

## ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ПОКАЗАТЕЛИТЕ НА ОТРАЖЕНИЕ НА МАЦЕРАЛНИТЕ ГРУПИ ОТ ВЪГЛИЩА С РАЗЛИЧЕН РАНГ

Антон Сотиров<sup>1</sup>, Томас Райнер<sup>1</sup>, Йордан Кортенски<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut für Geowissenschaften Montanuniversität Leoben, A-8700, Леобен, Австрия

<sup>2</sup>Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", София 1700, България

### РЕЗЮМЕ

Главната цел на това изследване е определяне на отношенията между показателите на отражение на мацералните групи от въглища с различен ранг и интервала на изменение на отражението на масералите с нарастване на ранга. Въглища от различни български и словенски басейни са опробвани и изследвани. Пробите от всеки тип въглища са изследвани, като са направени измервания в 60 точки на всеки аншлиф. Установени са следните зависимости между отражението на мацералите от трите групи и следните интервали на изменение на отражението: 1) Липоидните мацерали в изследваните лигнити са с показатели на отражение, които варират в най-тесни граници, а при черните въглища вариацията на тези стойности е най-голяма. Отношението на отражението витринит/липтинит (V/L) и инертинит/витринит (I/V) е еднакво (4,5). 2) При кафявите въглища интервалите на вариация на отражението са подобни на тези при лигнитите, а отношенията V/L и I/V са със стойност 3,5. 3) Интервалите на вариация на показателите на отражение и на трите мацерални групи са по-големи при черните въглища, като това в най-голяма степен се отнася за инертинита. Отношението на отражението V/L=3,5, а I/V=2,5. 4) При антрацитите интервалите на вариация на отражението на витринита и инертинита са най-големи, а стойността на I/V е 1,5. При липоидните мацерали се наблюдава най-тесен интервал на вариациите на показателя на отражение и той нараства незначително при въглища с по-висок ранг. Инертинитовите мацерали са с най-широк диапазон на измерените стойности за всеки тип въглища, докато гелифицираните мацерали са със средни стойности, но по-близки до тези на липоидните. За инертинитовите и гелифицираните мацерали се наблюдава увеличаване на интервала на вариации с нарастване на степента на въглефикация, особено при черните въглища и антрацитите. Средното отражение на липоидните и гелифицираните мацерали е близко по стойност особено при лигнитите и кафявите въглища. Графиките на изменение на този показател с нарастване на степента на въглефикация са сходни за трите мацерални групи. Съотношението между показателите на отражение на инертинита и витринита I/V е обратно пропорционално на ранга на въглищата и неговата стойност намалява с единица от лигнитите към антрацитите. Подобна линейна зависимост се установява и при отношението V/L от лигнити към кафяви въглища, но стойността му се запазва при черните въглища.

Ключови думи: отражение на различни мацерали, отношения на отражението, лигнити, кафяви въглища, черни въглища, антрацити.

### ВЪВЕДЕНИЕ

Изследвани са проби от въглища с различен ранг от български и словенски басейни. Лигнитите са от Софийския късномиоценовски-плиоценовски басейн, кафявите въглища от Пернишкия (с възраст късен олигоцен - ранен миоцен), черните въглища са от Времски Бритов (Юго-източна Словения) с къснокредна възраст и антрацитите са от Дренов Гир (Централна Словения) с къснотриаска възраст.

Главната цел на изследването е да бъдат определени зависимостите между стойностите на показателя на отражение на мацералните групи на въглища с различен ранг и да се изведе зависимост за промяната на този показател при всяка мацерална група с нарастване на степента на въглефикация.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Взети са образци от всеки тип въглища и са изработени аншлиф-брекети. Измерени са по 60 точки от проба за определяне на показателя на отражение. Изследванията

са извършени с микроскоп "Leica" в отразена светлина ( $\lambda = 546 \text{ nm}$ ), обектив 50x/0,85 (маслена имерсия), с компютърна програма "Leica mpv\_meas". Гадолиний-галий-гранат с отражение  $R_0 = 1,699\%$  е използван за стандарт.

### РЕЗУЛТАТ И ДИСКУСИЯ

Известно е, че отражението на мацералите от всички групи нараства с нарастване на степента на въглефикация на въглищата (Taylor et al., 1998) и че отражението на витринита заема средно положение спрямо другите мацерални групи (Stach et al., 1982). Улминитът и телоколинитът показват относително равномерна промяна при различен ранг (Veld et al., 1994) и те обикновено са най-често използваните гелифицирани мацерали за измерване на отражението в настоящата работа. От група Липтинит (Екзинит) отражението е определяно на мацерала споринит, който преобладава в изследваните проби. Най-често е мерено отражението на фузинита от мацералите от група Инертинит. Някои от пробите са бедни на инертинитови и липтинитови мацерали, но въпреки това измервания на отражението е направено също и на тях. Диаграмата на отражението на различните

мацерали за въглища с различно въглеродно съдържание, респективно различен ранг (Alpern et al., 1970) не показва изменението на показателя на отражение на мацералите

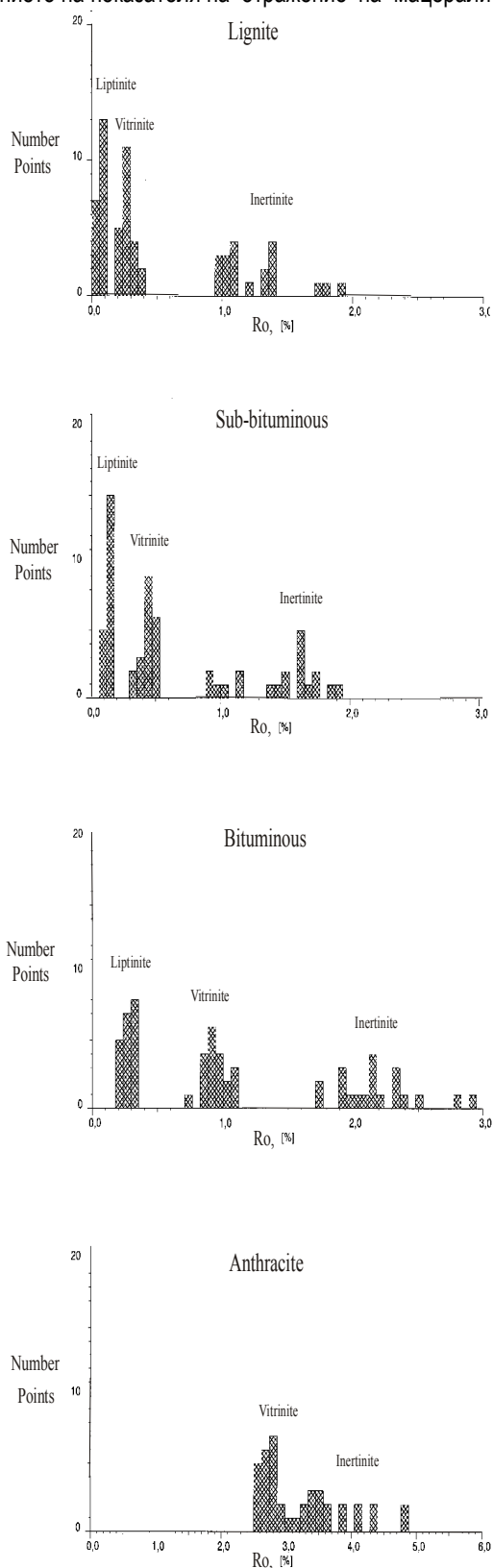
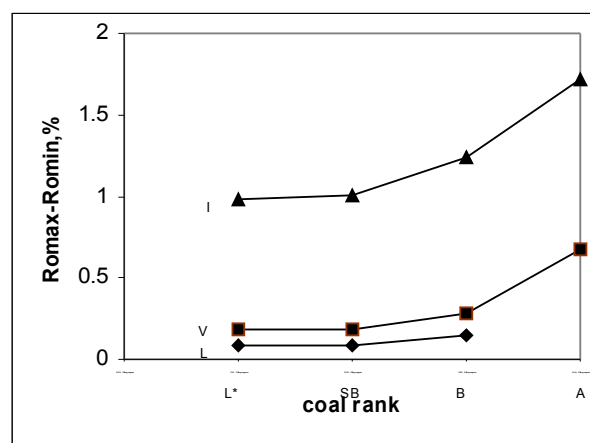


Fig. 1

Фигура 1. Хистограма на показателите на отражение  $R_o$  [%] на мацералните групи Липтинит, Витринит и Инертинит за въглища с различен ранг.

от групи Липтинит и Инертинит, с изключение на семифузинита. На същата диаграма може да се види нарастване на отражението на витринита при въглища с висок ранг. Подобна диаграма на Hoover&Davis (Taylor et al., 1998) показва ясно изразена линейна зависимост на показателя на отражение от ранга на въглищата за витринита, макринита, отчасти семифузинита и споринита, докато при фузинита се наблюдава голямо разсейване на стойностите. В настоящата работа е установено нарастване на отражението на мацералите и от трите мацерални групи от лигнити към антрацити (фиг. 1). Освен това се наблюдават определени зависимости в диапазоните на вариация на стойностите на отражението за отделните мацерални групи при въглищата от различен ранг.

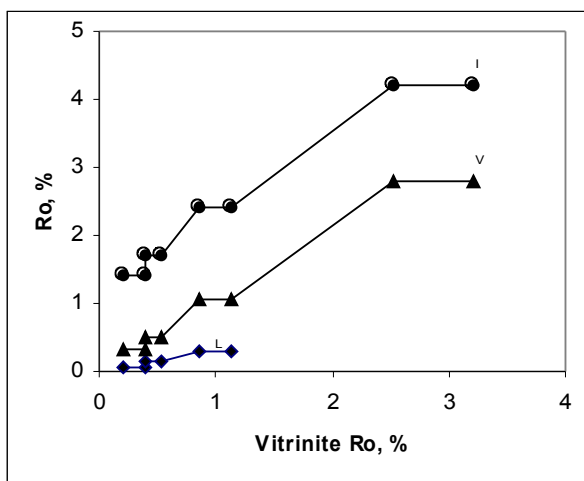


Фигура 2. Графика на изменението на интервала на стойностите на отражение ( $R_{o,max}-R_{o,min}$ , %) на мацералните групи Липтинит (L), Витринит (V) и Инертинит (I) за въглища с различен ранг.

**Лигнити.** Показателят на отражение на мацералите от група Липтинит в лигнитите варира от 0,03 до 0,11% (фиг. 1), като точките с по-висок показател не надвишават значително тези с по-нисък показател. Максималната стойност надвишава 3,7 пъти минималната. Отражението на хуминита варира в по-широк интервал (0,21-0,4%), като повечето точки за групирани при по-ниските стойности (фиг. 1). Разликата между максималната и минималната стойност е около 2 пъти. Показателят на отражение на инертинита варира в значително по-широки граници (0,96-1,94%), но повечето резултати са групирани в интервала 0,96-1,5% (фиг. 1). Максималната стойност е по-висока от минималната като при гелифицираните мацерали – около 2 пъти. Установява се, че средната стойност на отражението на хуминита е 4,5 пъти по-висока от тази на липтинита и 4,5 пъти по-ниска от тази на инертинита (фиг. 3).

**Кафяви въглища.** Показателят на отражение на мацералите от група Липтинит в изследваните кафяви въглища варира от 0,08 до 0,17%. Диапазонът на вариация е тесен, като повечето замерени точки са с по-високо отражение (фиг. 1). Максималната стойност е по-висока от минималната около 2 пъти. Показателят на отражение на хуминита е по-висок от този при лигнитите и варира от 0,33 до 0,54%. Тъй като пернишките въглища са блестящи кафяви, то и повечето замервания установяват по-висока

стойност на отражението (фиг. 1). Диапазонът на вариация на резултатите е 0,19%, колкото и при лигнитите (фиг. 2), а максималната стойност е около 1,6 пъти по-висока от минималната. Мацералите от група Инертинит са с почти идентичен интервал на отражението (0,93-1,94%) като при лигнитите, но повечето от измерванията са групирани около 1,7% (фиг. 1). Близко два пъти максималната стойност надвишава минималната. Средният показател на отражението на хуминита е по-висок 3,5 пъти по-висок от този на липтинита и 3,5 пъти по-нисък от този на инертинита (фиг. 4).

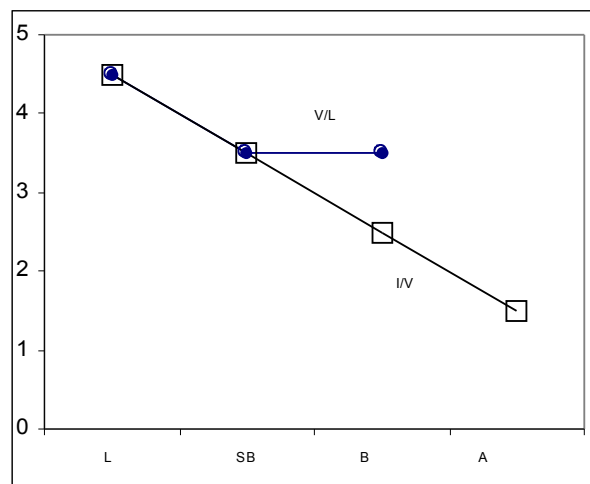


Фигура 3. Графика на изменението на средната стойност на показателя на отражение на мацералните групи Липтинит (L), Витринит (V) и Инертинит (I) за въглища с различен ранг.

**Черни въглища.** Показателят на отражение на липоидните мацерали (група Екзинит) се изменя в по-широк интервал (0,19-0,34%), като най-много замервания установяват най-високата стойност (фиг. 1). Максималната стойност превишава минималната около 1,8 пъти. Отражението на витринита варира от 0,85 до 1,13%, като този интервал е значително по-широк от установените за лигнитите и кафявите въглища (фиг. 1). Повечето от стойностите са под 1%. Докато разликата между средния показател на отражение на гелифицираните мацерали за лигнитите и кафявите въглища е минимална, то при черните въглища отражението е значително по-високо (фиг. 3). Отношението максимална/минимална стойност е около 1,5. Отражението на инертинита е значително по-високо и интервалът на изменение на стойностите е много широк – 1,76-3% (фиг. 1). Максималната стойност надвишава минималната 1,7 пъти, а разликата между тях е по-висока, отколкото при лигнитите и кафявите въглища (фиг. 2). Повечето от замерванията установяват отражение около 2% (фиг. 1). Мацералите от група Витринит имат 3,5 пъти по-високо отражение от това на липоидните мацерали и 2,5 пъти по-ниско от това на инертинитовите (фиг. 4).

**Антрацити.** Тъй като в антрацитите липоидните мацерали не могат да се наблюдават с традиционните методи и да им се замерва отражение (Taylor et al., 1998), данните са само за другите две мацерални групи. Витринитът е с

отражение в по-широк интервал (2,53-3,21%) и значително по-висока средна стойност (фиг. 3). Повечето измервания са групирани в интервала 2,5-2,8% (фиг. 1). Максималната стойност надвишава минималната едва 1,3 пъти. Инертинитовите мацерали са с показател на отражение, който варира в широки граници – от 3,18 до 4,9% (фиг. 2) и измерванията са почти равномерно разпределени в този интервал (фиг. 1). Средната стойност на отражението е много по-висока от тази при изследваните черни въглища (фиг.3). Отношението между максималната и минималната стойност е 1,5. Средното отражение на инертинита е 1,5 пъти по-високо от това на витринита (фиг. 4).



Фигура 4. Графики за отношенията между средните показатели на отражение витринит/липтинит (V/L) и инертинит/липтинит (I/V) за въглища с различен ранг.

Установяват се интересни зависимости в стойностите на показателя на отражение за отделните мацерални групи при въглищата с различен ранг. На фигура 2 може да се види, графиките на разликата между максималната и минималната измерени стойности за трите групи мацерали са сходни. Изменението е по незначително от лигнити към кафяви въглища, нараства при черните и особено рязко при антрацитите.

На фигура 3 е показано изменението на средния показател на отражение за трите групи мацерали с нарастване степента на въглефикация. В графиките също се установява сходство. Същевременно може да се види, че отражението на липоидните и гелифицираните мацерали е по-близко по стойност, а инертинитовите мацерали са с много високо отражение, което е установено и от Taylor et al. (1998). Това се отнася особено за въглищата с по-нисък ранг, докато при черните въглища разликата в отражението на витринита и екзинита е по-голямо. Прави впечатление, че разликата между средните стойности на показателите на отражение на витринита и инертинита се запазва постоянна при въглищата от различен ранг.

Фигура 4 илюстрира отношението между средното отражение на различните мацерални групи при въглища от различен ранг. Стойността на отношението между отражението на инертинита и витринита (I/V) намалява от

лигнити към антрацити, като зависимостта е линейна. Такава е в началото и зависимостта между отражението на липтинита и витринита ( $V/L$ ), но при черните въглища това отношение запазва стойността си от кафявите.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установени са следните взаимоотношения между показателите на отражение и диапазоните на вариация на техните стойности:
2. Липоидните мацерали в изследваните лигнити са с показатели на отражение, които варират в най-тесни граници, а при черните въглища вариацията на тези стойности е най-голяма. Отношението на отражението витринит/липтинит ( $V/L$ ) и инертинит/витринит ( $I/V$ ) е еднакво (4,5).
3. При кафявите въглища интервалите на вариация на отражението са подобни на тези при лигнитите, а отношенията  $V/L$  и  $I/V$  са със стойност 3,5.
4. Интервалите на вариация на показателите на отражение и на трите мацерални групи са по-големи при черните въглища, като това в най-голяма степен се отнася за инертинита. Отношението на отражението  $V/L=3,5$ , а  $I/V=2,5$ .
5. При антрацитите интервалите на вариация на отражението на витринита и инертинита са най-големи, а стойността на  $I/V$  е 1,5.

При липоидните мацерали се наблюдава най-тесен интервал на вариациите на показателя на отражение и той нараства незначително при въглища с по-висок ранг. Инертинитовите мацерали са с най-широк диапазон на измерените стойности за всеки тип въглища, докато

гелифицираните мацерали са със средни стойности, но по-близки до тези на липоидните. За инертинитовите и гелифицираните мацерали се наблюдава увеличаване на интервала на вариации с нарастване на степента на въглефикация, особено при черните въглища и антрацитите. Средното отражение на липоидните и гелифицираните мацерали е близко по стойност особено при лигнитите и кафявите въглища. Графиките на изменение на този показател с нарастване на степента на въглефикация са сходни за трите мацерални групи. Съотношението между показателите на отражение на инертинита и витринита  $I/V$  е обратно пропорционално на ранга на въглищата и неговата стойност намалява с единица от лигнитите към антрацитите. Подобна линейна зависимост се установява и при отношението  $V/L$  от лигнити към кафяви въглища, но стойността му се запазва при черните въглища.

## ЛИТЕРАТУРА

- Alpern, B., M. J. Lemos De Sousa. 1970. Sur le pouvoir reflecteur de la vitrinite et de la fusinite des houilles. C. R. Acad. Sci., Paris, 271, 956-959.
- Stach, E., M.-Th. Mackowsky, M. Teichmüller, G. H. Taylor, D. Chandra, R. Teichmüller. 1982. Coal Petrology. Gebrüder Borntraeger, Berlin-Stuttgart, 535pp.
- Taylor, G. H., M. Teichmüller, A. Davis, C. F. K. Diessel, K. Littke, P. Robert. 1998. Organic Petrology. Gebrüder Borntraeger, Berlin-Stuttgart, 704pp.
- Veld, H., J. W. de Leeuw, J. S. Sinninghe Damste, W. J. J. Fermont. 1994, Molecular Characterisation of Vitrinite Maturation as Revealed by Flash Pyrolysis Methods. Amer. Chem. Soc., Washington DC, ACS Symp. Ser., 570, 149-160.

## RELATIONSHIP BETWEEN THE REFLECTANCE OF THE MACERAL GROUPS FROM COAL WITH DIFFERENT RANK

Anton Sotirov<sup>1</sup>, Thomas Rainer<sup>1</sup>, Jordan Kortenski<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institut für Geowissenschaften Montanuniversität Leoben, A-8700, Leoben, Austria

<sup>2</sup> University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Sofia 1700, Bulgaria

### ABSTRACT

The main purpose of the study was the determination of the ratios between the reflectance of the maceral groups of coal with different rank and the range of the reflectance of each maceral group with changing of the coal rank. The coal from different basins from Bulgaria and Slovenia were sampled and studied. The samples from each type of coal were studied and 60 points were measured of each sample. The following relationships between the reflectance of the maceral groups and the following ranges of the reflectance of each group were observed: 1) In the studied lignite the Liptinite macerals have reflectance, which vary in short interval and that interval is widest for the bituminous coal. The ratio of the reflectance Vitrinite/Liptinite (V/L) and Inertinite/Vitrinite (I/V) is equal (4.5). 2) The intervals of variation of maceral reflectance in the sub-bituminous coal are similar to the lignite, but the V/L=3.5 and I/V=3.5. 3) The intervals of variation of the reflectance of the macerals (especially Inertinite) for the bituminous coal are wider than the lignite and sub-bituminous coal and the ratios V/L=3.5 and I/V=2.5. 4) The intervals of variation of the reflectance of the Vitrinite and Inertinite macerals are largest in the anthracite and the ratio I/V = 1.5. The Liptinite macerals have most short interval of variations of the reflectance and this interval increase with the increasing of the coal rank. The Inertinite macerals have the widest interval of the reflectance values for each coal type. The Vitrinite maceral reflectance has middle settled values, but they are more similar values to the Liptinite macerals reflectance. The interval of variation of the reflectance increases for the Inertinite and Vitrinite macerals with the increasing of the rank (especially for the bituminous coal and anthracite). The average reflectance of the Huminite (Vitrinite) and Liptinite macerals is similar, especially for the lignite and the sub-bituminous coal. The graphics of the changing of the reflectance with the increasing of the coal rank is similar for the three maceral groups. The ratio I/V decreases with the increasing of the rank of the coal and its value decreases from lignite to anthracite with step of 1.0. Similar linear relationship is established for the ratio V/L from lignite to sub-bituminous coal, but the ratio V/L is not changed from the sub-bituminous to the bituminous coal.

Key words: reflectance of different macerals, reflectance ratios, lignite, sub-bituminous coal, bituminous coal, anthracite.

### INTRODUCTION

Coal with different rank from Bulgarian and Slovenian basins was studied. The lignite from the Sofia Neogene basin, the sub-bituminous coal from the Pernik basin with Late Miocene–Early Oligocene age, the bituminous coal from Vremški Britov (South-East Slovenia) with Upper Cretaceous age and the anthracite from Drenov Griz (Central Slovenia) with Upper Triassic age were sampled.

The main purpose of the study was the determination of: 1) the relationships between the reflectance of the maceral groups of coals with different rank and 2) the change of the reflectance of each maceral group with the increasing of the rank of the coal.

### MATERIALS AND METHODS

The coals from each type were sampled. They were prepared for microscopic investigations. Sixty points were measured for reflectance of the macerals of each sample. A microscope "Leica" with reflective light ( $\lambda=546$  nm), objective 50x/0.85 (oil) and a computer program "Leica mpv\_meas" was used. Gadolinium-gallium-granat with reflectance  $R_0=1.699\%$  was used as a standard.

### RESULTS AND DISCUSSION

The reflectance of the macerals from all groups increases with the increasing of the coal rank (Taylor et al., 1998). The reflectance of the Vitrinite macerals is intermediate (Stach et al., 1982). The ulminite and telocollinite show relatively gradual change with increasing rank of the coal (Veld et al., 1994) and usually they are the most measured macerals for the determination of the Vitrinite reflectance in the present study. The sporinite is most measured maceral from the Liptinite group. He is the prevailing maceral from that group in the studied samples. The fusinite reflectance is the most determined from the Inertinite group. Some samples are poor of Inertinite or Liptinite macerals. Alpern et al. (1970) report a diagram for the reflectance of different macerals of coal with different carbon content (respective different rank). This diagram shows that the reflectance of the macerals from the Liptinite and Inertinite groups (with an exemption of the semifusinite) not varies. The Vitrinite reflectance varies in coal with higher rank only. Hoover&Davis (Taylor et al., 1998) report similar diagram, which shows linear relationship between the reflectance of the vitrinite, macrinite, semifusinite and sporinite and the coal rank. The fusinite reflectance is very varied only. The reflectance of the macerals from all groups increases from lignite to anthracite (Fig. 1). The relationship in the ranges of reflectance for each maceral group in the coal with different rank is established in the present study (Fig. 1).

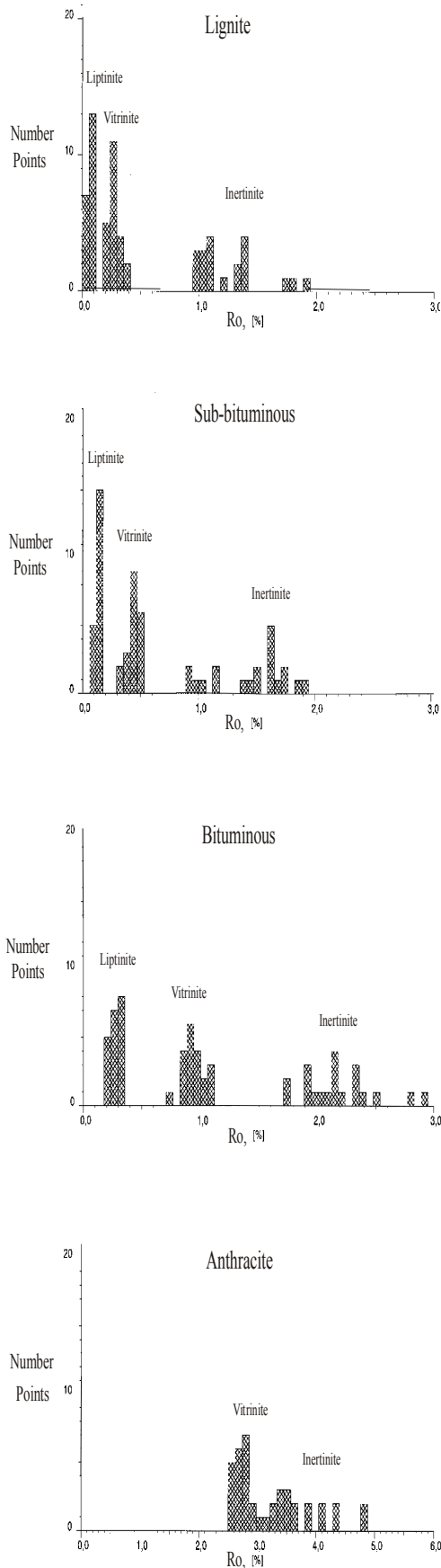


Fig. 1  
 Figure 1. Histograms of the reflectance  $R_o$  (%) of the macerals from the Liptinite, Vitrinite and Inertinite groups in coal with different rank.

**Lignite.** The reflectance of the Liptinite macerals varies from 0.03 to 0.11% (Fig. 1). The maximum value is higher than the minimum value about 3.7 times. The reflectance of the Huminite varies between 0.21 and 0.4%. The more measurements have low values (Fig. 1). The difference between the maximum and minimum value is about 2 times. The reflectance of the Inertinite macerals varies in wide interval (0.96-1.94%), but the most of the values are grouped at the interval 0.96-1.5% (Fig. 1). The maximum value is higher than the minimum value about 2 times. The average reflectance value of the Huminite is 4.5 times higher than the Liptinite and 4.5 times lower than the Inertinite (Fig. 3).

**Sub-bituminous coal.** The reflectance of the Liptinite macerals varies from 0.08 to 0.17%. The interval of the variation is short and the most of the measured points have higher reflectance (Fig. 1). The maximum value is higher than the minimum value about 2 times. The reflectance of the Huminite is higher than the same of the lignite and it varies from 0.33 to 0.54%. The rank of the Pernik coal is sub-bituminous A and the most of the measurements have higher values of the reflectance (Fig. 1). The interval of variation of the values is 0.19% (as much in the lignite) (Fig. 2) and the maximum value is about 1.6 times higher than the minimum. The Inertinite macerals have nearly the same interval of the reflectance (0.93-1.94%) as much in the lignite, but more of the measurements are grouped about 1.7% (Fig. 1). The maximum value is nearly 2 times higher than the minimum value. The average reflectance of the Huminite is about 3.5 times higher than the Liptinite and 3.5 times lower than the Inertinite (Fig.4).

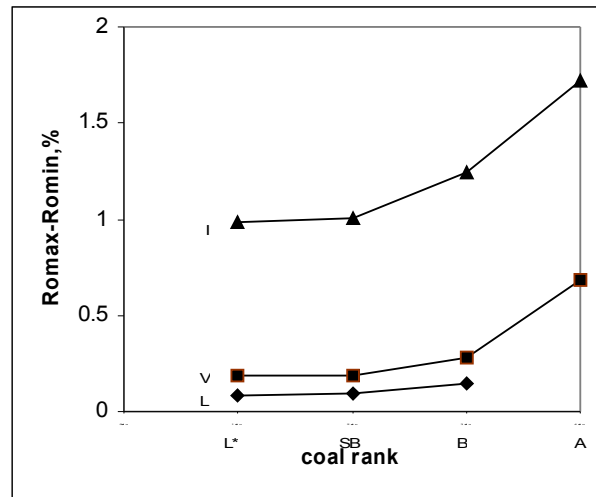


Figure 2. Plot for changing of the interval of reflectance values ( $R_{o\max} - R_{o\min}$ , %) of the maceral groups Liptinite, Vitrinite and Inertinite in coal with different rank.

**Bituminous coal.** The reflectance of the Liptinite macerals changes in wide interval (0.19-0.34%) and the most measurements have high values (Fig. 1). The maximum value is about 1.8 times higher than the minimum value. The Huminite reflectance is wider in comparison with the lignite and sub-bituminous coal (Fig. 1). The most of the values are below 1%. The ratio max/min value is about 1.5. The reflectance of the Inertinite is significantly higher and the interval of change of the values is very wide (1.76-3% - Fig. 1). The maximum value is higher than the minimum 1.7 times and the difference

between them is higher than the lignite and the sub-bituminous coal (Fig. 2). The most of the measurements establish reflectance about 2% (Fig. 1). The Vitrinite macerals reflectance is 3.5 times higher than the Liptinite macerals and 2.5 times lower than the Inertinite macerals (Fig. 4).

**Anthracite.** The Liptinite macerals may not be observed with the traditional methods in the anthracites (Taylor et al., 1998) and they are not measured in the present study. The interval of the Vitrinite reflectance is wider (2.53-3.2%) and it has significantly higher value than in the other coals (Fig. 3). The most measurements are grouped in the interval (2.5-2.8% - Fig. 1). The maximum value is higher than the minimum value 1.3 times only. The Inertinite macerals have reflectance in wide interval – from 3.18 to 4.9%. (Fig. 2) and the measurements have uniform distribution into that interval (Fig. 1). The average value of the reflectance is much higher than the studied bituminous coal (Fig. 3). The ratio max/min value is 1.5 times. The average reflectance of the Inertinite macerals is about 1.5 times higher than the Vitrinite macerals (Fig. 4).

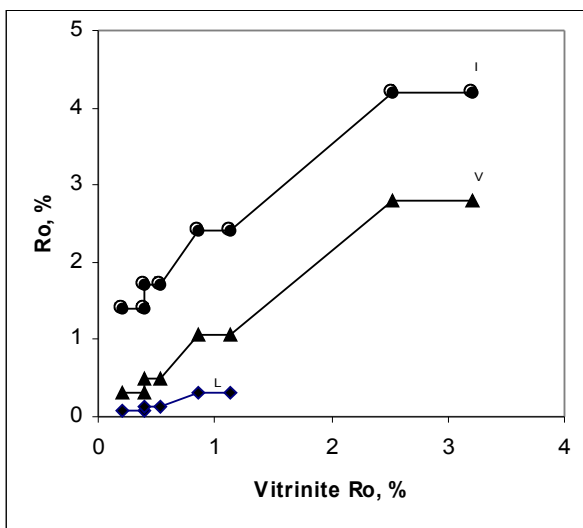


Figure 3. Plot for the changing of the average reflectance value of the maceral groups Liptinite, Vitrinite and Inertinite for coals with different rank.

The following relationships between the reflectance of the maceral groups in the coal with different rank are established. The differences between the maximum and minimum values of the maceral groups reflectance are similar (Fig. 2). The change is smaller for the lignite and sub-bituminous coal and it increases in the bituminous coal and anthracites.

The change of the average reflectance value of the three maceral groups with increasing of the coal rank is shown on the Figure 3. The graphics are similar. The reflectance values of the Liptinite and Vitrinite group are near. The Inertinite macerals have much higher reflectance and Taylor et al. (1998) were established this too. It is valid for coal with lower rank and the reflectance of the Vitrinite and Liptinite are very different. The difference between the average values of the Vitrinite and Inertinite reflectance is constant for coal with different rank.

The Figure 4 illustrates the relationship between the average reflectance of the three maceral groups with coals with different rank. The value of the ratio between the Inertinite and Vitrinite (I/V) is decreasing from lignite to anthracite and the relationship is linear. The relationship between the reflectance of the Vitrinite and Liptinite (V/L) is similar, but the ratio V/L is not changed from the sub-bituminous to the bituminous coal.

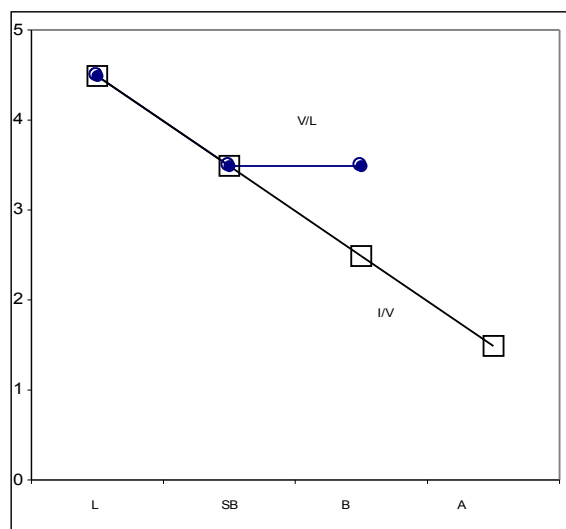


Figure 4. Plot for the ratios between the average reflectance values Vitrinite/Liptinite (V/L) and Inertinite/Vitrinite (I/V) for coals with different rank.

## CONCLUSIONS

The following relationships between the maceral reflectance and the intervals of variation of their values were established:

- 1) In the studied lignite the Liptinite macerals have reflectance, which vary in short interval and that interval is widest for the bituminous coal. The ratio of the reflectance Vitrinite/Liptinite (V/L) and Inertinite/Vitrinite (I/V) is equal (4.5).
- 2) The intervals of variation of maceral reflectance in the sub-bituminous coal are similar to the lignite, but the V/L=3.5 and I/V=3.5.
- 3) The intervals of variation of the reflectance of the macerals (especially Inertinite) for the bituminous coal are wider than the lignite and sub-

- bituminous coal and the ratios  $V/L=3.5$  and  $I/V=2.5$ .
- 4) The intervals of variation of the reflectance of the Vitrinite and Inertinite macerals are largest in the anthracite and the ratio  $I/V = 1.5$ .

The Liptinite macerals have most short interval of variations of the reflectance and this interval increase with the increasing of the coal rank. The Inertinite macerals have the widest interval of the reflectance values for each coal type. The Vitrinite maceral reflectance has middle settled values, but they are more similar values to the Liptinite macerals reflectance. The interval of variation of the reflectance increases for the Inertinite and Vitrinite macerals with the increasing of the rank (especially for the bituminous coal and anthracite). The average reflectance of the Huminite (Vitrinite) and Liptinite macerals is similar, especially for the lignite and the sub-bituminous coal. The graphics of the changing of the reflectance with the increasing of the coal rank is similar for the three maceral groups. The ratio  $I/V$  decreases with the increasing of the rank of the coal and its value decreases from

lignite to anthracite with step of 1.0. Similar linear relationship is established for the ratio  $V/L$  from lignite to sub-bituminous coal, but the ratio  $V/L$  is not changed from the sub-bituminous to the bituminous coal.

#### REFERENCES

- Alpern, B., M. J. Lemos De Sousa. 1970. Sur le pouvoir reflecteur de la vitrinite et de la fusinite des houilles. C. R. Acad. Sci., Paris, 271, 956-959.
- Stach, E., M.-Th. Mackowsky, M. Teichmüller, G. H. Taylor, D. Chandra, R. Teichmüller. 1982. Coal Petrology. Gebrüder Borntraeger, Berlin-Stuttgart, 535 pp.
- Taylor, G. H., M. Teichmüller, A. Davis, C. F. K. Diessel, K. Littke, P. Robert. 1998. Organic Petrology. Gebrüder Borntraeger, Berlin-Stuttgart, 704 pp.
- Veld, H., J. W. de Leeuw, J. S. Sinninghe Damste, W. J. J. Fermont. 1994. Molecular Characterisation of Vitrinite Maturation as Revealed by Flash Pyrolysis Methods. Amer. Chem. Soc., Washington DC, ACS Symp. Ser., 570, 149-160.



*Recommended for publication by Department  
of Economic Geology, Faculty of Geology*