



Сравнителна седиментоложка характеристика на младите седименти (плиоцен – холоцен), засегнати от Чирпанския разлом

Марлена Янева

Геологически институт при БАН, 1113 София; E-mail: marlena@geology.bas.bg

M. Yaneva. 2006. *Comparative sedimentologic characteristics of young sediments (Pliocene – Holocene) disturbed by Chirpan Fault.* – *Rev. Bulg. Geol. Soc.*, 67, 1–3, 41–49.

Abstract. Detailed sedimentological study of young sediments from footwall and hanging wall of the Chirpan fault near the village of Cherna Gora provided information about petrographic composition of the deposits, including the grain-size, mineralogical composition of clay minerals and light and heavy sandy fraction, their geochemical features and the depositional environment. Sediments from the foot wall are represented by poorly sorted coarse-grained river bed deposits referred to Ahmatovo Formation. Alluvial fan and flood plane deposits represented by silty clays and clayey silty sands built the hanging wall. Quartz, feldspar and muscovite are the main minerals in sandy fraction. Clay minerals are smectite, kaolinite and illite. Crustification type calcite presents in the upper part of the section. Pedogenic processes altered much more deposits from the hanging wall than those from the footwall. Mineralogical and grain-size composition, and the presence of unstable minerals are evidence for a short distance transport and similar source area for deposits from both walls. Ratios between clay minerals are in good relation with the climate conditions during the Boreal, Atlantic, Subboreal and Subatlantic climatic phases.

Key words: sedimentology, mineralogical analysis, Neogene, Holocene, Chirpan Fault.

Въведение

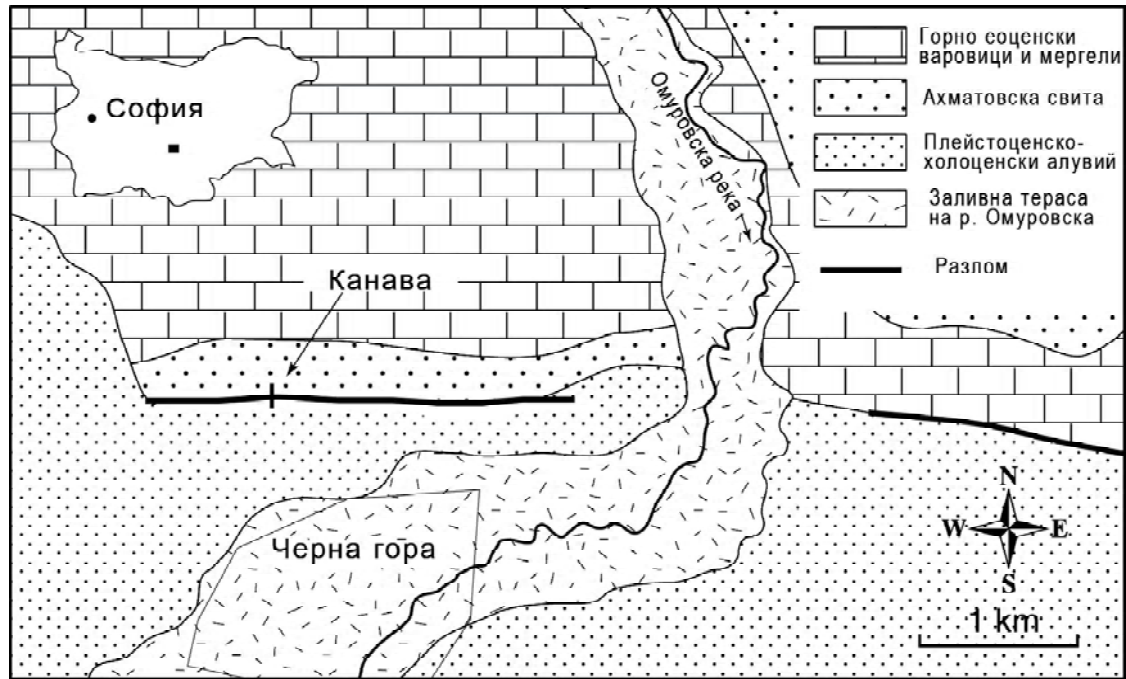
През 2002 г. бе изкопана първата палеосейсмоложка канава в България в района на с. Черна гора край гр. Чирпан за да се съберат данни относно холоценската активност на Чирпанския разлом (Radulov et al., 2003, 2004; Vanneste et al., 2004a, 2004b). Канавата е разположена на 1 km северно от с. Черна гора, дълга е 54 m, широка 4 m и дълбока 4 m. На стените на канавата се разкрива тясна разломна зона, разделяща различни по възраст и произход седименти – алувиални, сравнително груби седименти от Ахматовската свита (Коюмджиева, Драгоманов, 1979 – плио-плейстоцен) в лежащото крило и холоценски по-фини отложения от заливна тераса във висящото крило (фиг. 1). В настоящата публикация се предлагат данните от седиментоложките изследвания на тези отложения.

Материал и методика

Изследвани са образци, събрани от западната стена на канавата. Това са образци от 21^я метър на лежащото крило, отнесени към Ахматовската

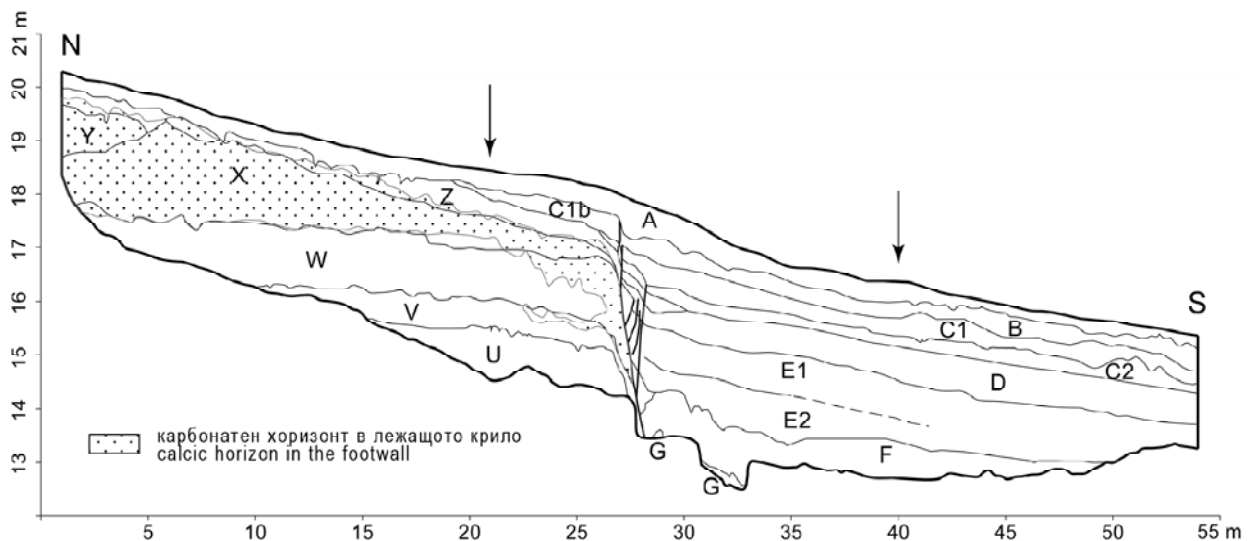
свита и образци от висящото крило, разположени на 40^я метър, както и такива, близо до разломната зона. Опробвани са всички литоложки и педоложки разновидности. Материалите са подложени на стандартни седиментоложки методи на изследване – гранулометричен анализ, минераложки анализ в имерсионна течност, рентгеноструктурен и диференциално термичен анализ за уточняване на минералния състав и съотношенията между основните глинести минерали и рентгеново-флуоресцентен анализ за изясняване на оксидния състав. Данните от гранулометричния анализ са подложени на статистическа обработка (изчертаване на кумулативна крива, хистограми и пр.). Педоложките изследвания включват изчисляване на цветовете индекси (рубификация и меланизация), като индикатори за степента на развитие на почвения профил (Harden, 1982; Birkeland, 1999).

Отложенията от лежащото и от висящото крило са поделени на единици отгоре-надолу в разреза въз основа на техните седиментоложки и педоложки особености. Единиците са обозначени с главни букви от латинската азбука (Radulov et al., 2003; Vanneste et al., 2004) от най-младата към най-старата (фиг. 2).



Фиг. 1. Геоложка карта на района около канавата Черна гора

Fig. 1. Geological map of the area around the trenchsite Cherna Gora



Фиг. 2. Зарисовка на източната стена на канавата (по Vanneste et al., in press, с изменения). Стрелките показват местоположението на профилите на опробване.

Fig. 2. Log of the eastern trench wall (after Vanneste et al., in press, altered). Arrows at sampling profiles.

Резултати и дискусия

Характеристика на седиментите от лежащото крило

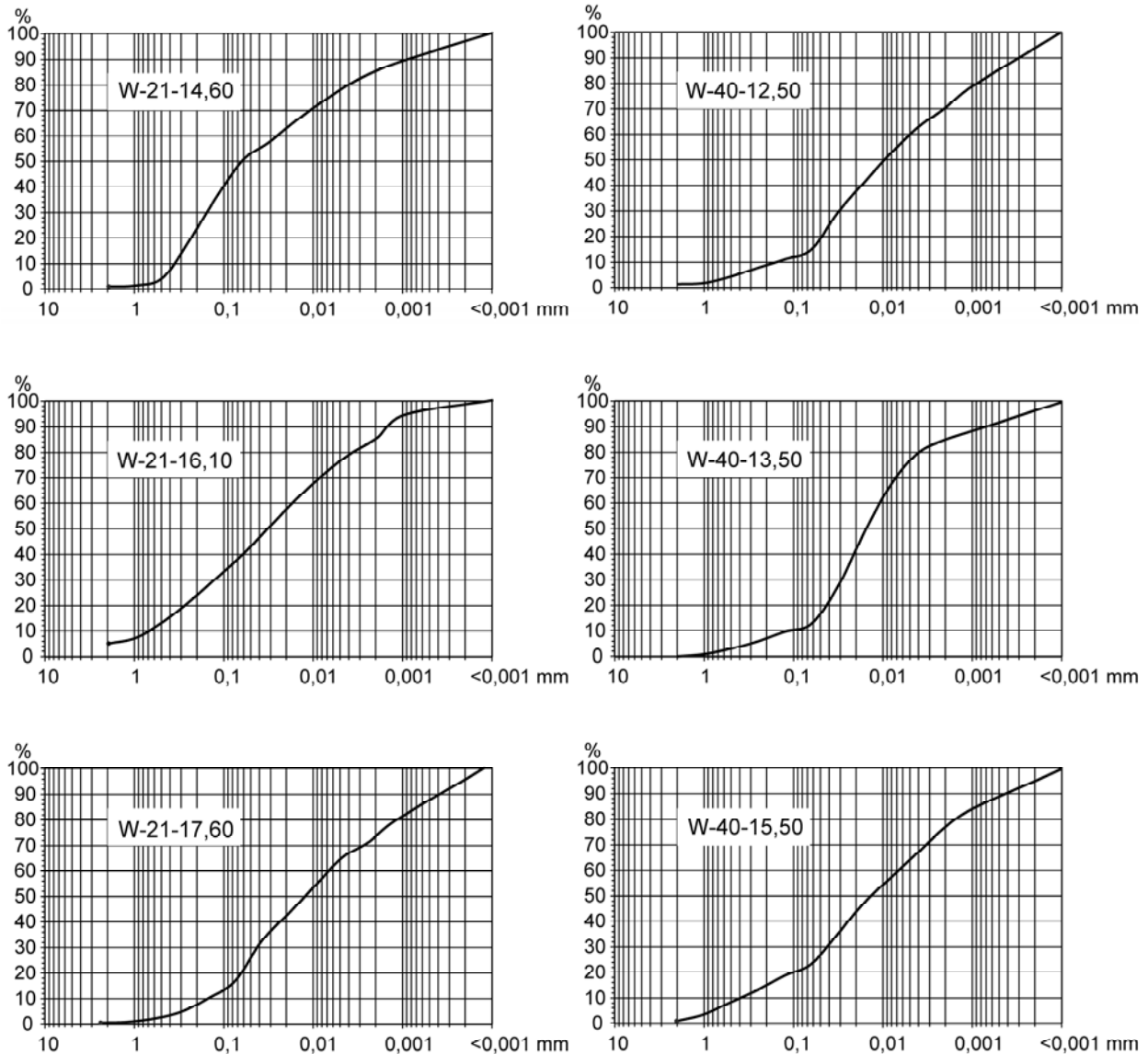
Представени са от редуване на неиздържани субхоризонтални лещовидни прослойки от пясъци, глинесто-алевритови пясъци и пясъчливи алеврити и гравийни и чакълести лещи. Дебели-

ната на отделните прослойки варира от 10–12 cm до 50 cm. В хоризонтална посока се следят до 10 m дължина.

Формата на гравийните и чакълните зърна е полузаоблена към заоблена, размерите им варират в границите на гравий — дребен чакъл (максимум до 25 mm). Псамитните зърна са с полузаоблени форми и размери, попадащи предимно в границите на фин до среден псамит (0,063—

0,50 mm). Поради значителното участие на зърна с алевритни размери, средният размер на зърната е изместен към едър алеврит — фин псамит, в рамките на 4—6 φ (0,016—0,125 mm). Коефициентът на сортировка σ_1 е 3,5—3,8, което отнася тези седименти към много лошо сортираните, при почти симетрично разпределение на гранулометричните съвкупности (Folk, Ward, 1957). Кумулативните криви (фиг. 3.) са почти изправени, с отворени крила, което е характерно за алувиални отложения. Хистограмите на гранулометричните разпределения показват би- и полимодален характер (фиг. 4.), което би могло да бъде свидетелство за различни източници на кластичен материал.

Минералният състав на тези седименти е доста пъстър — в кластичната част по-едрите късчета с гравийни и чакълести размери са от скали, разкриващи се в зоната на дренажния басейн, следват кварцовите зърна, фелдшпатите (като плагиоклазите слабо преобладават над калиевите фелдшпати) и мусковитовите люспи; матриксът е от глинести минерали с преобладаващо участие на смектита, последван от каолинит и илит (табл. 1). Присъстват железни оксиди и хидрооксиди и калцит, който обаче е характерен само за хоризонтите, разположени близо до повърхността. Калцитът образува ядки и конкреции с различни размери и ризолити. Поведението му при ДТА е аномално и показва типич-



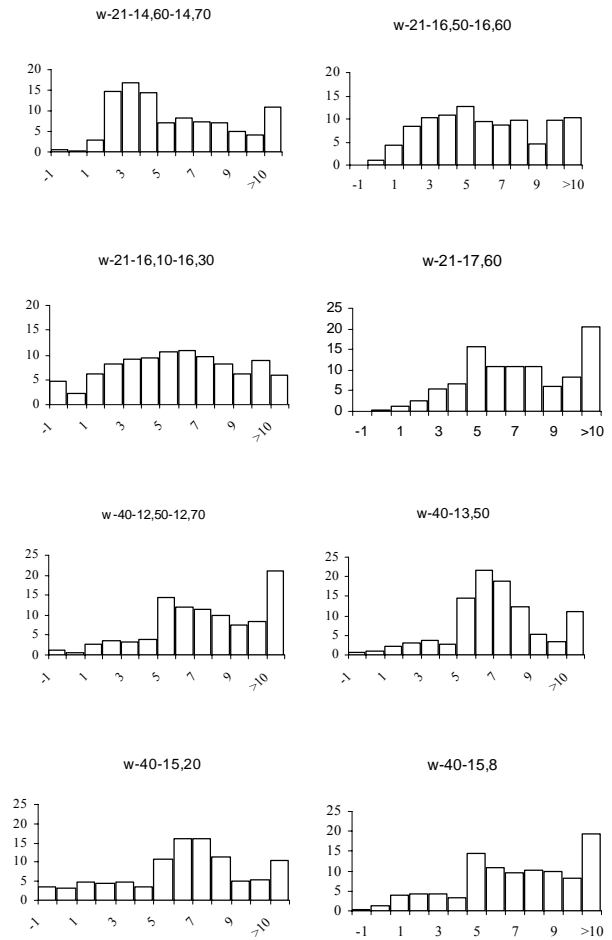
Фиг. 3. Кумулативни криви на гранулометричните съвкупности

Fig. 3. Cumulative curves of the grain size distribution

ни белези на крустификационен тип калцит (Цветков и др., 1964). Минералогият анализ на проби W-21-14,60-14,70 и W-21-17,60 (табл. 2) установи доминиране на неустойчиви минерали в тежката фракция от групата на епидота (епидот и цоизит) и биотит, сравнително високо съдържание на циркон и по-малки количества титанит, рутил, гранат, апатит; а в количества под 1% се наблюдават турмалин, кианит и брукит. Присъства зелен и влакнест амфибол в количества под 1% в долната част на разреза и над 4% в горната. Там се наблюдават и единични кристали гипс. Рудните минерали са представени от железни хидрооксиди и илменит-левкоксенови минерали.

Текстурните и структурните белези на тези утайки ги определят като отложени в руслов фация от поток с неголяма скорост. Минералният им състав предполага разрушаване на по-стари седиментни, магмени и метаморфни скали, като делът на последните леко нараства нагоре в разреза. Присъствието на гипс в горната проба и нарастването на количеството на железните оксиди и хидрооксиди може да се обясни с известна аридизация на климата след отлагането на този хоризонт. Калцитните конкреции и ризолитите са продукт на субаерално отлагане на карбонат, свързано с процесите на изветряне и на почвообразуване.

Почвообразователните процеси са засегнали горните 2,20 m от тези отложения, с развитието на сравнително тънък хумусен хоризонт, разположен върху набогатени на калцит и калцитни конкреции глинесто-алевритови седименти (единица Z на фиг. 2). Техните първоначални струк-



Фиг. 4. Хистограми на гранулометричните разпределения
Fig. 4. Histograms of the grain-size distribution

Таблица 1

Минерален състав според данни от рентгено-дифрактометричен и диференциално-термичен анализи

Table 1

Mineralogical composition according to data after XRD and DTA analyses

Интервал	Sm	Ill	Ms	Као	Qz	Pl	Kfs	Fe-OH	OM
ВН-1-4,70-4,80	48	7	0	1	19	7	13	0	0
w-40-12,50-12,70	41	12	2	0	22	13	3	4	2
w-40-13,50	35	5	1	10	25	12	6	4	2
w-40-14,50	35	5	0	5	21	11	5	4	0
w-40-15,20	30	3	1	5	28	16	12	3	2
w-40-15,5	30	4	6	4	29	14	6	4	3
w-40-15,8	30	7	2	5	25	15	7	5	3
w-30-12,90	53	15	3	0	21	9	0	0	0
w-30-13,70	50	4	10	0	31	2	0	2	0
w-29,70-13,80	37	7	2	8	29	7	7	3	0
w-28,50-14,80	45	6	0	9	26	4	7	3	0
E-27,80-14,80	47	4	3	10	19	6	8	4	0
w-21-17,60	37	5	1	8	27	10	8	4	0

Sm — смектит; Ill — илит; Ms — мусковит; Као — каолинит; Qz — кварц; Pl — плагиоклаз; Kfs — калиев фелдшпат; Fe-OH — железни хидрооксиди; OM — органично вещество

Sm, smectite; Ill, illite; Ms, muscovite; Као, kaolinite; Qz, quartz; Pl, plagioclase; Kfs, potassium feldspar; Fe-OH, iron hydroxides; OM, organic matter

Таблица 2

Състав на тежката фракция (в %) и индекси на химична (ZTR), физико-механична (Mph) и хидродинамична (Mhd) зрелост на асоциациите от тежки минерали

Table 2

Composition of the heavy fraction (%) and indexes of chemical (ZTR), mechanical (Mph) and hydrodynamical (Mhd) maturity of heavy mineralogical associations

Интервал	Ep	Zoi	Tit	Zr	Tur	Rut	Amf	AfV	Gr	Bi	Chl	Ap	Br	An	Op	Ky	ZTR	Mph	Mhd
w-40-12,50	35,3	3,9	8,4	7,8	0,4	1,2	6,4	4,9	11,5	2,1	1,9	3,5	0,2	0,2	12,3	0	9,4	21,5	20,9
w-40-13,50	51,3	3,5	3,8	10,5	0,9	0,2	2,9	1,7	8,3	1,7	1,2	0,6	0,3	0	13,1	0	11,6	20,5	19,3
w-40-14,50	33,0	4,1	5,2	4,5	0,7	0	20,7	1,7	3,5	0,0	0,9	1,9	0	0	23,7	0	5,2	8,7	8,0
w-40-15,50	36,0	3,5	9,8	8,0	0,3	0,3	2,5	0	9,5	0,8	0,5	3,3	0,7	0,5	23,7	0	8,6	20,0	19,0
w-40-15,80	38,8	2,3	13,4	7,7	0	1,9	4,3	0	7,7	1,5	3,0	3,0	0	0	16,2	0	9,6	17,3	17,3
w-21-14,60	35,7	2,3	5,0	11,7	0,2	1,02	0,05	0,9	7,6	17,4	0	4,6	0,4	0	12,8	0,2	12,9	21,5	20,7
w-21-17,60	41,8	4,1	9,2	12,8	0,2	1,2	0	4,2	8,1	0,6	0,0	2,4	0,6	0,6	13,9	0,2	14,2	24,3	23,3

Ep — епидот; Zoi — цоизит; Tit — титанит; Zr — циркон; Tur — турмалин; Rut — рутил; Amf — обикновен амфибол; AfV — влакнест амфибол; Gr — гранат; Bi — биотит; Chl — хлорит; Ap — апатит; Br — брукиит; An — анатаз; Op — непрозрачни минерали; Ky — кванит

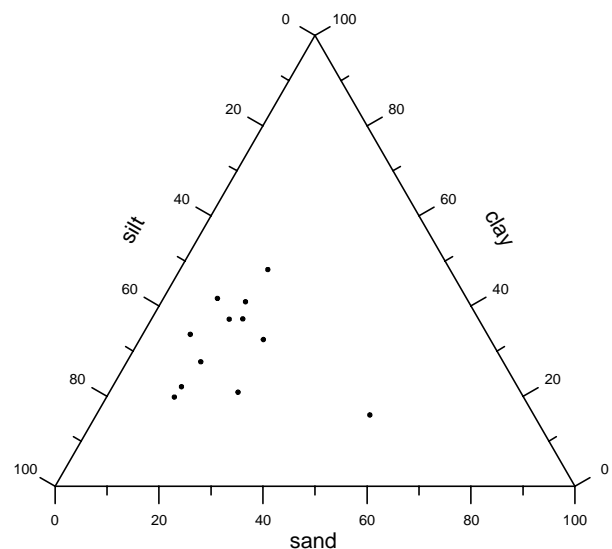
Ep, epidote; Zoi, zoizite; Tit, titanite; Zr, zircon; Tur, tourmaline; Rut, rutile; Amf, hornblende; AfV, actinolite; Gr, garnet; Bi, biotite; Chl, chlorite; Ap, apatite; Br, brockite; An, anatase; Op, opaque minerals; Ky, kyanite

тура и текстура са заличени, но високото съдържание на диспергиран сред другите минерали, калцит (24,55%), както и наличието на гипсови кристали определят тези седименти като съответни на К почвен хоризонт (Birkeland, 1999), развит в аридни и полуаридни условия. Под тях се разполагат пясъчливо-глинесто-алевритовите отложения (единици X и Y), съдържащи също калцит, оформящ мрежа, карбонатни конкреции и ризолити, съответстващи също на К-хоризонта. Надолу в профила следват непроменените от почвообразователните процеси седименти на Ахматовската свита.

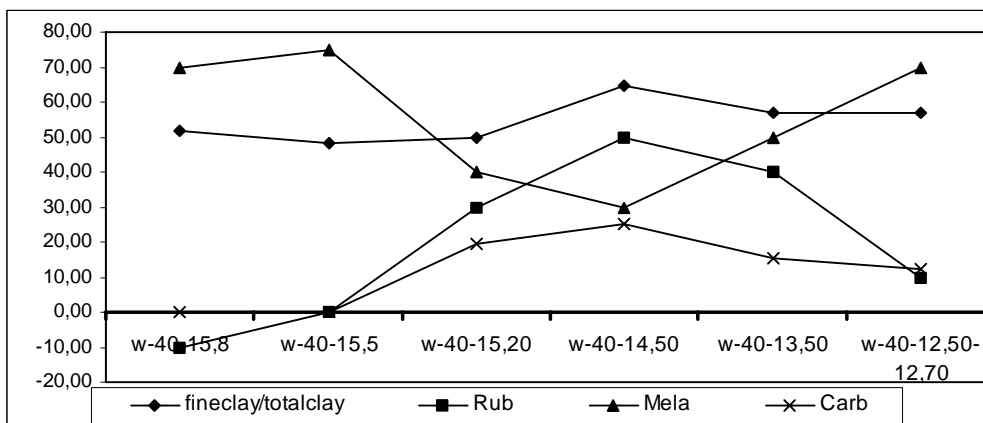
Характеристика на седиментите от висящото крило

Представени са предимно от смесени глинесто-алевритови отложения, пясъчливи и варовити в различна степен, допълнително променени от почвообразователните процеси. От гледна точка на гранулометричния им състав част попадат в полето на пясъчливо-глинестите алеврити, а друга част — в полето на смесените скали, при което нито един компонент не превишава 50% (фиг. 5). Тези отложения изграждат субхоризонтални прослойки, които са с неясни граници, заличени от развитият почвен профил върху тях. Основната част от частичките са с алевритни и пелитни размери (сумарно до 82,45%), като преобладаваща е фракцията с алевритни размери (0,004–0,063 mm). Частичките с псамитни размери представляват 7 до 22% от състава на кластичната част (преобладават 11–12%). Почти всички изследвани образци са варовити (фиг. 6), с изключение на най-високо разположените в профила W-40-15,50 и W-40-15,80, отговарящи на С1 и В единици на фиг. 2.

Гранулометричното разпределение е доста сходно с това на образците от лежащото крило. Всички хистограми показват полимодално разпределение (фиг. 3 и 4). Кумулативните криви са почти изправени, с отворени крила (с изключение на пр. W-40-15,20, която е затворена в областта на фините фракции). Хистограмите и кумулативните криви, построени по данните от гранулометричния анализ, показват всички белези на алувиални/пролувиални седименти, където едновременно се отлагат материали с различни размери и от различни източници.



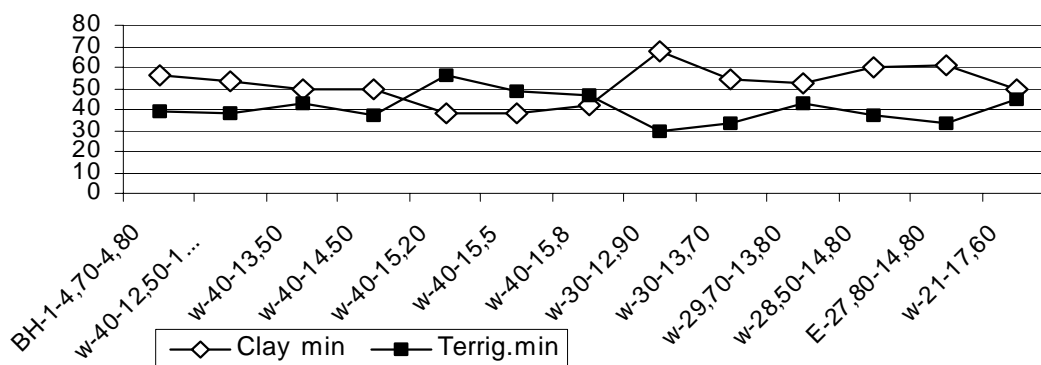
Фиг. 5. Триъгълна диаграма със състава по класове
Fig. 5. Triangle diagram of the grain-size composition



Фиг. 6. Сборна диаграма с индекси на меланизация и рублификация, съотношение на фин пелит (под 0,001 mm) към общото съдържание на пелита и карбонатно съдържание
 Fig. 6. Summary diagram of melanisation and rubification indexes vs. pellite and carbonate content

Брутният минерален състав е изследван под микроскоп (за псамитната фракция) и с ДТА и рентгеново-дифрактометричен анализ. Минералният състав на отложенията от висящото крило е сравнително еднообразен — кластичната част е представена от кварц, плагиоклази и калиеви фелдшпати в близки съотношения и мусковит. Пелитовият компонент се състои главно от смектит и илит, с подчинено съдържание на каолинит, който в основата на разреза липсва. Определени са още калцит, железни хидрооксиди и органично вещество (табл. 2). Сумата от глинестите минерали (смектит, илит, каолинит) преобладава над сумата от теригенните (кварц, фелдшпати и мусковит) в долната част на разреза, докато нагоре доминиращи са теригенните минерали, а глинестите са в подчинено количество. Тази смяна в съотношенията се явява в интервала между 14,50 и 15,20 m (фиг. 7). Количеството на финодисперсните глини спрямо об-

щото съдържание на пелитната фракция също показва известна зависимост във вертикална посока — стойностите са по-високи в долната част на профила, като максималните са на 14,50 m (фиг. 6), а след това намаляват. Това набогатяване на фини глини в единицата около 14,50 m (E1) я определя като илувиален хоризонт на един по-стар почвен профил. Този извод се подкрепя и от максималните стойности на индексите на рублификация и минималните на меланизация. Смектитът е доминиращият глинест минерал в целия профил, като количеството му варира в рамките на 18—47%, предимно между 30 и 40%, докато илитът и каолинитът присъстват в сходни количества. В основата на разреза (12,50—12,70 m) каолинит не е установен. Изследваните образци в близост до разломната зона показват преобладаване на сумата от глинестите минерали над теригенните, също доминиране на смектита и липса на каолинит в долните части на



Фиг. 7. Съотношение между сумата от глинестите минерали и сумата от теригенните
 Fig. 7. Ratio of sum of clay minerals and sum of terrigenous minerals

разреза (фиг. 7). Съдържанието на кварц варира в сравнително тесни граници (19–31%, предимно 25–29%), независимо от местоположението в разреза, докато количеството на фелдшпатите намалява в близост до разломната зона. В най-ниско разположените образци калиевите фелдшпати изчезват.

Калцит е установен в почти всички изследвани образци, с изключение на най-високо разположените от профил W-40. Той присъства както под формата на финодиспергиран сред другите минерали калцит, така и като конкреции и ризолити. Резултатите от ДТА показват аномална картина на дисоциацията на калцита, характерна за кристификационния тип и аналогична на тази от калцита в лежащото крило. Прави впечатление, че размерът на калцитните конкреции намалява нагоре в разреза и в посока, обратна на разломната зона. Както в лежащото крило, така и във висящото калцитът е със субаерален произход, отложен в резултат на изветрителните и почвообразователните процеси. На север се разкриват варовици с палеогенска възраст, които са източник на CaCO_3 , разтварян и отнасян от метеорните води. Разломното нарушение от своя страна улеснява проникването на водите, набогатени на CaCO_3 , което обяснява натрупването на калцит в близост до разломната зона. Това създава високо алкална среда там, в която каолинит не може да се отложи или запази и затова липсва.

Минералният състав на псамитната (0,063–2,0 mm) и гравийната (2,0–4,0 mm) фракция показва доминиране на кварца (73–85%) над фелдшпатите (11–15%) и скалните късчета (2–13%). Количеството на кварца намалява нагоре в разреза за сметка на увеличаването на съдържани-

ето на фелдшпати и скални късчета. Изследването на тежката минерална фракция показва следния състав (табл. 2): доминират минералите от епидотовата група, следвани от циркон, титанит, амфибол и гранат в близки количества, по-малко апатит, в количества под 2% присъстват рутил, турмалин, биотит, хлорит, брукит и анатаз. Прави впечатление широкото разпространение на минерали със средна и ниска устойчивост на химични и механични въздействия, което може да се приеме за свидетелство за кратък транспорт и кратко влияние на факторите на химичното изветряне върху материнските скали (т.е. хладен климат или сравнително груб релеф в подхранващата провинция). Като се има предвид, че тези отложения са от по-стара заливна тераса на Омуровска река и вероятно представляват смес от изветрителни продукти, транспортирани от подхранващата провинция и преотложени и преработени изветрителни продукти на по-стари алувиални седименти (от Ахматовската свита), не е изненадващо сходството в състава на тежката фракция в лежащото и във висящото крило. Изчислените индекси на химична, физико-механична и хидроаеродинамична устойчивост на асоциациите от тежки минерали също показват сходни стойности за лежащото и висящото крило, което потвърждава горния извод.

Разпределението на глинестите минерали (количествен и качествен състав) е резултат както на седиментогенезата (изветряне, транспорт и утаяване), така и на наложената педогенеза. Зависимостите в разпределението на глинестите минерали в разреза на висящото крило отразяват климатичните промени по време на изветрянето на материнските скали и при отлагането на материала. Липсата на каолинит в основата

Таблица 3

Оксиден състав на седиментите от канава Черна гора по данни от рентгеново-флуоресцентен анализ

Table 3

Oxide composition of the sediments from Trech Cherna Gora after RFA

пр. №	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	LOI _{105°C}	LOI _{1000°C}
w-40-12,50	63,29	0,70	15,45	5,14	0,08	1,72	3,19	1,32	1,04	7,22	6,98
w-40-13,5	61,02	0,69	15,29	5,21	0,07	1,64	4,86	1,31	1,73	7,11	7,92
w-40-14,5	56,66	0,58	13,55	4,50	0,08	1,78	8,73	1,47	1,78	4,98	10,35
w-40-15,2	58,03	0,55	12,87	4,11	0,06	2,03	8,57	1,29	1,7	5,57	10,29
w-40-15,5	65,76	0,69	15,67	5,09	0,10	1,41	1,44	1,43	2,15	6,29	5,74
w-40-15,8	64,18	0,67	15,55	5,36	0,09	2,00	1,49	1,67	2,15	7,99	6,43
w-30-12,9	21,58	0,16	5,33	0,85	0,00	0,95	37,96	0,70	0,64	2,64	31,43
w-21-17,60	56,69	0,56	14,03	3,63	0,03	0,91	9,74	1,15	2,05	4,72	10,97
w-28,5-14,8	46,39	0,41	11,74	3,18	0,03	1,16	18,21	0,49	1,5	5,17	17,45
e-27,8-14,8	51,37	0,52	13,58	3,91	0,04	1,29	12,83	0,90	1,67	6,08	13,47
w-29,7-13,8	60,22	0,57	13,43	4,25	0,04	1,34	7,94	0,74	1,71	6,57	9,47
w-30-13,7	32,55	0,23	6,89	1,60	0,00	1,22	29,8	0,77	0,9	3,97	26,49
ВН4-4,70-4,80	57,45	0,64	14,23	4,88	0,08	1,99	7,73	1,37	1,65	7,61	10,04

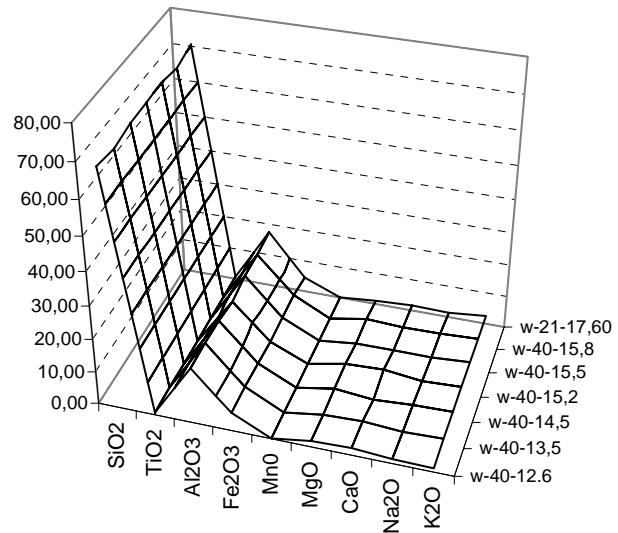
на разреза (W-40-12,50-12,70 m) може да се приеме като свидетелство за хладен климат с подтиснати процеси на химично изветряне в полза на механичното. Това предположение подкрепя резултатите от поленовия анализ (Yaneva, Lazarova, 2004). Поленовите асоциации са типични за бореалния климатичен период (интервала 11268—8776 калибрирани ^{14}C години BP) (Ravazzi, 2003), който се характеризира със сравнително суров климат. Нарастването на количеството каолинит нагоре в разреза съвпада с развитието на по-топъл и влажен климат през атлантика (интервала 8776—5728 калибрирани ^{14}C години BP), когато изветрителните процеси са протичали по-пълноценно. Тези данни се потвърждават и от поленовия анализ (Yaneva, Lazarova, 2004). В интервала над 14,50 m се наблюдава увеличаване на дела на кластичните зърна на кварца и фелдшпатите спрямо сумата от глинестите минерали, съпроводено с нарастването на калцитното съдържание до 20%. Това дава основания да се предположи, че седиментите от този интервал съответстват на стар карбонатен хоризонт от полуаридна почва (Birkeland, 1999) и по този начин да се корелират с отложенията от горната част на лежащото крило (Vanneste et al., in press).

Геохимична характеристика

Съдържанията на отделните оксиди е в рамките на нормалното за глинесто-алевритови и алевритови скали (Беус, 1981). Този химичен състав определя отложенията като нормално алкални, с повишени съдържания на железни оксиди. Високите съдържания на калциев оксид и загубата при наляване (1000°C) съвпада с увеличеното карбонатно съдържание в съответните проби. Преизчисленият оксиден състав с анулиране на участието на CaO от карбонатните минерали и летливите, показва много сходен състав на утайките от различните хоризонти (фиг. 8). Видно е, че значителните разлики в състава на седиментите се дължат на карбонатите и железните хидрооксиди, които са продукт на почвообразователните процеси.

Заклучение

Сравнителното седиментоложко изследване на седиментите то двете крила на Чирпанския разлом в района на село Черна гора, показва известно сходство в минераложките и геохимичните



Фиг. 8. Диаграма на оксидния състав без карбонати и летливи

Fig. 8. Oxide composition after reduction of carbonate and volatile components

характеристики на тези отложения. Това може да се дължи на постоянство в подхранващата провинция, а и да доказва, че част от утайките от лежащото крило са преработени и преотложени във висящото. Развитието на почвения профил в двете крила позволява да се корелират някои от хоризонтите. Комбинацията между данните от минералния състав, цветовите индекси, като индикатори на развит почвен профил, съотношенията между глинестите минерали и съотношенията между фини глин/общо глинесто съдържание отразяват особеностите на отделните климатични фази и добре се корелират с данните от поленовия анализ.

Благодарности: Представеното изследване е реализирано по договори НЗ-1203 „Палеосейсмоложки изследвания в България: Полигон Чирпан—Поповица“, финансиран от НС „НИ“ и „Моментни деформации на млади седименти — геоложки индикатор за палеосейсмични събития“ (2000—2002 г., двустранно съгрудничество на БАН с Кралската Обсерватория на Белгия), продължен през 2003—2005 г. като „Активни разломи и силни палеоземетресения в Тракийската низина“.

Литература

- Беус, А. А. 1981. *Геохимия литосферы*. М., Недра, 335 с.
- Коюмджиева, Е., Л. Драгоманов. 1979. Литостратиграфия на олигоценските и неогенските седименти от Пловдивско и Пазарджишко. — *Палеонтол., стратигр. и литол.*, 11, 49–61.
- Цветков, А. И., Е. П. Вальяшихина, Г. О. Пилоян. 1964. *Дифференциальный термический анализ карбонатных минералов*. М., Наука, 167 с.
- Birkeland, P. W. 1999. *Soils and Geomorphology*. Oxford Univ. Press, 430 p.
- Folk, R. L., W. C. Ward. 1957. Brazos River bar: A study in the significance of grain-size parameters. — *Journ. Sedim. Petrol.*, 27, 3–26.
- Harden, J. W. 1982. A quantitative index of soil development from field descriptions: examples from a chronosequence in Central California. — *Geoderma*, 28, 1–28.
- Ravazzi, C. 2003. An overview of the Quaternary continental stratigraphic units based on biological and climatic events in Italy. — *Italian Journ. of Quaternary Sci.*, 16, 11–18.
- Radulov, A., S. Shanov, G. Nikolov, T. Camelbeeck, K. Vanneste. 2003. Data on Holocene activity of Chirpan fault (South Bulgaria) from Cherna Gora paleoseismological trench. — In: *Abstracts of the Ann. Scientific Conference of the Bulg. Geol. Soc.* Sofia, 2003, 64–66.
- Radulov, A., T. Camelbeeck, P. M. De Martini, G. Nikolov, D. Pantosti, T. Petermans, S. Shanov, K. Vanneste. 2004. Trenching evidence for three post-glacial surface-rupturing earthquakes preceding the 1928 rupture on Chirpan Fault, Southern Bulgaria. — In: *Abstracts of 32nd IGC*. Florence, p. 1214.
- Vanneste, K., L. Siame, A. Radulov, K. Verbeek, G. Nikolov, T. Petermans, D. Dimitrov, A. Mitev, S. Shanov. 2004a. Late Quaternary interaction of the Omourovo River and Chirpan Fault, Southern Bulgaria, from geomorphologic and geophysical data. — In: *Abstracts of 32nd IGC*. Florence, p. 1455.
- Vanneste, K., A. Radulov, T. Camelbeeck, P. De Martini, G. Nikolov, D. Pantosti, T. Petermans, S. Shanov. 2004b. Paleoseismological investigation of the fault rupture associated with the M 6.8 earthquake of April 14, 1928 near Chirpan, Southern Bulgaria. — In: *5th International symposium on Eastern Mediterranean Geology*. Tessaloniki, Greece, 659–662.
- Vanneste, K., A. Radulov, P. De Martini, G. Nikolov, T. Petermans, K. Verbeek, T. Camelbeeck, D. Pantosti, D. Dimitrov, S. Shanov. 2006. Paleoseismologic investigation of the fault that ruptured in the April 14, 1928, Chirpan earthquake (M 6.8), Southern Bulgaria. — *JGR* (in press).
- Yaneva, M., M. Lazarova. 2004. Preliminary sedimentological and palinological studies on Quaternary deposits from paleoseismological trench Cherna gora, Chirpan district. — *C. R. Acad. bulg. Sci.*, 57, 11, 71–76.

(Постъпила на 04.07.2005 г., приета за печат на 11.05.2006 г.)