева и карактер средине у којој су се таложили квартарни седименти. Најстарији слојеви таложили су се у малим пећинским језерима. У следећој, сувој фази, пећину су насељавале животиње, између осталих и слепи мишеви, који су на одређеним местима акумулирали гуано. У слојевима који су лежали испод наслага гуана, фосилне кости су разлагане под утицајем киселих раствора, и стваран је минерал таранакит.

**Кључне речи:** квартар, пећински седименти, распадање фосилних костију, таранакит.

### УВОД

Петничка пећина се налази у атару села Петница, око 5 km југоисточно од Ваљева. Једна је од првих пећина у Србији која изазива пажњу истраживача. Морфологија и генеза пећине детаљно су истражени, а 1988. године уређена је за туристичке посете (Јовановић, 1951; Лазаревић, 1988).

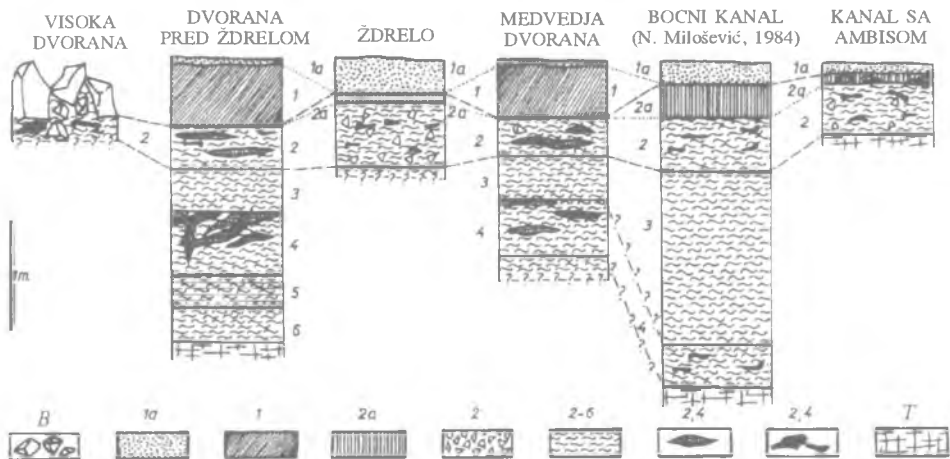
На постојање фосилне фауне у Петничкој пећини први указује Јосиф Панчић (1857). Крајем XIX и почетком XX века врше се и прва ископавања (Јовановић Ђ., 1892; Цвијић, 1912). Ископане површине касније су затрпане, а откривени фосили садржај није сачуван, колико је то познато ауторима овог рада.

Обимнија ископавања и прикупљање палеонтолошког материјала вршено је 1969.–1970. године (Милошевић, 1984), у бочном каналу "Медвеђе дворане". Профил "археолошке сонде" из ових ископавања још увек је приступачан.

У току 1992. и 1994. године вршена су палеонтолошка ископавања у различитим деловима Петничке пећине који су ирекривени квартарним наслагама (сл. 1), што је омогућило снимање профила, узимање узорака за минералошку анализу и корелацију седиментних творевина Петничке пећине (Димитријевић, 1994). Број-

\* Пољопривредни факултет, Немањина б. Земуи.

\*\* Институт за регионалну геологију и палеонтологију Рударско–геолошког факултета, Универзитета у Београду, Каменичка б. Београд.



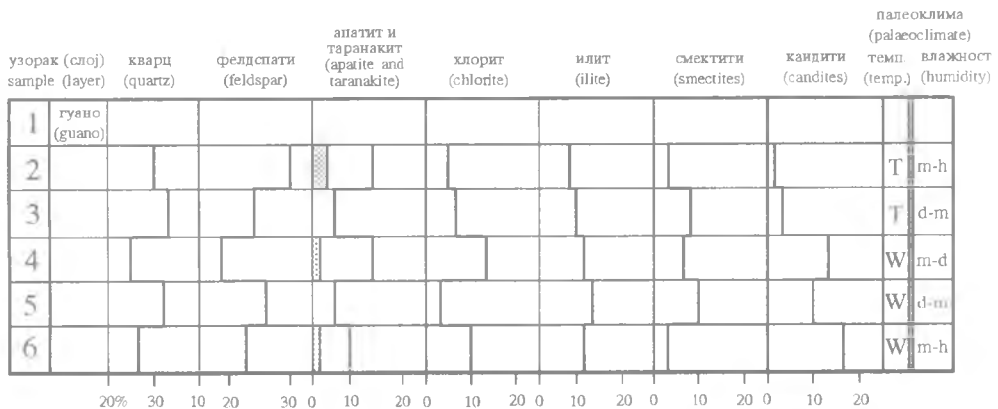
Сл.1. План дела Петничке пећине покривеног квартарним наслагама (према Lazarević, 1988), са означеним површинама ископавања и одговарајућим профилима. Легенда: Б. блокови; 1а. површински слој; 1. гуано; 2а. сита; 2. одломци сите и дробина; 2-6. глина; 2, 4. фосилни остаци сисара; Т. тријаски кречњаци.

Fig. 1. Ground-plain of the part of Petnička pećina in which Quaternary sediments are deposited (after Lazarević, 1988), with excavated areas marked and related profiles. legend: B. limestone blocks; 1a. surface layer; 1. guano; 2a. travertine; 2. limestone and travertine rubble; 2-6. clay; 2, 4. fossil bones; T. Triassic limestone.

ни остаци пленстоценских сисара откривени су у "Високој дворани" и "Ждрелу", док су фосилне кости у "Дворани пред ждрелима" и "Медвеђој дворани" биле ретке и слабо очуване.

### МЕТОДА И РЕЗУЛТАТИ МИНЕРАЛОШКИХ ИСТРАЖИВАЊА

Минералозна истраживања глина извршена су по методи Лабораторије за минералогiju земљишта Пољопривредног факултета у Земуну. Извршено је снимање укупног узорка као и касније издвојене фракције (<0.002 mm) глине. Издвајање минерала глина вршено је без претходног третмана, како се не би пореметила осетљива структура појединачних минерала. Добијени узорци снимљени су на PHILIPS–овом рентгенском дифрактометру у CuK $\alpha$ , U=28kV, I=38mA, при SE=16, TC=4 и Ss=1°2 $\theta$ /min. Сваки узорак је сниман као ваздушно сув, засићен етил–гликолом и жарен на 450°C. Упоредивањем тако добијених дифрактограма извршено је квалитативно одређивање минералних врста. Семи–квантитативна анализа садржаја минералне смеше извршена је применом адијабатске методе CHUNG–а (Chung, 1974), уз коришћење синтетичког бемита као унутрашњег стандарда.



Сл.2. Дијаграм дистрибуције минерала у профилу у "Дворани пред ждрелима" – апатит; Та – таранакит; Температура: Т – умерена, W – топла; Влажност: d – суви периоди, m – влажни, h – хумидни (стално влажни).

Fig. 2. Mineral distribution in the sediment sequence in "Dvorana pred ždrelima" – apatite; Та – taranakite; Temperature: T – temperate, W – warm; Precipitation: d – dry, m – moist, h – humid.

Минералозки састав испитиваних узорака одређен је помоћу поларизационог микроскопа и рентген–дифракционом анализом. Добијени резултати, приказани у табели 1 и на сл. 2 показују сложен састав испитиваних узорака. Кварц и фелдспати су најзаступљенији минерали у свим узорцима. Они су праћени променљивим количинама минерала глина, хлорита, натролита и калцита. Интересантно је и присуство два фосфатна минерала: апатита и таранакита. Присуство апатита у пећинским глинама свакако је последица ломљења и распадања фосилних костију под дејством киселих раствора (pH 3.0–3.4) из гуана, који прекрива профил у "Дворани пред ждрелима" и "Медвеђој дворани". Растварањем апатита настао је компактни хидратисани калијски алумо–фосфат – таранакит. Таранакит је познат као минерал из многих пећина, а први пут је описан на Новом Зеланду, као пећински минерал.

Анализом дистрибуције минерала глина у испитиваним профилима запажају се варијације у њиховом садржају. Ранија истраживања (Thorez, 1985, 1989; Pedro et al., 1969; Pedro, 1984) показала су да су секвенце распадања и стварања минерала глина у уској вези са геоморфолошким, петрографским и минералошким карактеристикама терена, али су и под великим утицајем климатских фактора, који доводе до стварања појединих карактеристичних врста минерала глина у току површинског распадања стена.

Табела 1. Резултати семи-квантитативне рентген-дифракционе анализе узорака глине из Петничке пећине.

Table 1. Results of semi-quantitative X-ray diffraction analyses of samples taken from two profiles in Petnička pećina.

профил (profile)	"Дворана пред ждрелима" ("Dvorana pred ždrelima")					"Медвеђа дворана" ("Medvedja dvorana")			
	2	3	4	5	6	2	3	4	5
кварц (quartz)	29	32	24	30	26	40	27	20	25
фелдспат (feldspar)	30	23	16	27	22	22	17	22	20
калцит (calcite)	3	5	2	1	/	1	2	3	2
апатит (apatite)	3	tr	2	tr	2	2	tr	/	/
таранакит (taranakite)	11	5	13	6	8	8	tr	/	/
натролит (natrolite)	8	10	/	/	/	8	6	/	/
хлорит (chlorite)	5	6	14	4	10	3	12	8	13
илит (illite)	7	9	11	12	11	9	10	15	10
смектит (smectites)	4	8	6	10	5	4	16	21	15
кандити (candites)	tr	2	13	10	16	3	10	11	12
pH*	3.4	3.3	3.0	3.4	3.3				

\* pH за слој 1 (гуано) 3.28 (\*pH for layer 1 - guano 3.28)

tr- трагови (traces)

Присуство већих количина каолинита у доњем делу профила (узорци 4, 5 и 6) индицира топлију и влажнију климу од данашње, док варијације у садржају смектита указују на смену сувих и влажних периода у току године, иако је у узорцима 3 и 5. Присуство већих количина таранакита такође је индикативно за суве услове у самој пећини, када се изнад профила нагомилавао у мањој или већој мери гуано.

Интересантно је поменути да је део пећине, у току ранијег периода био покривен пећинским језером у коме су се таложиле "тракасте глине". То је изражено у слоју 5, где се лако запажају танке траке, милиметарских величина, у наизменичном смењивању глине са прашинастом фракцијом богатом кварцом и фелдспатом. Фракција глине у овом случају је углавном састављена од халојзита или деградираниог (слабо искристалисаног) каолинита, који су вероватно настали неоформацијом из раствора обогаћених алуминијум и силицијум-хидроксидима. Наизменично смењивање прашинасте и глиновите фракције сугерише таложене крупнијег материјала убрзо по доношењу у језеро док се глине таложу касније из раствора обогаћених хидроксидима Al и Si. Отицањем воде из језера настаје сува фаза (слој 4) са појавом таранакита у седиментима. На прелазу из слоја 4 у слој 3 долази и до промене састава глине где се садржај кандита смањује индицирајући промену климе из топлије и влажне у хладнију и сувљу.

Слој 2 који лежи непосредно испод гуана показује поновно повећање влажности спољашње климе, али и суву фазу унутар пећине, када се поново таложу гуано и ствара минерал таранакит од апатита из фосилних костију.

## РЕДОСЛЕД СТВАРАЊА И ПАЛЕОКЛИМАТОЛОШКЕ ОДЛИКЕ КВАРТАРНИХ НАСЛАГА ПЕТНИЧКЕ ПЕЋИНЕ

На откривеним профилима седиментних творевина у Петничкој пећини ("Висока дворана", "Дворана пред ждрелима", "Ждрело", "Медвеђа дворана", бочни канал "Медвеђе дворане" и "Канал с амбисом") (сл. 1), издвојено је 6 различитих слојева. Најстарији слој, слој 6, који лежи директно преко тријаских кречњака у којима је пећина формирана, констатован у "Дворани пред ждрелима", представљен је смеђом, компактном глином са шкољкастим преломом, највероватније таложеном у пећинском језеру.

Постојање пећинских језера, извесио је током формирања "тракастих глина" (слој 5) у "Дворани пред ждрелима" и "Медвеђој дворани".

После отицања пећинских језера у "Дворани пред ждрелима" и "Медвеђој дворани" талози се смеђа глина (слој 4), у којој су констатоване веће количине минерала апатита и таранакита, насталих распадањем фосилних костију под утицајем киселих раствора. У повлати слоја 4 у "Дворани пред ждрелима" и "Медвеђој дворани" налазио се, према томе, слој гуана, из кога су се процеђивали ови кисели раствори, а који је касније одпешен. Са слојем 4 у овим деловима пећине највероватније се може корелисати слој тамно-сиве глине у бочном каналу "Медвеђе дворане", у коме су пронађени ретки остаци животињских костију (Milošević, 1984). Изнад слоја 4 талози се хомогена сива глина (слој 3).

У повлати слоја 3 налази се главни фосилоносни слој, слој 2. Фосилни остаци кичмењака у овом слоју откривени су на свим приказаним профилима, с тим што су у "Дворани пред ждрелима" и "Медвеђој дворани" веома ретки и готово потпуно распаднути, односно трансформисани у пећински минерал таранакит, док су у "Високој дворани", "Ждрелу", бочном каналу "Медвеђе дворане" и "Каналу с амбисом", односно у свим просторима пећине у којима није дошло до формирања наслага гуана, бројни и добро очувани. У "Ждрелу", бочном каналу "Медвеђе дворане" и "Каналу с амбисом" излучује се у повлати другог слоја сиваста кора. Овом хоризонту вероватно одговара сталактит, датовап методом C-14 на 40.000 година (узорак З-1859, према писму М. Малеза Музеју у Аранђеловцу 1987. године). Изнад слоја 2 налази се површински слој неједнаке дебљине (1а), док се у "Дворани пред ждрелима" и "Медвеђој дворани" налази нагомилава гуано. У "Високој дворани", крајем или после таложена слоја 2 долази до обрушавања великих каменних блокова.

Промене у дистрибуцији минерала глина (сл. 2) указују на промену палеоклиматолошких прилика на граници слоја 4 и слоја 3: у време таложена слојева 6, 5 и 4 клима је топла, док се од слоја 3 мења у умерену. Палеоклиматолошке промене се такође одражавају у промени влажности.

На основу фосилних остатака, морфолошких карактеристика пећинског медведа, пре свега, одређена је старост слоја 2 као горњи плеистоцен (Димитријевић, 1994). За палеоклиматолошке карактеристике од већег значаја је присуство фауне ситних сисара, у "Високој дворани", која указује на умерену климу, као и на постојање шумске вегетације у околини Петничке пећине.

Слој 1 је холоценске старости, што потврђују налази неколико фрагмената керамике у "Дворани пред ждрелима" у овом слоју.

### ЗАКЉУЧАК

Рендген-дифракционом и минералолошким анализама узорака из профила у "Дворани пред ждрелима" и "Медвеђој дворани" утврђена је промена укупног

минералиог састава, нарочито садржаја фракције глина, која указује на климатске промене у пећини, односно на површини терепа.

У почетном периоду седиментације овај део пећине био је потоиљен мањим језером, у коме су се таложиле тракасте глине. Оне указују на сезонске промене климе, тј. изразито суве и изразито влажне интервале. Изнад њих се налазе седименти формирану у сувој фази, када су пећину насељавале животиње, између осталих и колоније слепих мишева, који су стварали наслагe киселог гуана. Циркулација водених раствора кроз гуано у подшиске седименте проузроковала је разлагање апатита из фосилиних костију и стварање минерала таранакита.

Геол. ан. Балк. пол. Ann. Géol. Penins. Balk.	60	1	137-146	Београд, децембар 1996 Belgrade, Decembre 1996
--	----	---	---------	---

UDC 551.79:561.9(24)(497.11-15)

Original scientific paper

## QUATERNARY SEDIMENTS OF THE CAVE PETNIČKA PEĆINA (WESTERN SERBIA)

by

Nikola Kostić<sup>\*</sup> and Vesna Dimitrijević<sup>\*\*</sup>

Paleontological excavations were performed in Petnička pećina in 1992 and 1994, which made possible taking samples for mineralogical analyses and correlation of layers in various parts of the cave. Pleistocene mammals remains were found, which were unevenly distributed and differently preserved in different places in the cave.

Based on mineralogical analyses results, palaeontological data and profile correlation, layers succession is established and paleoclimatological properties of the Quaternary sediments recognised. It is found that in the beginning of the sedimentation, small lakes existed in the cave, where laminated clays deposited. After their deposition, a dry phase succeeded, when animals inhabited the cave, including bats which are responsible for guano accumulation. In the layers laying under guano fossil bones were decomposed and the mineral taranakite has been formed.

**Key words:** Quaternary, cave sediments, fossil bones disintegration, taranakite.

### INTRODUCTION

Petnička pećina is situated in the district of the village Petnica, approximately 5 km southeast of Valjevo. It is one of the first caves in Serbia to attract attention of researchers. It has been speleologically studied in details, and arranged for touristic purpose (Jovanović, 1951; Lazarević, 1988).

Quaternary deposits are covering dry parts of the cave – chambers "Visoka dvorana" (High Chamber), "Dvorana pred ždrelima" (Chamber in front of the Gorge), "Medvedja dvorana" (Bear Chamber), and narrow passages and channels like "Ždrelo" (Gorge) connecting "Dvorana pred ždrelima" and "Medvedja dvorana", or "Kanal s ambisom" (Channel with Abyss) extending out of "Medvedja dvorana" (Fig.1).

The presence of fossil fauna in Petnička pećina was noted already in the middle of XIX century by Josif Pančić (1857). Toward the end of XIX and beginning of XX century, first small scale excavations were undertaken (Jovanović, 1892; Cvijić, 1912). The excavation areas were filled in later, and fossil bones were not saved up to the present.

<sup>\*</sup> Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, Zemun.

<sup>\*\*</sup> University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Institute of Regional Geology and Paleontology, Kamenička 6, Belgrade.

More extensive excavations and collecting of palaeontological material was carried out in 1969–1970 (Milošević, 1984), in the lateral channel of "Medvedja dvorana", where the profile of sediments is still accessible.

Further palaeontological excavations were performed in 1992 and 1994 (Dimitrijević, 1994), which made possible correlation of layers in various parts of the cave, and taking samples for mineralogical analyses. Pleistocene mammals remains were found, numerous and well preserved in "Visoka dvorana" and "Ždrelo", but rare and decayed in "Dvorana pred ždrelima" and "Medvedja dvorana".

## METHODS AND RESULTS OF MINERALOGICAL ANALYSES

Mineralogical analyses of clay component have been carried out according to the methodology of Laboratory for Soil Mineralogy of the Faculty of Agriculture, Zemun. The bulk samples were analyzed, as well as separated clay fraction (<0.002 mm). Clay components are separated without previous treatment, aiming not to disturb sensitive structure of particular minerals present. Prepared samples are analyzed on the PHILIPS rentgen diffractometer in  $\text{CuK}\alpha$ ,  $U=28\text{kV}$ ,  $I=38\text{mA}$ , at  $SE=16$ ,  $TC=4$  and  $Ss=1^\circ 2\theta/\text{min.}$ , as air dried, saturated with etilen-glycol and heated at  $450^\circ\text{C}$ . Diffractograms obtained in such way are compared for the qualitative identification of mineral species. Semi-quantitative analysis of the mineral components mixture is performed by Chung's adiabatic method (Chung, 1974) with synthetic boemite as internal standard.

Mineral composition of the analyzed samples is identified by polarization microscope and rentgen-diffraction analysis. Results obtained are shown in table 1 and fig. 2. The sample composition is complex. Quartz and feldspars are the most frequent minerals in all the samples, while the quantity of clay minerals, chlorite, natrolite and calcite is variable. It is interesting to notify the presence of two phosphate minerals, apatite and taranakite. The presence of apatite in cave clays is certainly due to fossil bones breakage and decomposition. The apatite transformation under the influence of acid solutions (pH 3.0–3.4) from guano, covering clayey sediments in "Dvorana pred ždrelima" and "Medvedja dvorana", led to the formation of compact hydrated potassium aluminophosphate – taranakite. Taranakite is the mineral known from many caves, first described as cave mineral in New Zealand.

The analysis of the clay minerals distribution showed variations in their composition. It is known that clay minerals decomposition and formation sequences are closely related to geomorphological, petrographic and mineralogical features of the surrounding terrain, while they are under the influence of climatic factors too, which are responsible for the formation of clay mineral characteristic species in the course of the surface decomposition (Thorez, 1985, 1989; Pedro et al., 1969; Pedro, 1984).

The presence of larger quantities of kaolinite in lower parts of the profiles (layers 4, 5 and 6) indicate warmer and more humid climate than today's, while the variations in smectites component indicate dry and moist seasonal changes, especially in the layers 3 and 5. The presence of larger quantities of taranakite is also indicative for dry periods in the cave itself, when above the profile guano was accumulated.

During the formation of the layer 5, in a part of the cave a lake was present, where laminated clays were deposited. Laminas are several mm thick. The clay and silt fractions



enriched with quartz and feldspar are interchanged. The clay fraction is in this case mostly composed of halloysite or degraded kaolinite, which are formed probably by neof ormation from the solutions enriched in alu mo- and silico-hydroxides. After the lake drained out, a dry phase succeeded, with a formation of taranakite in sediments. In a transition from the layer 4 into the layer 3, there is a change in a clay minerals composition. The kandite component is decreasing, indicating climatic shift from warmer and humid into the cooler and drier period.

The layer 2 laying directly under guano is showing increasing of humidity outside the cave again, while the dry phase inside the cave continued, with the accumulation of guano and transformation of the apatite from the fossil bones into the mineral taranakite.

### LAYERS SUCCESSION AND PALEOCLIMATOLOGICAL PROPERTIES OF THE QUATERNARY SEDIMENTS IN PETNIČKA PEĆINA

On the profiles in various parts of Petnička pećina covered with Quaternary sediments ("Visoka dvorana", "Dvorana pred ždrelima", "Ždrelo", "Medvedja dvorana", lateral channel of "Medvedja dvorana" and "Kanal s ambisom") (Fig. 1), six different layers are distinguished. The lowermost layer 6 is laying directly above Triassic limestones in which the cave is formed. It is a brown compact clay with conchoidal form of fracture, revealed in "Dvorana pred ždrelima" and most probably deposited in a small cave lake.

Small cave lakes existed still during the deposition of laminated clays of layer 5 in cave chambers "Dvorana pred ždrelima" and "Medvedja dvorana".

After the lakes drained out from these parts of the cave, a brown clay of layer 4 is deposited, in which larger quantities of minerals apatite and taranakite are found, developed by the decomposition of the fossil bones under the influence of the acid solutions. Accordingly, this layer was covered with guano producing these acid solutions, and eroded afterwards. It is probably correlative to the layer of dark gray clay in the lateral channel of "Medvedja dvorana", where rare fossil bones were found (Mi lošević, 1984), while they were totally destroyed in central parts of the chambers "Medvedja dvorana" and "Dvorana pred ždrelima", since not a single bone was found here during the excavations.

Above the layer 4 a homogeneous gray clay of layer 3 is deposited.

The main fossiliferous layer is layer 2. Vertebrate remains in this layer are found in all presented profiles, although their preservation is very different in various parts of the cave. In "Dvorana pred ždrelima" and "Medvedja dvorana" they are very rare and almost totally decomposed, i.e. transformed in cave mineral taranakite, while in "Visoka dvorana", "Ždrelo", lateral channel of "Medvedja dvorana" and in "Kanal s ambisom", that is in parts of the cave where guano cover is lacking, they are numerous and well preserved. In "Ždrelo" and lateral channel of "Medvedja dvorana" a travertine layer is formed above the layer 2, while in "Kanal s ambisom" broken stalactites are found in the upper part of the layer. It is probable that a radiometric age of 40.000 years, obtained from a stalactite (the sample has been taken in 1984. by late M. Malez, as were the samples from several caves in Serbia, and results reported in a Malez's letter to Museum in Arandjelovac in 1987) could be related to this horizon.

Toward the end of the layer's 2 deposition, the falling of large stone blocks occurred in "Visoka dvorana".

The changes in the distribution of clay minerals (fig. 2) show climatic conditions shift which happened between layers 3 and 4: during the deposition of layers 6, 5 and 4, the climate is warm, while it is changing from the layer 3 upward to temperate. Paleoclimatological changes are reflected in changing humidity too.

The age of the layer 2 is Upper Pleistocene, according to the fossil remains found, cave bear at the first place (Dimitrijević, 1994), while small mammals remains discovered in "Visoka dvorana", are more important for defining the paleoclimatological conditions, as they are related to temperate conditions and wood vegetation developed in surroundings of Petnička pećina.

The uppermost layer is of Holocene age, which is confirmed by several ceramics fragments found in "Dvorana pred ždrelima" in this layer.

### CONCLUSION

The analysis of the clay minerals distribution showed variations in their composition, indicating climatic changes.

In the beginning of the sedimentation, small lakes existed in the cave, where laminated clays were deposited. The formation of laminated clays indicate seasonal changes, i.e. changes of dry and moist intervals. After their deposition a dry phase succeeded, when animals inhabited the cave, including bats which are responsible for guano accumulation. In the layers laying under guano fossil bones were decomposed and the mineral taranakite is formed.

*Translated by authors*

### ЛИТЕРАТУРА – REFERENCES

- Chung F. H., 1974: Quantitative interpretation of x-ray diffraction patterns of mixtures.- J. appl. Cristalography, 7, 519-531.
- Цвијић Ј. (=Cvijić), 1912: Петничка Пећина.- Гласник Српског географског друштва, св.1, Београд.
- Димитријевић В. (=Dimitrijević), 1994: Палеонтолошка истраживања Петничке пећине (ископавања 1992.године).- Зборник радова Одбора за крас и спелеологију САНУ, V, 99-107, Београд.
- Frye K. (ed.), 1981: Encyclopedia of Mineralogy, Encyclopedia of Earth Sciences.- Vol. IV B, Hutchinson Ross Publ. Co., Pensilvania, USA.
- Јовановић Б. (=Jovanović), 1951: Петничка пећина (Прилог геоморфологији краса Западне Србије).- Зборник радова Географског института САН, VIII, 1,105-132, Београд.
- Јовановић Ђ. (=Jovanović Dj.), 1892: Петничка пећина и преисторијско селиште из неолитског доба.- Старинар IX, св.2: 41-45, Београд.
- Лазаревић Р., 1988: Петничка пећина.- Туристички савез општине Ваљево, 72 стр., Ваљево.
- Milošević N., 1984: Paleolitske stanice u Petničkoj i Visokoj pećini kod Valjeva i njihov arheološko-antropološki značaj - IX jugoslavenski speleološki kongres, Karlovac 17.-20. okt. 1984., Zbornik predavanja, 647-656, Zagreb.
- Панчић Ј. (=Pančić), 1857: Извештај са екскурзије са лицејима по Србији.- Музеј српске земље, Београд.
- Pedro G., 1984: La genese des argiles pedologiques.- Sci. Geol. Strasbourg, 37/4, 333-347, Strasbourg.
- Pedro G., Jamagne M. and Rejon J. C., 1969: Mineral Interactions and Transformation in Relation to Pedogenesis during the Quaternary - Soil Sci., 107, 462-469.
- Thorez J., 1985: Argillogenesis and the Hydrolysis Index - Min. Petrogr. Acta, 29-A, 313-338.
- Thorez J., 1989: Clay Geology - Liege State University, 214 p., Liege.