ORGANIC PETROLOGY, MINERALOGY AND DEPOSITIONAL ENVIRONMENT OF THE HIGH SULPHUR EOCENE BOURGAS COAL, BULGARIA

Irena Kostova, Kalinka Markova

Sofia University "St. Kliment Ohridski" Department of Geology and Paleontology;
e-mail: irenko@gea.uni-sofia.bg; markova@gea.uni-sofia.bg

Key words: coal petrology, depositional environment, Bourgas basin

Geological setting

The Bourgas basin is situated in eastern Bulgaria, close to the city of Bourgas, and forms a broad, roughly extended in E-W direction syncline with a maximum width of 15 km to 20 km. The basin was filled with thick Paleogene sediments, which were deposited unconformably on top of Upper Cretaceous andesites and andesitic tuffs (Yovchev, 1960). The Paleogene sediments were divided into the coal-bearing Ravnec and the overlying Mugris Formations (Juranov, 1992). The base of the Ravnec Formation is represented by conglomerates with andesite pebbles. The conglomerates grade upwards into medium to fine grained sandstones, and finally into sandy clays and clays with locally abundant carbonates (Juranov, 1992). Several seams with sub-bituminous coal occur being concentrated in two coal levels. The lower coal level contains up to 4 coal beds, interbeded with thin layers of clays, forming a coal packet up to 4.5 m thick. The upper level is composed of two seams, named "A" and "B", respectively. Only the topmost seam "A", 2 to 3 m thick, has economic significance.

The thickness of the Ravnec Formation increases from 25 m to 30 m along the basin margins to more than 300 m in the basin center (Juranov, 1992). The Middle-Late Eocene age of the Ravnec Formation was proven by spores and pollen, bivalves, gastropods, foraminifers and ostracods (Juranov, 1992). The depositional environment was interpreted as a brackish lake (Yovchev, 1960) separated from the sea by exposures of the andesitic basement. The Ravnec Formation is overlain by the Upper Eocene (Priabonian) Mugris Formation, represented by up to 150 m of marine marls with local limestone layers and conglomerates (Juranov, 1992). The Paleogene sediments are covered by Neogene and Quaternary clays, limy-clayey sands and pebbles.

Data regarding the petrographic features and composition of the Bourgas coal have been published by Valceva & Siskov (1982).

Material and methods

The present study is based on 24 core samples, which were collected from coal seam "A" in the Bourgas deposit. The samples originate from the face of "Black Sea" mine gallery and each sample is representative for 10 cm to 25 cm.

The coals were characterized using the following analyses: proximate analysis, total sulphur and sulphur form contents, maceral analysis, semi-quantitative mineral (X-ray diffraction) analysis, SEM observations and reflectance measurements. The quantitative maceral analysis was performed in reflected light and oil immersion using a microscope equipped with an automatic point counter. About 300 points were counted on each sample. Maceral percentages were used to calculate facies indicators. The Tissue Preservation Index (TPI) and Groundwater Index (GWI) were calculated according to the formulas proposed by Diessel (1986) and Calder et al. (1991).

Results and discussion

Ash content in the Bourgas deposit ranges from 8 to 13 wt. % (db), except in the uppermost and lowermost samples. Because the coal maturity is within the sub-bituminous stage (0.43 $\%R_r$ and $T_{max} \sim 425^oC$), C_{org} contents vary from 44.1 to 70.3 wt. %.

The average total sulphur content for Bourgas coal is 4.6 wt. % and ranges from 3.0 to 11.6 wt. %. The average organic sulphur content is 2.8 wt. % (ranging from 1.2 to 10.0 wt. %), while the average pyrite sulphur is 1.6 wt. % (ranging from 0.5 to 5.5 wt. %). High sulphur amounts in the Bourgas coal are consistent with marine to brackwater environment of the coal formation. Maximum sulphur contents are observed near the basement and the top of the seam. The positive correlation between ash and sulphur contents suggests that this is due to enhanced influx of sulphate-rich water, probably from the nearby sea, during the early and late stages of peat formation.

Huminite macerals (84-97 vol. %) are almost totally dominated by densinite (up to 90 %) in all

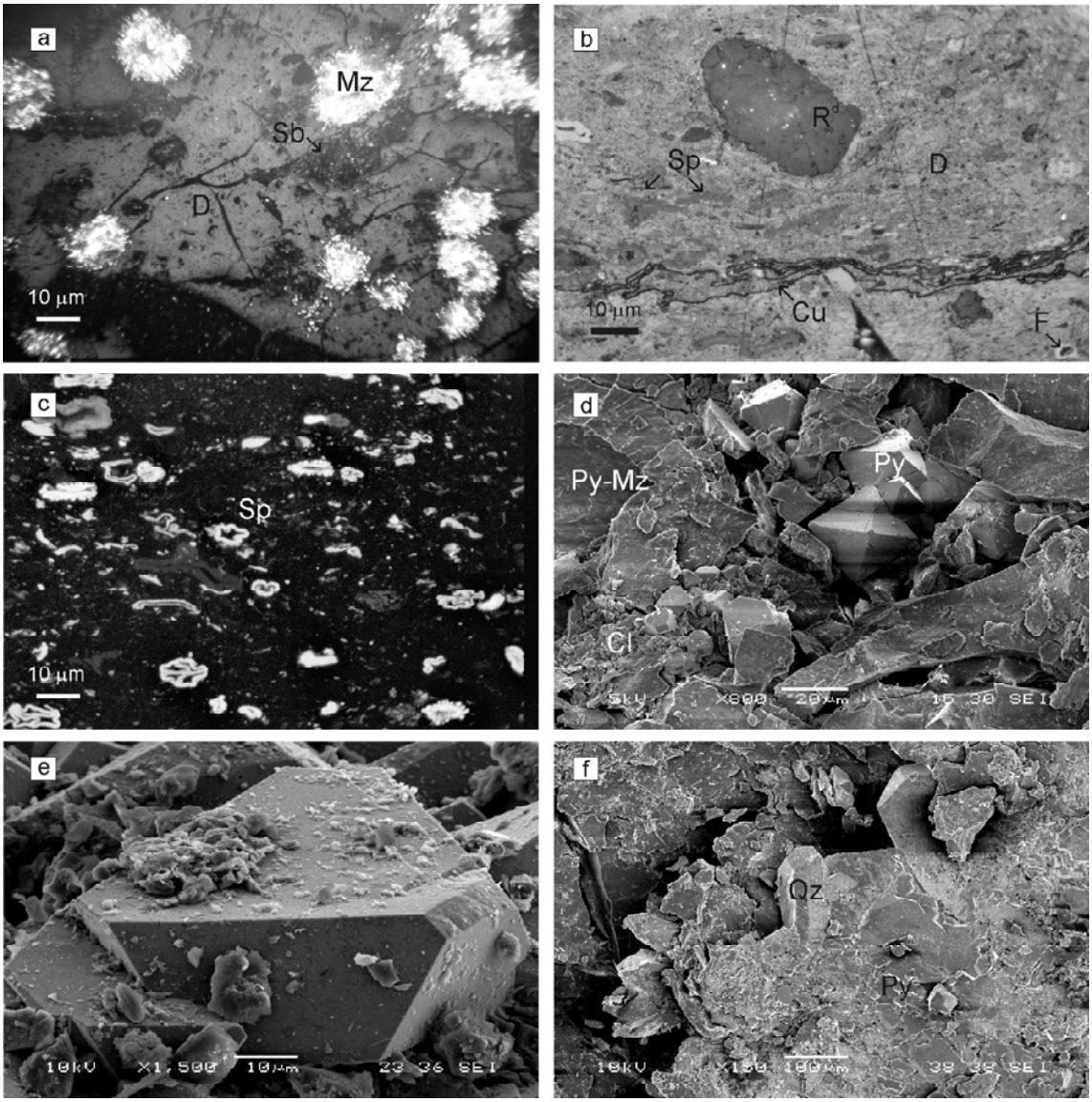

Fig. 1. Representative photomicrographs of Bourgas coal. a) densinite (D), suberinite (Sb), marcasite (Mz) and pyrite-marcasite spheroidal aggregates. Oil immersion, reflected light; b) densinite (D), sporinite (Sp), cutinite (Cu), detrital resinite (R^d), funginite (F). Oil immersion, reflected light; c) sporinite (Sp). Oil immersion, fluorescent light; d) octahedral pyrite crystals (Py), plates of epigenetic compact pyrite and marcasite (Py-Mz) and clays (Cl). SEM image; e) syngenetic octahedral pyrite crystals covered with gypsum and clay minerals. SEM image; f) epigenetic mineralization of pyrite (Py), marcasite and quartz (Qz). SEM image;

samples (Fig. 1 a, b). Ulminite (average 6 %), corpohuminite (average 5 %), gelinite and attrinite (average 3 %) are present in smaller amounts. In contrast, liptinite percentages are low (2-12 %) and are dominated by sporinite (up to 8 %) (Fig. 1 c) and suberinite (up to 5 %)(Fig. 1 a). The amounts of cutinite and resinite are usually below 2-3 % (Fig. 1b). Inertinite percentages range from 1 % to 8 % and are dominated by funginite (up to 7 %) (Fig. 1 b). In general, pure coal contains more inertinite than ash-rich coal.

The clear dominance of humodetrinite macerals results in very low TPI values, which decrease from about 0.62 to 0.02. This indicates a high proportion and an upward-section increase in the relative abundance of plants with poor preservation potential. In contrast to the TPI, the GWI is rather constant along the entire profile.

The minerals identified in the coal samples are pyrite, marcasite, quartz, chlorite, muscovite, dolomite, gypsum, plagioclase and K-feldspar. Pyrite, marcasite, quartz and chlorite are the most widespread minerals

being present in nearly all samples (3-5 %). The other minerals were detected in smaller amounts (1-3 %). The minerals were precipitated during the syngenetic and epigenetic stages of mineral formation (Fig. 1 a, d, e, f). The epigenetic mineralization predominates over than the syngenetic one and comprises mainly pyrite, marcasite, quartz and clays (Fig. 1 a, d, f).

The analysis of inorganic matter reveals some characteristic features of the Bourgas coals such as the presence of high pyrite and marcasite contents and the close association between pyrite, marcasite, quartz, chlorite and gypsum. An intensive epigenetic mineralization (pyrite, marcasite and quartz) was formed through infiltration of low-temperature hydrothermal solutions.

High sulphur contents of the Bourgas coal are consistent with marine to brackwater environment of coal formation. Maximum sulphur contents are observed near the base and top of the seam. The Bourgas coal deposit was formed within peneplaned coastal areas, which was covered with eutrophic swamps during the Eocene epoch.

Conclusions

Huminite macerals, and especially densinite, predominate in all samples, while ulminite, corpohuminite, gelinite and attrinite are present in smaller amounts. Liptinite percentages are low and are dominated by sporinite and suberinite. The amounts of cutinite and resinite are usually below 2-3 %. Inertinite percentages range from 1 to 8 % and are dominated by funginite.

References

Calder, J., M. Gibling, P. Mukhopadhyay. 1991. Peat formation in a Westphalian B piedmont setting, Cumberland basin, Nova Scotia: implications for the maceral-based interpretation of rheotrophic and raised paleomires. – *Bull. Soc. Geol. France, 162* (2), 283-298.

Diessel, C. F. K. 1986. On the correlation between coal facies and depositional environments. – In: *20th Newcastle Symposium on "Advances in the Study of the Sydney basin", 246*. Depart. Geol., Univ. Newcastle, Australia, 19-22.

Juranov, S. 1992. Stratigraphy of the Eocene series in the Burgas district. – *Rev. Bulg. Geol. Soc., 53,* 2, 47-59 (in Bulgaria with an English abstract).

Valceva, S., G. Siskov, 1982. Petrology and geochemistry of the Bulgarian Coal Basins and Deposits. Petrological Characterizations of Coals from the Burgas basin. – *Ann. Univ. Sofia, Geol-Geogr.Fac. 76, 1-Geol,* 54-68 (in Bulgarian with an English abstract).

Yovchev, Y. 1960. *Coal and Bituminous Schists Deposits in Bulgaria*. Sofia, Tehnika, 166 p. (in Bulgarian with an English abstract).

ОРГАНИЧНА ПЕТРОЛОГИЯ, МИНЕРАЛОГИЯ И ОБСТАНОВКА НА ОТЛАГАНЕ НА ВИСОКОСЕРНИТЕ, ЕОЦЕНСКИ БУРГАСКИ ВЪГЛИЩА В БЪЛГАРИЯ

Ирена Костова, Калинка Маркова

Бургаския въглищен басейн се намира в източната част на България, в непосредствена близост до гр. Бургас и принадлежи към Подбалканската въглищна провинция. Басейнът е запълнен с палеогенски седименти, които са отложени върху горнокредни андезити и андезитови туфи. Палеогенските седименти в района се поделят на Равнецка свита (въгленосна) и Мугриска свита, която се разполага върху нея. В основата си Равнецката свита е представена от конгломерати с андезитови фрагменти. Върху тях са разположени пясъчници, а най-отгоре в разреза на свитата се наблюдават песъчливи глини и богати на карбонати глини. В рамките на свитата се установяват няколко въглищни пласта от кафяви въглища с ниска степен на въглефикация, които са разположени в две въгленосни нива. Долното въгленосно ниво съдържа до 4 въглищни пласта, разделени от тънки глинести прослойки с обща дебелина до 4,5 m. Горното въгленосно ниво включва 2 въглищни пласта "А" и "Б". Предмет на експлоатация е само пласт "А", чиято дебелина варира в рамките на 2-3 m. Дебелината на Равнецката свита в централната част на басейна достига 300 m, а възрастта й е определена като среден-късен еоцен. Палеосредата, в която се е извършило отлагането се определя като бракична, в непосредствена близост до морски басейн. Равнецката свита се покрива от седиментите на Мугриската свита, чиято възраст е горноеоценска (приабонска) и е представена от морски седименти с дебелина до 150 m.

Предмет на настоящата работа са въглищата от пласт «А» на басейна. Опробването е извършено в галерия на рудник «Черно море», като взетите 24 проби представят целият въглищен пласт, включително горнището и долнището му. С цел установяване на качествената характеристика и петрографският състав на Бургаските въглища бяха извършени редица изследвания, които включват: технически анализ; определяне на общата, пиритната, органичната и сулфатната сяра; количествен мацерален анализ; рентгено-дифракционнен и СЕМ анализ за характеристика на минералната част. В резултат на проведените изследвания бяха установени следните петрографски характеристики и закономерности.

Въглищата от пласт «А» са нископепелни (8-13 %) и кафяви, с ниска степен на въглефикация (матови кафяви). Характеризират се с високо съдържание на обща сяра (4.6 %), като органичната (2.8 %) преобладава над пиритната (1.6 %). Получените резултати са очаквани и закономерни като се има предвид параличната обстановка, която е оказвала влияние при формиранито на горното въгленосно ниво. В отделни етапи от развитието на торфеното блато при преобладаването на алкална среда са се създавали благоприятни условия за развитието на сулфатредуциращите бактерии и неблагоприятни условия за свързване на сярата с хуминовите киселини. През това време постъпващите в торфището сулфати са се свързвали предимно под формата на пирит и марказит. С понижаване стойностите на pH на средата и намаляване на хидродинамиката на торфените води сулфатните йони са атакували хидроксилните, карбоксилните и карбонилните функционални групи на кислорода и хуминовите киселини. Те, изместваики водорода от тях, са образували сяросъдържащи елемент-органични съединения. През този период от развитието на торфеното блато рязко е нарастнало образуването на органична сяра.

Количественият мацерален анализ показва, че мацералите от групата на хуминита преобладават (84-97 %) като количеството на денсинита (достига 90 %) надвишава многократно това на останалите мацерали от групата. Следват улминита и корпохуминита (5-6 %), докато гелинита и атринита не надвишават 3 %. Мацералите от групата на липтинита се срещат в количество от 2 до 12 % и са представени основно от споринит и суберинит, а количеството на кутинита и резинита е едва 2-3 %. Съдържанието на инертинитови мацерали се колебае в рамките на 1-8 %, като фунгинита преобладава. Следователно, основните биохимични процеси, които са протичали в торфеното блато са били гелизация и пептизация на фитогенните останки. Неорганичната част на Бургаските въглища се състои основно от пирит, марказит, кварц, хлорит, мусковит, доломит, гипс, плагиоклаз и К-фелдшпат. Установяват се две генерации минерали – сингенетични и епигенетични. Първите са се формирали по време на торфогенезата и ранната диагенеза (пирит, марказит, хлорит, мусковит, плагиоклаз, К-фелдшпат), а вторите (пирит, марказит, кварц) са се отложили по ендогенни и екзогенни пукнатини и кливажни плоскости в резултат на циркулация на нискотемпературни хидротермални разтвори по време на късната диагенеза и катагенеза.