

**ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE  
COMMITTEE ON SUSTAINABLE ENERGY**  
Geneva

# **International Classification of in-Seam Coals**

## **Classification Internationale des Charbons en Veine**

## **Международная Классификация Углей в Пластах**



**UNITED NATIONS**  
**New York and Geneva, 1998**



# INTERNATIONAL CLASSIFICATION OF IN SEAM COALS

## 1. Introduction and historical background

- 1.1. This document introduces and describes the International Classification of In Seam Coals developed by the ECE-United Nations Working Party on Coal<sup>1</sup> through the Group of Experts on the Utilization and Preparation of Solid Fuels.

The work was supported by four ad hoc meetings (1988, 1989, 1991 and 1992) and one task force (1990) of the specialists (Group of Experts) representing all interested countries and international organizations, viz: the ECE countries themselves, other countries participating in the meetings pursuant to Article 11 of the Commission's Terms of Reference, the former Council for Mutual Economic Assistance (CMEA), the European Economic Community (ECE), the International Committee for Coal and Organic Petrology (ICCP), the International Energy Agency (IEA/OECD), and the International Organization for Standardization (ISO). The ICCP has systematically been consulted on matters concerned with coal petrographic parameters. The Committee on Upgrading of Coal of the European Coal and Steel Community has been specifically consulted with regards to the coal "grade" and its subdivisions. All opinions were considered and taken into account, and the results and main decisions of the meetings are as registered in the respective reports (see [18] [19] [20] [24] [25]).

- 1.2. In order to prepare the International Classification of In Seam Coals, the Group of Experts accepted, amongst those submitted to the ECE-UN, the French Government proposal [21]<sup>2</sup> as the one to be used as the basis for discussion. This project basically coincides with the system developed by B. Alpern, presented for the first time as a document from the Centres d'Etudes et Recherches des Charbonnages de France dated 12th April 1977. Subsequently, the system was published in its original version (1979 [1], 1981 [2]) and suffered successive improvements (Alpern and Lemos de Sousa 1987 [3]; Alpern et al. 1989 [4] and Lemos de Sousa et al. 1992 [46]). A computerized version demonstrating its application to all coals was also published (Alpern et al. 1988 [6]). The application of the system was also demonstrated for "Gondwana-type" coals by Navale and Misra (1983) [49] for Indian coals, by Alpern and Nahuys (1985) [5] for Brazilian coals and by Falcon (1986) [26] for Southern Africa coals.

---

<sup>1</sup> Till 1990 the activities of the ECE-UN "Working Party on Coal" were undertaken by the "Coal Committee".

<sup>2</sup> When presented, this proposal was considered a "sub-classification" due to the nomenclature in use at the time by the ECE-UN.

## 2. Objective

The objective of the International Classification of In Seam Coals is to create an instrument that will permit the classification of coals to contribute to the characterization of coal deposits. This classification is not to be used for commercial or trade purposes.

## 3. Methodology

The systematization of coal should be based on three fundamental characteristics which, according to present day knowledge, provide clear definition. These characteristics must always be considered jointly :

- **Rank** (degree of coalification)
  
- **Petrographic Composition**
  
- **Grade** (amount of impurities).

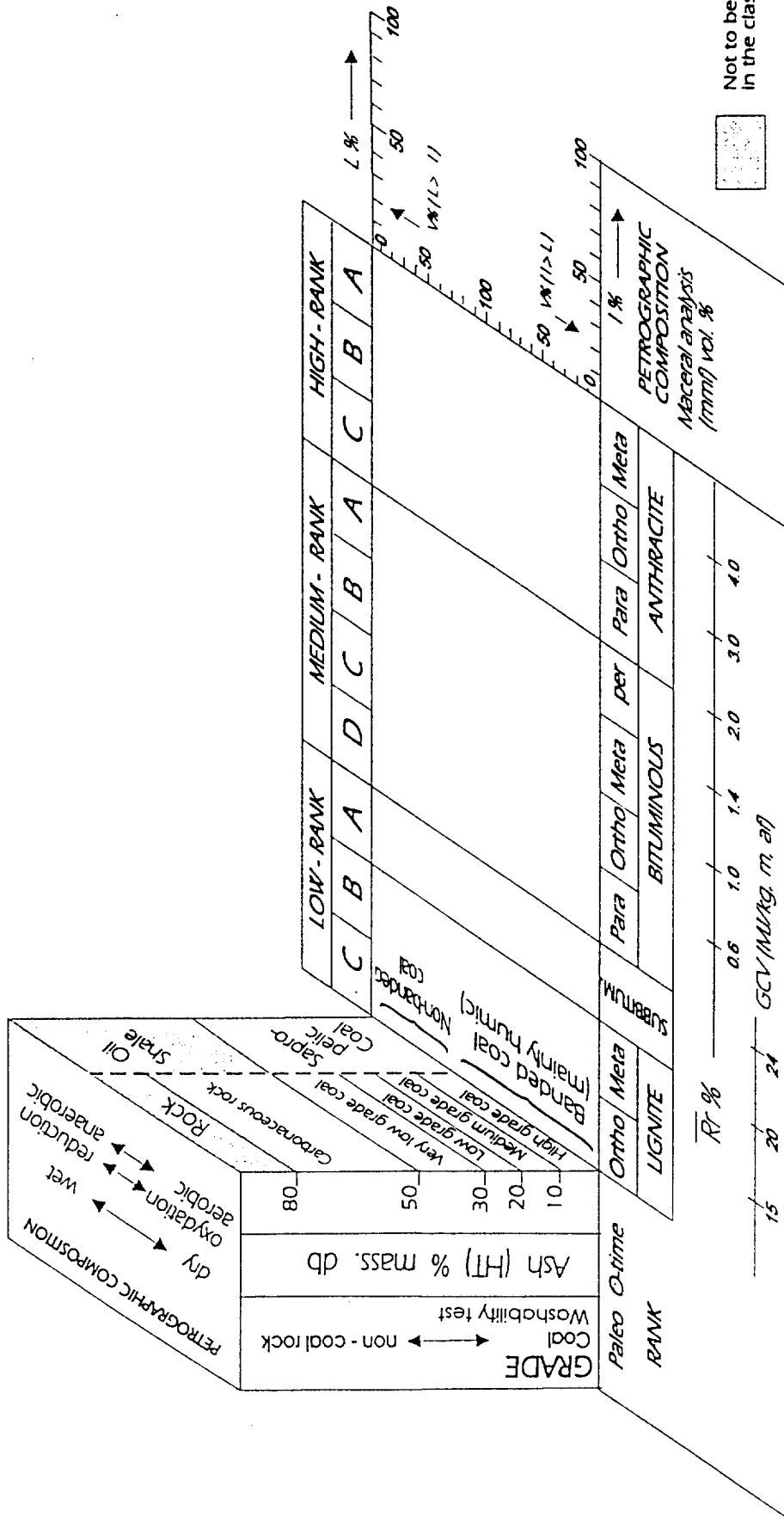
The existing classification systems do not reflect the above features, being based on gross chemical properties. None of the existing classification systems specify directly all three of these characteristics. The systems are even less effective when the rank parameters are chemical ones, or when the influence of Petrographic Composition is not taken into account. This justifies the need to prepare a new classification to accomplish the above mentioned objectives.

It is also recognized that an accurate assessment of coal deposits requires a clearly defined sampling technique. Such a standard is currently being considered by the International Organization for Standardization (ISO), and until such an international sampling standard is developed and agreed upon, it was suggested that sampling be based on existing national standards, and that the standard used be identified in conjunction with the classification analysis. This will permit any user of the analytical data to independently evaluate the implications of those data for his own purposes. For instance, Australian and American standards may be relied upon [9] [15] [16].

The categorization of coal rank is organized along two lines to permit comparison between conventional group names ranging from lignite to and including anthracite and a hierarchical ordering of Low-, Medium- and High-Rank coals. The conventional names approximate some national systems which are based upon chemical, thermal and rheological properties. The hierarchical ordering employs reflectance, together with calorific value (see Figure 3).

## 4. Classification

Figures 1 and 2 illustrate the ECE-UN International Classification of In Seam Coals, based on Rank, Petrographic Composition, and Grade. The following points summarize the main international consensus reached in each case.

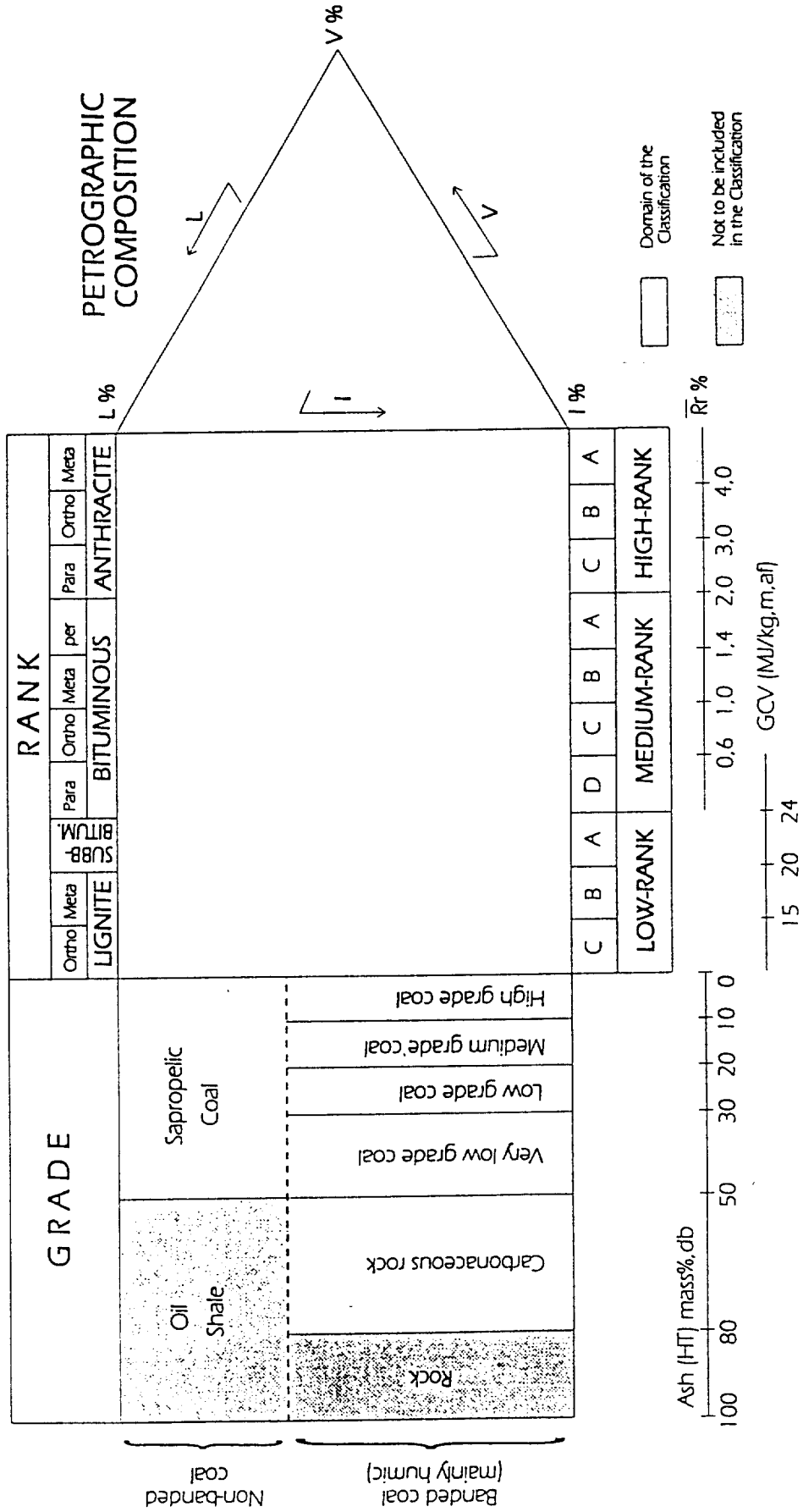


Not to be included in the classification

NB : Both designations of rank divisions (Low-Rank, Medium-Rank, High-Rank on one hand, Lignite, Subbituminous, Bituminous, Anthracite, on the other hand) apply to humic coals and to sapropelic coals as well.

R<sub>r</sub> % - Vitrimite Mean Random Reflectance, per cent (ISO 7404-5 Standard)  
 GCV (MJ/kg, m, aD) - Gross Calorific Value in MJ/kg, recalculated to moist, ash free basis (ISO 1928 and 1170 standards), moisture being Bed Moisture, i.e. Total Moisture (ISO 1015 or 5068 standards)  
 Ash (HT) mass%, db - Ash content (High Temperature), mass per cent, recalculated to dry basis (ISO 1171, 331 and 1170 standards)  
 V%, L%, I% - Vitrimite, Lipinitite and Inertinite contents respectively, volume per cent, mineral matter free (ISO 7404-3 Standard).

Figure 1. General version of the ECE-UN In Seam Coal Classification.



**NB:** Both designations of rank divisions (Low-Rank, Medium-Rank, High-Rank on one hand, Lignite, Sub-bituminous, Bituminous, Anthracite, on the other hand) apply to humic coals and to sapropelic coals as well.

$\bar{R}_r$  % - Virinite Mean Random Reflectance, per cent (ISO 7404-5 Standard)  
 GCV (MJ/kg, m, af) - Gross Calorific Value in MJ/kg, recalculated to moist, ash free basis (ISO 1928 and 1170 standards), moisture being Bed Moisture, i.e. Total Moisture (ISO 1015 or 5068 standards)  
 Ash (HT) mass%, db - Ash content (High Temperature), mass per cent, recalculated to dry basis (ISO 1171, 331 and 1170 standards)  
 V%, L%, I% - Virinitite, Lipinitite and Inertinitite contents respectively, volume per cent, mineral matter free (ISO 7404-3 Standard).

Figure 2. Alternative and simplified (planified) chart of ECE-UN In Seam Coal Classification.

#### 4.1. Rank

The lower and upper rank limits considered in the Classification are as follows :

- **lower limit** (Ortho-Lignite or Low-Rank C coal/Peat boundary): less than 75% moisture content (as received), moisture being Bed Moisture, i.e. Total Moisture determined according to ISO 1015 [35] or 5068 [40] standards.
- **upper limit** (Meta-Anthracite or High-Rank A coal/Semi-Graphite boundary) : less than 0.8% Hydrogen content (d, af). Hydrogen content must be determined according to ISO 609 [33] or 625 [34] standards.

Between the indicated limits, the following main divisions are delineated (see Figures 1 and 2) : **Lignite, Subbituminous, Bituminous and Anthracites** or, alternatively, **Low- Medium- and High-Rank** divisions.

In the absence of a known parameter reliable enough to cover the full range of rank, the boundary limits for the main divisions and subdivisions are based on **Vitrinite mean Random Reflectance per cent (  $\bar{R}_r\%$ )** and **Gross Calorific Value in MJ/kg (GCV MJ/kg)**. Analytical methods for these parameters shall conform with ISO 7404-5 [43]<sup>3</sup> and 1928 [39] standards, respectively.

The first step to be taken when classifying a coal by rank is concerned with the concept of General Classification as included in [28]. The objective is to distinguish between Low-Rank coals and Higher-Rank coals (Hard coals) by the following way :

- **Low-Rank coals** are coals with  $GCV (m, af) < 24 \text{ MJ/kg}$  and  $\bar{R}_r < 0.6\%$  ;
- **Higher-Rank coals (or Hard coals)** i.e., all **Medium- and High-Rank coals**, are coals with :
  - $GCV (m, af) \geq 24 \text{ MJ/kg}$  ;
  - or
  - $GCV (m, af) < 24 \text{ MJ/kg}$ , provided that  $\bar{R}_r \geq 0.6\%$ .

For the General Classification, the moist basis utilized to recalculate the Gross Calorific Value to a moist, ash free basis (m, af) is **Moisture-Holding Capacity** determined according to ISO 1018 Standard [36].

The second step to classify a coal by rank involves a refinement of the first one in order to plot it in rank **main divisions and subdivisions**. The latter are as in Figures 1 and 2.

In order to avoid misinterpretations, it was decided that :

- If  $\bar{R}_r \geq 0.6\%$ , coals must be classified according to Vitrinite mean Random Reflectance per cent ;
- If  $\bar{R}_r < 0.6\%$ , coals must be classified according to Gross Calorific Value (m, af) in MJ/kg.

---

<sup>3</sup> Samples to be prepared according to ISO 7404-2 [41] Standard.

In such cases where  $\bar{R}_r < 0.6\%$  and  $GCV (m, af) < 24 \text{ MJ/kg}$ , i.e. in Low-Rank coals, and remembering that, in this range, the detailed classification is based on the Gross Calorific Value, this parameter has to be recalculated to a moist, ash free basis (m, af) using **Bed Moisture**, i.e. Total Moisture determined according to ISO 1015 [35] or 5068 [40] standards<sup>4</sup>.

The reason for using Bed Moisture instead of Moisture-Holding Capacity to classify Low-Rank coals is that, in this range, Moisture-Holding Capacity, determined according to ISO 1018 Standard [36], does not give reliable values and thus is not reproducible.

Furthermore, the reasons for establishing the rank subdivision boundary limits shown in Figures 1 and 2 are the following :

- In Low-Rank coals: statistical data published in Alpern et al (1989) [4] based on Hacquebard (1984) [27], Ode and Gibson (1960) [50], Parks (1951) [51] and Parks and O'Donnell (1956) [52] - see also Figure 3.
- In Medium- and High-Rank coals:
  - $\bar{R}_r = 0.6\%$  : this boundary coincides with the reflectance value, which when joined with GCV, establishes the limit between Low- and Higher-Rank coals (Hard coals) in the General Classification included in [28].
  - $\bar{R}_r = 1.0\%$  : this boundary corresponds to the maximum of fluorescence intensity of Vitrinite.
  - $\bar{R}_r = 1.4\%$  : this boundary corresponds to the transition from mosaic to fibrous coke textures.
  - $\bar{R}_r = 2.0\%$  : this boundary corresponds to an average value, easy to use, corresponding to the end of Vitrinite swelling properties.
  - $\bar{R}_r = 3.0\%$  : this boundary corresponds to a change in anthracite ignition properties, becoming comparatively more difficult to ignite over this limit.
  - $\bar{R}_r = 4.0\%$  : this boundary corresponds to the limit between anthracite and meta-anthracite in accordance with illite crystallinity.

Figure 3 illustrates the rank parameters available in bibliography which are in correlation with those adopted in the ECE International Classification of In Seam Coals, i.e. Vitrinite mean Random Reflectance (per cent) and Gross Calorific value (moist, ash free). In this figure, the limits proposed in the ECE-UN Classification of In Seam Coals are also compared with the divisions used in two important national classification systems, viz. United States of America ASTM D388 Standard [11] and Australia AS 2096 Standard [8].

---

<sup>4</sup> In order to avoid any confusion, it must be emphasized that the concept of Bed Moisture is taken to be equivalent to Total Moisture, as determined by ISO 589 Standard [32] for Medium- and High-Rank coals and by ISO 1015 [35] or 5068 [40] standards for Low-Rank coals. Furthermore, in the United States of America (see ASTM D121 [10] and D388 [11] standards), and with exception of lignites and some subbituminous coals, Bed Moisture is equivalent to Equilibrium Moisture at 96-97 per cent relative humidity at 30°C, i.e. Moisture-Holding Capacity, determined according to ASTM D1412 Standard [12].



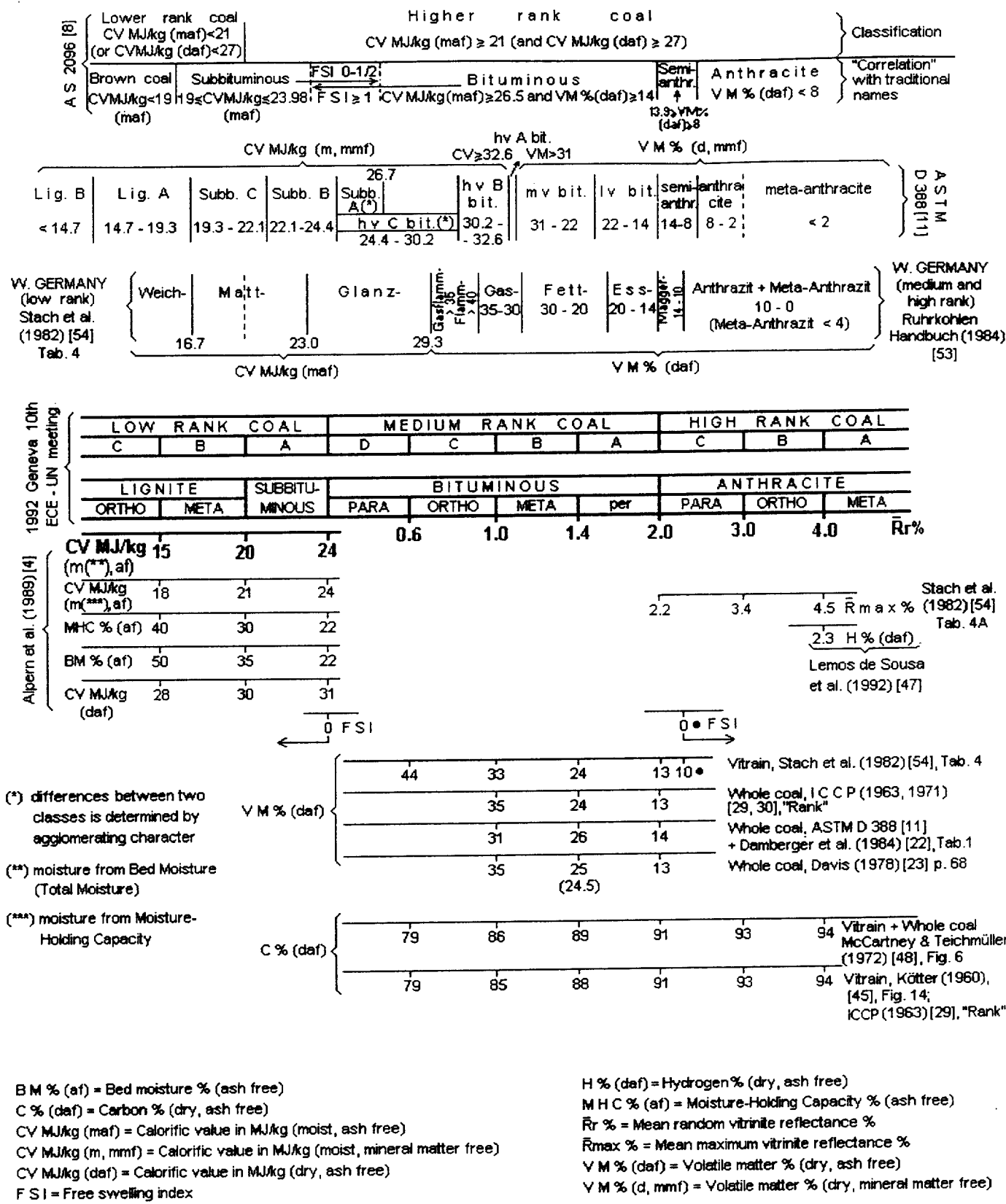


Figure 3 Chart illustrating correlation between adopted parameters for Rank in ECE-UN In Seam Coal Classification ( $\bar{R}r\%$  and GCV MJ/kg, m, af) and other Rank parameters available in bibliography. The limits proposed for rank divisions in ECE-UN Classification are also compared with the divisions used in two important national classification systems, viz. United States of America ASTM D388 Standard [11] and Australia AS 2096 Standard [8].

## 4.2. Petrographic Composition

Petrographic composition is expressed in terms of Maceral Group Analysis (V, L, I, mmf, volume per cent) carried out according to ISO 7404-3 Standard [42]<sup>5</sup>, and supplemented, where possible, by visual characterization in terms of lithotypes, namely Bright, Intermediate, and Dull coals [10] [13]. The concepts of banded (mainly humic) coals and non-banded coals [10] [13]. have also been taken into account, and relate to the megascopic description of coals and coal seams (see ASTM D 2796 Standard [13]). However, the latter definitions are broad because there are humic coals which might exhibit non-banded characteristics. In the case of humic coals there is continuous transition between vitrinite and inertinite. This makes it impractical to set petrographic boundaries.

## 4.3. Grade

The boundary limits for grade as shown in Figures 1 and 2, are based on Ash content (db) per cent mass as carried out according to ISO 1171 Standard [38].

For Sapropelic coals the upper grade limit is 50% Ash content (db) thus excluding Oil Shales. For Humic Coals the upper grade limit is 80% Ash content (db) above which rocks will not be covered by the classification. This implies the existence of a subdivision termed Carbonaceous Rock with an Ash content (db) greater than 50% and less than 80%.

## 5. Washability Test

A simple washability test could be used to establish the relative amount of finely disseminated mineral matter in the coal. Such information is an additional indicator of facies in relation to grade. For this purpose, it is suggested that a representative sample be reduced in size to 6 mm x 0 and the recovery and ash content of the fraction that floats at a specific gravity of 1.60 be determined. Bearing in mind that this classification system is not intended to be used for commercial or technological purposes, the general operating procedures and test methods given by AS 1661 [7], ASTM D 4371 [14], BS 7067 [17] and ISO 7936 [44] standards are suitable, but the complete size ranges given in the same standards are not to be applied for this particular purpose.

---

<sup>5</sup> Samples to be prepared according to ISO 7404-2 [41] Standard.

**LIST OF ISO STANDARDS TO BE UTILIZED IN THE CLASSIFICATION**

<b>Nr</b>	<b>TITLE</b>	<b>USED FOR</b>	<b>REFERENCE</b>
331	Coal. Determination of moisture in the analysis sample. Direct gravimetric method.	Determination of moisture in the analysis sample to be utilized in calculations to different bases.	[31]
609	Coal and coke. Determination of carbon and hydrogen. High temperature combustion method.	Hydrogen content.	[33]
625	Coal and coke. Determination of carbon and hydrogen. Liebig method.	Hydrogen content.	[34]
1015	Brown coals and lignites. Determination of moisture content. Direct volumetric method.	Bed Moisture = Total Moisture (Low-Rank coals).	[35]
1018	Hard coal. Determination of moisture-holding capacity.	Moisture-Holding Capacity (Hard-coals).	[36]
1170	Coal and coke. Calculation of analyses to different bases.	Calculation to different analytical bases.	[37]
1171	Solid mineral fuels. Determination of ash.	Ash content.	[38]
1928	Solid mineral fuels. Determination of gross calorific value by the calorimeter bomb method, and calculation of net calorific value.	Gross Calorific Value.	[39]
5068	Brown coals and lignites. Determination of moisture content. Indirect gravimetric method.	Bed Moisture = Total Moisture (Low-Rank coals).	[40]
7404-2	Methods for the petrographic analysis of bituminous coal and anthracite. Part 2: Preparation of coal samples.	Coal sample preparation for petrographic analysis.	[41]
7404-3	Methods for the petrographic analysis of bituminous coal and anthracite. Part 3: Method of determining maceral group composition.	Maceral group analysis.	[42]
7404-5	Methods for the petrographic analysis of bituminous coal and anthracite. Part 5: Method of determining microscopically the reflectance of vitrinite.	Vitrinite mean Random Reflectance.	[43]

## REFERENCES

- [1] ALPERN, B., 1979. Essai de classification des combustibles fossiles solides. *Publ. tech.*, 3: 195-210. (Publication CERCHAR N° 2810).
- [2] ALPERN, B., 1981. Pour une classification synthétique universelle des combustibles solides. *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, 5,2: 271-290. (Journ. "La Géologie des Charbons, des Schistes bitumineux et des Kérogènes", Pau, 1981)
- [3] ALPERN, B. & LEMOS DE SOUSA, M.J., 1987. Project of an International Scientific Classification of Solid Fossil Fuels. *Internat. Congr. Carbonif. Stratigr. Geol.*, 11th, Beijing, 1987.
- [4] ALPERN, B., LEMOS DE SOUSA, M.J. & FLORES, D., 1989. A progress report on the Alpern Coal Classification. In: P.C. LYONS & B. ALPERN (Eds), Coal: Classification, Coalification, Mineralogy, Trace-element Chemistry, and Soil and Gas Potential. *Internat J. Coal Geol.*, 13,1/4:1-19.
- [5] ALPERN, B. & NAHUYS, J., 1985. Carvão da Bacia de Morungava. Estudo de seis sondagens. 151 pp. Fundação de Ciência e Tecnologia-CEINTEC. Porto Alegre.
- [6] ALPERN, B., NAHUYS, J., LEMOS DE SOUSA, M.J., PINHEIRO, H.J., MARQUES, M.M., FLORES, D., MOREIRA, V. & JORGE, A., 1988. The application of the 'Alpern Scientific Classification of Solid Fossil Fuels' to Qualify Gondwana Coals from different basins. *Publ. Mus. Labor. miner. geol. Fac. Ciênc. Porto, N.S.*, 1: 5-31.
- [7] AS 166.: 1979. Method for the float and sink testing of Hard Coal and presentation of results, 45 pp. Standards Association of Australia, North Sydney, New South Wales. 1987.
- [8] AS 2096: 1987. Classification and coding system for Australian coals. 8 pp. Standards Association of Australia, North Sydney, New South Wales. 1987.
- [9] AS 2617: 1983. Guide for the taking of samples from Hard Coal seams in situ. 12 pp. Standards Association of Australia, North Sydney, New South Wales. 1987.
- [10] ASTM Designation: D121-91. Standard Terminology of Coal and Coke. In: *1992 Annual Book of ASTM Standards, Section 5, Petroleum Products, Lubricants, and Fossil Fuels, Vol. 05.05, Gaseous Fuels: Coal and Coke*. p. 163-170. American Society for Testing and Materials - ASTM, Philadelphia, Pa. 1992.
- [11] ASTM Designation: D388-92. Standard Classification of Coals by Rank. In: *1992 Annual Book of ASTM Standards, Section 5, Petroleum Products, Lubricants, and Fossil Fuels, Vol. 05.05, Gaseous Fuels: Coal and Coke*. p. 192-195. American Society for Testing and Materials - ASTM, Philadelphia, Pa. 1992.
- [12] ASTM Designation: D1412-89. Standard Test Method for Equilibrium Moisture of Coal at 96 to 97 Percent Relative Humidity and 30°C. In: *1992 Annual Book of ASTM Standards, Section 5, Petroleum Products, Lubricants, and Fossil Fuels, Vol. 05.05, Gaseous Fuels: Coal and Coke*. p. 217-219. American Society for Testing and Materials - ASTM, Philadelphia, Pa. 1992.
- [13] ASTM Designation: D2796-88. Standard Definitions of Terms Relating to Megascopic Description of Coal and Coal Seams and Microscopical Description and Analysis of Coal. In: *1992 Annual Book of ASTM Standards, Section 5, Petroleum Products, Lubricants, and Fossil Fuels, Vol. 05.05, Gaseous Fuels: Coal and Coke*. p. 296-298. American Society for Testing and Materials - ASTM, Philadelphia, Pa. 1992.
- [14] ASTM Designation: D4371-91. Standard Test Method for Determining the Washability Characteristics of Coal. In: *1992 Annual Book of ASTM Standards, Section 5, Petroleum Products, Lubricants, and Fossil Fuels, Vol. 05.05, Gaseous Fuels: Coal and Coke*. p. 397-406. American Society for Testing and Materials - ASTM, Philadelphia, Pa. 1992.

- [15] ASTM Designation: D4596-86. Standard Practice for Collection of Channel Samples of Coal in the Mine. In: *1992 Annual Book of ASTM Standards, Section 5, Petroleum Products, Lubricants, and Fossil Fuels, Vol.05.05, Gaseous Fuels: Coal and Coke*. p.407-408. American Society for Testing and Materials - ASTM. Philadelphia, Pa. 1992.
- [16] ASTM Designation: D5192-91. Standard Practice for Collection of Coal Sample from Core. In: *1992 Annual Book of ASTM Standards, Section 5, Petroleum Products, Lubricants, and Fossil Fuels, Vol.05.05, Gaseous Fuels: Coal and Coke*. p.465-468. American Society for Testing and Materials - ASTM. Philadelphia, Pa. 1992.
- [17] BS 7067: 1990. British Standard Guide to Determination and presentation of float and sink characteristics of raw coal and of products from coal preparation plants. 18 pp. British Standard Institution. London. 1990.
- [18] COAL/AC.5/14 ECE-UN document [28 June 1988]: Seventh Ad hoc Meeting on the Elaboration of an International Scientific Classification of Medium-rank and High-rank Coals, Geneva, 13-14 June 1988. Report.
- [19] COAL/AC.5/16 ECE-UN document [6 October 1989]: Eighth Ad hoc Meeting on the Elaboration of a New International Classification of Coals, Lisbon (Portugal), 4-6 September 1989. Report.
- [20] COAL/AC.5/18 ECE-UN document [7 January 1991]: Ad hoc Meeting on the Elaboration of a New International Classification of Coals. First Task Force on the Elaboration of an International Classification of Seam Coals, Geneva, 19-21 November 1990. Report.
- [21] COAL/GE.3/R.77/Add.1 ECE-UN document [25 February 1986]: Preparation of a New ECE Classification of Coals. Draft sub-classification of medium-rank and high-rank coals (transmitted by the Government of France).
- [22] DAMBERGER, H.H., HARVEY, R.D., RUCH, R.R. & THOMAS Jr. J., 1984. Coal Characterization. In: B.R. COOPER & W.A. ELLINGSON (Eds), *The Science and Technology of Coal and Coal Utilization*. p. 7-45. Plenum Press. New York (N.Y.), London.
- [23] DAVIS, A., 1978. The reflectance of coal. In: C. KARR Jr. (Ed.), *Analytical Methods for Coal and Coal Products*, Vol. 1, p. 27-81. Academic Press. New York (N.Y.), London.
- [24] ENERGY/WP.1/AC.1/2 ECE-UN document [8 October 1991]: Ninth Ad hoc Meeting on the Elaboration of a New International Classification of Coals. 30 September-2 October 1991. Report.
- [25] ENERGY/WP.1/AC.1/4 ECE-UN document [2 October 1992]: Tenth Ad hoc Meeting on the Elaboration of an International Classification of Coals in Seam, Geneva, 16-18 September 1992. Report.
- [26] FALCON, R.M.S., 1986. Classification of Coals in Southern Africa. In: C.R. ANHAEUSSER & S. MASKE (Eds), *Mineral Deposits of Southern Africa*, Vol. 2. p. 1899-1921. Geological Society of South Africa. Johannesburg.
- [27] HACQUEBARD, P.A., 1984. Composition, rank and depth of burial of two Nova Scotia lignite deposits. *Current Res., Part A, Geol. Surv. Can. Pap.*, 84-1A: 11-15.
- [28] International Codification System for Medium and High Rank Coals. 26 pp. Economic Commission for Europe, United Nations (Geneva). United Nations. New York (N.Y.). 1988. (Document ECE/COAL/115).
- [29] International Handbook of Coal Petrography. 2nd Ed. International Committee for Coal Petrology (ICCP). Centre National de la Recherche Scientifique, Academy of Sciences of the USSR. Paris, Moscow. 1963.
- [30] International Handbook of Coal Petrography. Supplement to the 2nd Ed. International Committee for Coal Petrology (ICCP). Centre National de la Recherche Scientifique. Academy of Sciences of the USSR. Paris. Moscow. 1971.
- [31] ISO 331: 1983. Coal. Determination of moisture in the analysis sample. Direct gravimetric method. 3 pp. International Organization for Standardization-ISO, Geneva. 1983.
- [32] ISO 589: 1981. Hard coal. Determination of total moisture. 6 pp. International Organization for Standardization - ISO, Geneva, 1981.
- [33] ISO 609: 1975. Coal and coke. Determination of carbon and hydrogen. High temperature combustion method. 7 pp. International Organization for Standardization - ISO, Geneva. 1975.

- [34] ISO 625: 1975. Coal and coke. Determination of carbon and hydrogen. Liebig method. 7 pp. International Organization for Standardization – ISO, Geneva, 1975.
- [35] ISO 1015: 1975. Brown coals and lignites. Determination of moisture content. Direct volumetric method. 3 pp. International Organization for Standardization – ISO, Geneva, 1975.
- [36] ISO 1018: 1975. Hard coal. Determination of the moisture-holding capacity. 6 pp. International Organization for Standardization - ISO, Geneva, 1975.
- [37] ISO 1170: 1977. Coal and coke. Calculation of analyses to different bases. 4 pp. International Organization for Standardization-ISO, Geneva, 1977.
- [38] ISO 1171: 1981. Solid mineral fuels. Determination of ash. 2 pp. International Organization for Standardization - ISO, Geneva, 1981.
- [39] ISO 1928: 1976. Solid mineral fuels. Determination of gross calorific value by the calorimeter bomb method, and calculation of net calorific value. 14 pp. International Organization for Standardization – ISO, Geneva, 1976.
- [40] ISO 5068: 1983. Brown coals and lignites - Determination of moisture content - Indirect gravimetric method. 5 pp. International Organization for Standardization - ISO, Geneva, 1983.
- [41] ISO 7404-2: 1985. Methods for the petrographic analysis of bituminous coal and anthracite. Part 2: Method of preparing coal samples. 8 pp. International Organization for Standardization - ISO, Geneva, 1985.
- [42] ISO 7404-3: 1984. Methods for the petrographic analysis of bituminous coal and anthracite. Part 3: Method of determining maceral group composition. 4 pp. International Organization for Standardization - ISO, Geneva, 1984.
- [43] ISO 7404-5: 1984. Methods for the petrographic analysis of bituminous coal and anthracite. Part 5: Method of determining microscopically the reflectance of vitrinite. 11 pp. International Organization for Standardization - ISO, Geneva, 1984.
- [44] ISO 7936: 1992. Hard coal. Determination and presentation of float and sink characteristics. General directions for apparatus and procedures. 19 pp. International Organization for Standardization-ISO, Geneva, 1992.
- [45] KÖTTER, K., 1960. Die mikroskopische Reflexionsmessung mit dem Photomultiplier und ihre Anwendung auf die Kohlenuntersuchung. *Brennst.-Chem.*, 41, 9: 263-272.
- [46] LEMOS DE SOUSA, M.J., FLORES, D., PINHEIRO, H.J. & VASCONCELOS, L., 1992. Coal Classification and Codification. Up-date on the State of the Art and a Critical Review. *Publ. Mus. Labor. miner. geol. Fac. Ciênc. Porto*, N.S., 2, 61pp.
- [47] LEMOS DE SOUSA, M.J., PINHEIRO, H.J., MARQUES, M.M. & FLORES, D., 1992. A comparative study of meso- and some Ortho- and Meta-anthracites from North-Atlantic and Gondwana basins. *Publ. Mus. Labor. miner. geol. Fac. Ciênc. Porto*, N.S. 5, 16 pp. (Paper presented at the Internat. Gondwana Sympos., 7th, São Paulo, Brazil, 1988).
- [48] McCARTNEY, J.T. & TEICHMÜLLER, M., 1972. Classification of coals according to degree of coalification by reflectance of the vitrinite component. *Fuel*, 51: 64-68.
- [49] NAVALE, G.K.B. & MISRA, B.K., 1983. Status of Indian coals in Universal Classification of Solid Fossil Fuels. *Geophytology*, 13.2: 214-218.
- [50] ODE, V.H. & GIBSON, F.H., 1960. International System for Classifying Brown Coals and Lignites and its application to American coals. *U.S. Bur. Mines, Rep. Invest.*, 5695, 20 pp.
- [51] PARKS, B.C., 1951. Petrography of American Lignites. *Econ. Geol.*, 46, 1: 23-50.
- [52] PARKS, B.C. & O'DONNELL, H.J., 1956. Petrography of American coals. *U.S. Bur. Mines, Bull.*, 550, 193 pp.
- [53] Ruhrkohlen Handbuch. 6 Auflg. Glückauf, Essen. 1984.
- [54] STACH, E., MACKOWSKY, M.-Th., TEICHMÜLLER, M., TAYLOR, G.H., CHANDRA, D. & TEICHMÜLLER, R., 1982. Stach's Textbook of Coal Petrology. 3rd Ed. 535 pp. Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart.

# CLASSIFICATION INTERNATIONALE DES CHARBONS EN VEINE

## 1. Introduction et rappel historique

- 1.1. Ce document présente et décrit la **Classification Internationale des Charbons en Veine** élaborée par le Groupe de Travail du Charbon<sup>1</sup> de la CEE-NU sous l'égide du Groupe d'Experts de l'Utilisation et de la Préparation des Combustibles Solides.

Il constitue l'aboutissement de quatre sessions du groupe de travail ad hoc (1988, 1989, 1991 et 1992) et d'une réunion de spécialistes représentant toutes les nations et les organisations internationales concernées, à savoir les pays appartenant à la Commission Economique pour l'Europe eux-mêmes, les autres nations participant aux réunions au titre de l'article 11 de la Charte de la Commission, l'ancien Comité d'Assistance Economique Mutuelle (CAEM), la Communauté Economique Européenne, le Comité International de Pétrologie des Charbons (ICCP), l'Agence Internationale de l'Energie (AIE/OCDE), et l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO). L'ICCP a été systématiquement consulté sur les questions relatives aux paramètres de la pétrographie des charbons. Le Comité de Valorisation des Charbons de la Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier (CECA) a été consulté spécifiquement sur la question de la teneur en cendres des charbons et de ses subdivisions. Tous les avis ont été examinés et pris en considération. Les résultats et les principales décisions des réunions sont dûment consignés dans les comptes rendus respectifs (voir [18] [19] [20] [24] [25]).

- 1.2. En vue d'élaborer la Classification Internationale des Charbons en Veine, le Groupe d'Experts a retenu, parmi les projets soumis à la CEE-NU, la proposition du Gouvernement français [21]<sup>2</sup> comme base de discussion. Ce projet repose essentiellement sur le système de classification daté du 12 avril 1977 et établi par M. B. ALPERN, alors membre du Centre d'Etudes et Recherches des Charbonnages de France (CERCHAR). Le système de classification a été publié dans sa version originale (1979 [1], 1981 [2]) et a fait l'objet d'améliorations successives (Alpern et Lemos de Sousa, 1987 [3], Alpern et al. 1989 [4] et Lemos de Sousa et al. 1992 [46]). Une version assortie d'une exploitation statistique informatisée des données démontrant l'application du système de classification proposé à toutes les catégories de charbon a également été publiée par Alpern et al. en 1988 [6]. L'application du système de classification a aussi été démontrée pour les charbons dits "du Gondwana", par Navale et Misra pour les charbons indiens (1983) [49], par Alpern et Nahuys pour les charbons brésiliens en 1985 [5], et par Falcon pour les charbons de la partie sud de l'Afrique en 1986 [26].

---

<sup>1</sup> Jusqu'à 1990, les activités du "Groupe de Travail du Charbon" de la CEE-NU étaient exercées par le "Comité du Charbon".

<sup>2</sup> Cette proposition était considérée selon la terminologie en vigueur à la CEE-NU comme une sous-classification lorsqu'elle a été présentée.

## 2. Objectifs

L'objectif de la **Classification Internationale des Charbons en Veine** est de créer un instrument qui permette à la classification des charbons de servir à caractériser les gisements de charbon. Cette classification n'est pas utilisable à des fins de commerce intérieur ou international.

## 3. Méthodologie

La classification des charbons doit être fondée sur trois caractéristiques fondamentales qui, dans l'état actuel des connaissances, sont définies sans ambiguïté. Ces caractéristiques doivent toujours être considérées ensemble :

- **Le Rang** (ou degré de houillification)
- **La Composition Pétrographique**
- **La Pureté** (la Pureté est évaluée en fonction de la teneur en cendres).

Aucun des systèmes de classification existants, basés sur les propriétés chimiques globales, ne rend compte des propriétés ci-dessus. Les systèmes de classification existants sont même moins efficaces lorsque les propriétés chimiques sont utilisées comme paramètres de rang, ou lorsque l'influence de la composition pétrographique n'est pas prise en considération. Cela justifie la nécessité d'élaborer une nouvelle classification pour atteindre les objectifs énoncés ci-dessus.

Il a aussi été admis qu'une évaluation correcte des gisements de charbon devait reposer sur une méthode d'échantillonnage clairement définie. Une telle norme est à l'étude au sein de l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO). En attendant que cette norme d'échantillonnage soit élaborée et adoptée, il a été suggéré que l'échantillonnage soit effectué conformément aux normes nationales existantes, et que la norme utilisée soit explicitement indiquée en liaison avec l'application de la classification des charbons. Cela permettra à chaque utilisateur d'exploiter en toute connaissance de cause les résultats obtenus en fonction de ses propres objectifs. A titre d'exemple, on pourra se référer aux normes australiennes et américaines [9] [15] [16].

La caractérisation du rang est organisée selon deux voies, pour permettre la comparaison entre les dénominations traditionnelles allant du Lignite aux Anthracites inclus d'une part, et un classement hiérarchisé des charbons de Bas Rang, de Rang Moyen, et de Haut Rang d'autre part. Les désignations traditionnelles se rapprochent de certains systèmes nationaux basés sur les propriétés chimiques, thermiques et rhéologiques. Le classement hiérarchisé utilise le pouvoir réflecteur de la vitrinite et le pouvoir calorifique (voir la Figure 3).



#### 4. Classification

Les Figures 1 et 2 illustrent la Classification Internationale des Charbons en Veine de la CEE-NU, basée sur le Rang, la Composition Pétrographique, et la Pureté. Les développements suivants résument les principaux éléments du consensus obtenu sur chaque paramètre.

##### 4.1. Rang

Les limites inférieure et supérieure du rang considérées dans la Classification sont les suivantes:

- **Limite inférieure** (limite Ortholignite/Tourbe, ou charbon de Bas Rang C/Tourbe) : moins de 75% d'humidité (sur brut), l'humidité étant l'humidité de gisement, c'est-à-dire l'humidité totale déterminée selon les normes ISO 1015 [35] ou 5068 [40].
- **Limite supérieure** (limite Méta-Anthracite/Semi-Graphite, ou charbon de Haut Rang A/Semi-Graphite) : moins de 0,8% d'hydrogène (s, cd: sur sec, cendres déduites). La teneur en hydrogène doit être déterminée selon la norme ISO 609 [33] ou 625 [34].

Entre les limites indiquées ci-dessus, la classification comprend les divisions principales suivantes (voir les Figures 1 et 2) : **Lignite, Subbitumineux, Bitumineux et Anthracite** ou, comme variante, les charbons de **Bas Rang, Rang Moyen et Haut Rang**.

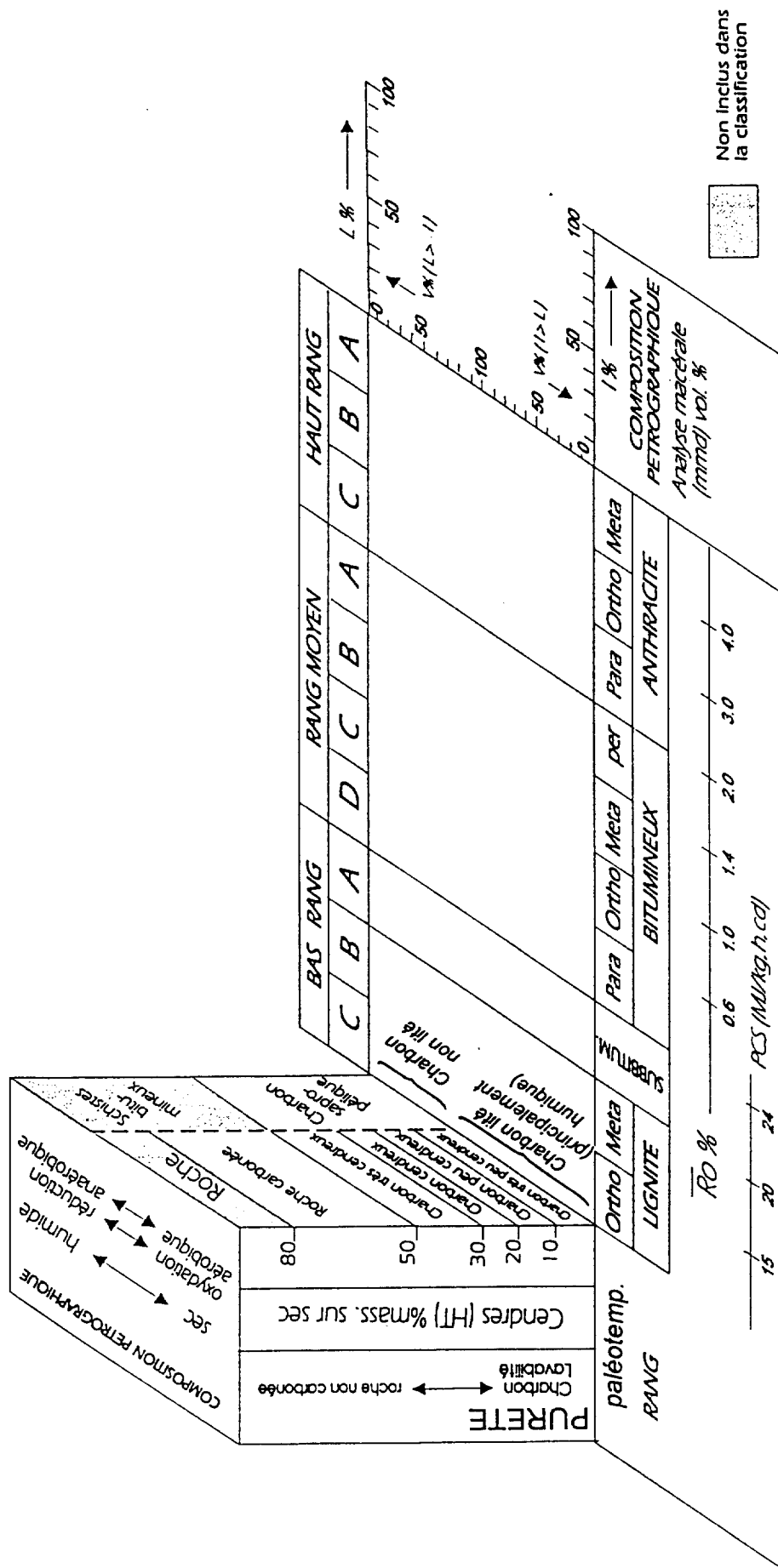
Nota : L'expression *charbons de Haut Rang* adoptée dans la présente classification internationale des charbons en veine, est strictement équivalente à l'expression *charbons de Rang Supérieur* adoptée dans le Système Internationale de Codification des Charbons de Rang Moyen et de Rang Supérieur [28]. Les dénominations adoptées dans la présente version française de la classification (*Bas Rang, Rang Moyen, Haut Rang*) sont la traduction exacte des dénominations adoptées dans la version anglaise de la même classification (*Low-Rank, Medium-Rank, High-Rank*).

En l'absence de paramètre connu assez fiable pour couvrir toute l'étendue de rang, les frontières pour les divisions principales et les subdivisions sont basées sur la **valeur moyenne du Pouvoir Réflecteur Aléatoire de la Vitrinite en % (Ro%)** et sur le **Pouvoir Calorifique Supérieur en MJ/kg (PCS MJ/kg)**. Les méthodes de détermination de ces deux paramètres devront être respectivement conformes aux normes ISO 7404-5 [43]<sup>3</sup> et 1928 [39].

La **première étape** à observer pour classer un charbon en fonction du rang dérive du concept de Classification Générale décrit dans [28]. Il s'agit de faire la distinction entre les charbons de Bas Rang et l'ensemble des charbons de Rang Moyen et de Haut Rang (Houilles) en fonction des critères suivants :

---

<sup>3</sup> Les échantillons seront préparés conformément à la norme ISO 7404-2 [41].



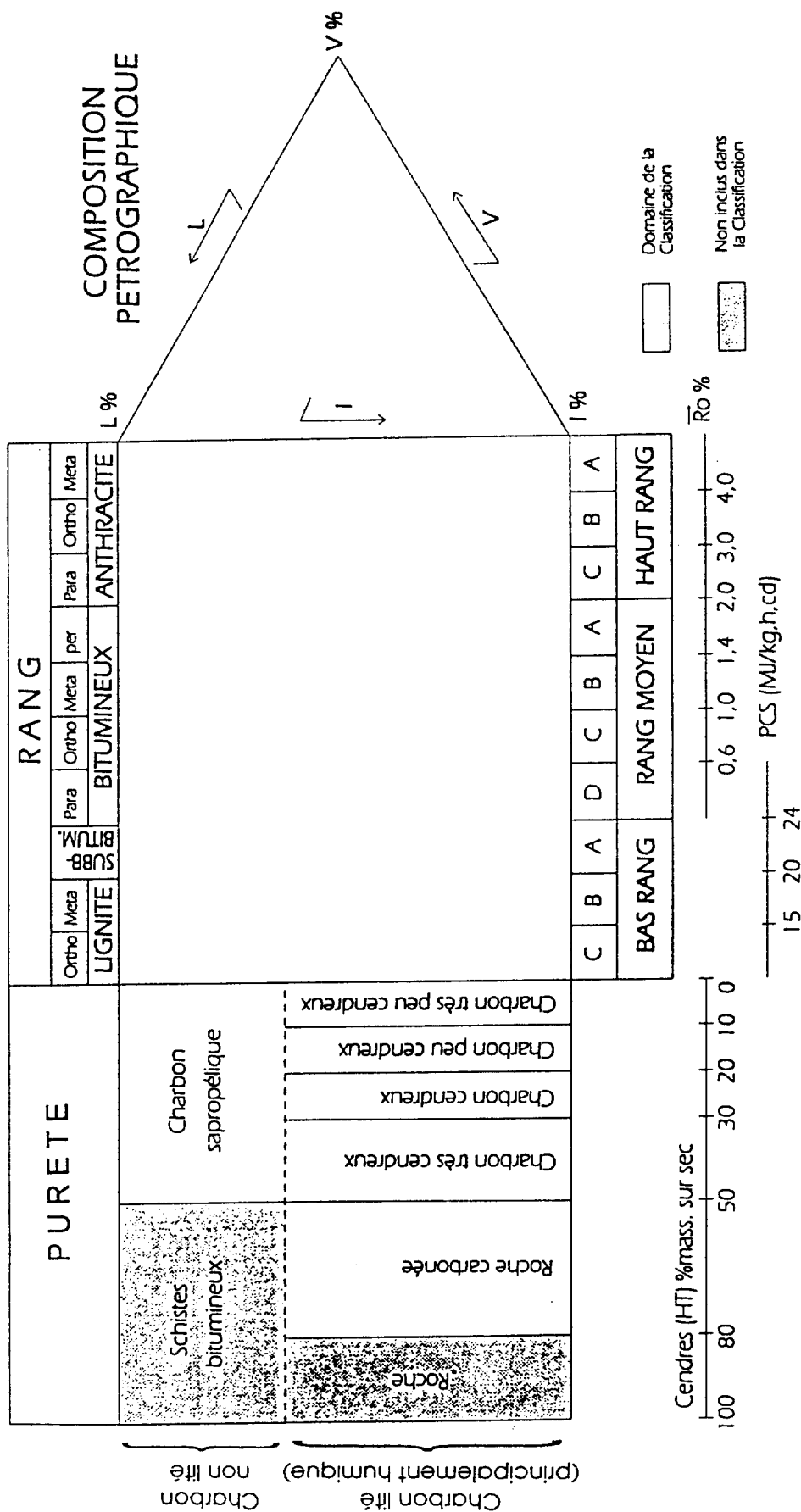
**NB :** Les deux dénominations de divisions de rang (bas rang, rang moyen, haut rang, d'une part, lignite, subbitumineux, bitumineux, anthracite, d'autre part) s'appliquent indifféremment aux charbons humiques et aux charbons sapropéliques.

**R<sub>o</sub> %** - Valeur moyenne du Pouvoir Réflecteur Aléatoire de la Vitirinite en % (Norme ISO 7404-5)  
**PCS (MJ/kg, h, cd)** - Pouvoir Calorifique Supérieur en MJ/kg, ramené sur humide, cendres déduites (Normes ISO 1928 et 1170), l'humidité étant l'Humidité de Gisement, c'est-à-dire l'Humidité Totale (Normes ISO 1015 ou 5068)

**Teneur en Cendres (HT, en %mass. sur sec)** - Teneur en Cendres (Haute Température), en % massique, ramené sur sec (Normes ISO 1171, 331 et 1170)

**V, L, I, en %** - teneurs en Vitirinite, Lipinite et Inertinite respectivement, en pourcent volumique, matières minérales déduites (Norme ISO 7404-3).

Figure 1. - Présentation Générale de la Classification Internationale des Charbons en Veine de la CEE-NU.



**NB** : Les deux dénominations de divisions de rang (bas rang, rang moyen, haut rang, d'une part, lignite, subbitumineux, bitumineux, anthracite, d'autre part) s'appliquent indifféremment aux charbons humiques et aux charbons sapropétiques.

**R<sub>o</sub> %** - Valeur moyenne du Pouvoir Réflecteur Aléatoire de la Vitrine en % (Norme ISO 7404-5)  
**PCS (MJ/kg, h, cd)** - Pouvoir Calorifique Supérieur en MJ/kg, ramené sur humide, cendres déduites (Normes ISO 1928 et 1170), l'humidité étant l'Humidité de Gisement, c'est-à-dire l'Humidité Totale (Normes ISO 1015 ou 5068)  
**Teneur en Cendres (HT, en %mass. sur sec)** - Teneur en Cendres (Haute Température), en % massique, ramenée sur sec (Normes ISO 1171, 331 et 1170)  
**V, L, I, en %** - teneurs en Vitrine, Lignite et Inertinite respectivement, en pourcent volumique, matières minérales déduites (Norme ISO 7404-3).

Figure 2. Diagramme optionnel et simplifié (vue en plan) de la Classification Internationale des Charbons en Veine de la CEE-NU.

- les **charbons de Bas Rang** sont les charbons avec  $PCS < 24 \text{ MJ/kg}$  (h, cd: sur humide, cendres déduites) et  $\bar{R}o < 0,6\%$ ,
- l'ensemble des **charbons de Rang Moyen et de Haut Rang** (Houilles), sont les charbons avec :
  - $PCS (h, cd) \geq 24 \text{ MJ/kg}$ ,
  - ou
  - $PCS (h, cd) < 24 \text{ MJ/kg}$ , **pourvu que**  $\bar{R}o \geq 0,6\%$ .

Dans la Classification Générale, l'humidité considérée pour ramener la valeur du pouvoir calorifique supérieur sur humide, cendres déduites (h, cd), est la **Capacité de Rétention d'Humidité** mesurée conformément à la norme ISO 1018 [36].

La **deuxième étape** à observer pour classer un charbon en fonction du rang consiste à compléter la première étape en déterminant les **divisions principales et les subdivisions**, telles qu'elles sont illustrées sur les Figures 1 et 2.

Afin d'éviter tout malentendu, il a été décidé ce qui suit :

- si  $\bar{R}o \geq 0,6\%$ , les charbons doivent être classés selon la valeur moyenne du pouvoir réflecteur aléatoire de la vitrinite en %,
- si  $\bar{R}o < 0,6\%$ , les charbons doivent être classés en fonction du pouvoir calorifique supérieur, exprimé en MJ/kg sur humide, cendres déduites (h, cd).

Dans certains cas où  $\bar{R}o < 0,6\%$  et  $PCS (h, cd) < 24 \text{ MJ/kg}$ , et en notant que dans cet intervalle les limites entre les subdivisions sont basées sur le PCS, ce dernier paramètre doit être exprimé sur humide, cendres déduites (h, cd), en utilisant l'**humidité de gisement**, c'est-à-dire l'humidité totale déterminée selon la norme ISO 1015 [35] ou 5068 [40]<sup>4</sup>.

L'intérêt d'utiliser l'humidité de gisement plutôt que l'humidité de rétention pour classer les charbons de Bas Rang réside dans le fait que dans cet intervalle de rang, la capacité de rétention d'humidité d'après la norme ISO1018 [36] ne donne pas des résultats fiables et n'est donc pas reproductible.

---

<sup>4</sup> Pour éviter toute confusion, il convient de souligner que le concept d'**humidité de gisement** est équivalent à l'**humidité totale**, telle qu'elle est déterminée par la norme ISO 589 [32] pour les charbons de Rang Moyen et de Haut Rang, et par la norme ISO 1015 [35] ou 5068 [40] pour les charbons de Bas Rang. D'autre part, aux USA (cf. normes ASTM D121 [10] et D388 [11]) et à l'exception des lignites et de quelques charbons sub-bitumineux, l'humidité de gisement est équivalente à l'**humidité en équilibre** dans une atmosphère à 96-97% d'humidité relative à 30°C, c'est-à-dire la **capacité de rétention d'humidité** déterminée selon la norme ASTM D1412 [12].

De plus, les limites entre les subdivisions illustrées sur les Figures 1 et 2 s'expliquent comme suit :

- Pour les charbons de Bas Rang: données statistiques publiées par Alpern et al. (1989) [4] tirées de Hacquebard (1984) [27], Ode et Gibson (1960) [50], Parks (1951) [51] et Parks et O'Donnell (1956) [52] (voir également la Figure 3).
- Pour l'ensemble des charbons de Rang Moyen et de Haut Rang :
  - $\bar{R}_o = 0,6\%$  : cette limite coïncide avec la valeur du pouvoir réflecteur qui, avec le pouvoir calorifique supérieur, définit la limite entre les charbons de bas rang et l'ensemble des charbons de rang moyen et de rang supérieur dans la Classification Générale citée en [28].
  - $\bar{R}_o = 1,0\%$  : cette limite correspond au maximum de fluorescence de la vitrinite.
  - $\bar{R}_o = 1,4\%$  : cette limite correspond à la transition entre la texture mosaïque et la texture fibreuse du coke.
  - $\bar{R}_o = 2,0\%$  : cette limite correspond à une valeur moyenne marquant la fin des propriétés gonflantes de la vitrinite.
  - $\bar{R}_o = 3,0\%$  : cette limite correspond à un changement des propriétés d'inflammation des anthracites, qui deviennent plus difficiles à enflammer au-dessus de cette valeur.
  - $\bar{R}_o = 4,0\%$  : cette limite correspond à la transition entre les anthracites et les méta-anthracites d'après la cristallinité de l'illite.

La Figure 3 illustre les paramètres de rang qui sont cités dans la bibliographie et sont en corrélation avec ceux utilisés dans la présente Classification Internationale des Charbons en Veine de la CEE-NU, c'est-à-dire la valeur moyenne du Pouvoir Réflecteur Aléatoire de la Vitrinite en % et le Pouvoir Calorifique Supérieur (sur humide, cendres déduites). Sur cette Figure, les limites proposées dans la Classification Internationale des Charbons en Veine de la CEE-NU sont également comparées aux divisions utilisées par deux systèmes importants, à savoir la norme américaine ASTM D388 [11] et la norme australienne AS 2096 [8].

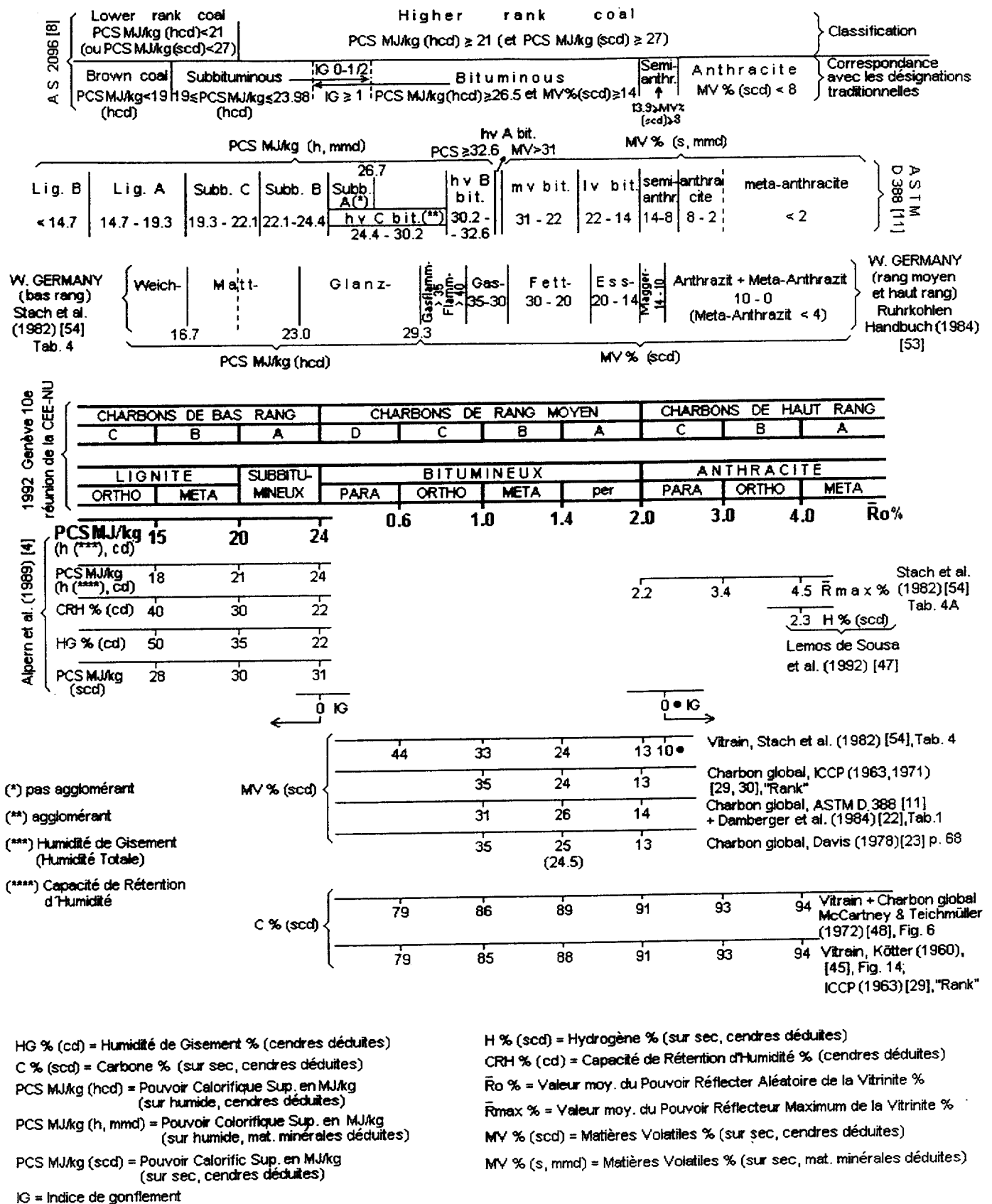


Figure 3 Diagramme illustrant la corrélation entre les paramètres adoptés pour la caractérisation du rang dans la Classification Internationale des Charbons en Veine de la CEE-UN (Ro en % et PCS en MJ/kg sur humide, cendres déduites) et les autres paramètres de rang rencontrés dans la littérature. Les limites proposées dans la Classification Internationale des Charbons en Veine de la CEE-UN sont également comparées aux limites adoptées dans deux importantes classifications nationales, à savoir la norme américaine ASTM D388[11] et la norme australienne AS 2096 [8].

## 4.2. Composition Pétrographique

La Composition Pétrographique est exprimée en termes d'**Analyse des Groupes de Macéraux** (V, L, I, mmd, % volumique - mmd: matières minérales déduites) déterminée conformément à la norme ISO 7404-3 [42]<sup>5</sup>, et complétée le cas échéant par une description visuelle des lithotypes: lits brillants, lits semi-brillants et lits mats [10] [13]. Les concepts de charbons lités, applicable aux **charbons humiques**, et de charbons non lités [10] [13], ont également été pris en considération pour les besoins de la description macroscopique des charbons et des veines de charbon (voir la norme ASTM D2796 [13]). Il convient toutefois de noter que ces définitions sont très générales car il existe des charbons humiques qui apparaissent non lités. Dans le cas des charbons humiques, l'existence d'une transition continue entre la vitrinite et l'inertinite rend difficile la détermination de limites pétrographiques.

## 4.3. Pureté

Les subdivisions illustrées sur les Figures 1 et 2 sont établies en fonction de la **teneur en cendres exprimée en % massique sur sec** conformément à la norme ISO 1171 [38]. Pour les **charbons Sapropéliques**, la limite supérieure de Pureté est définie par une teneur en cendres de 50% sur sec, ce qui exclut les schistes bitumineux. Pour les **charbons Humiques**, la limite supérieure de Pureté est définie par une teneur en cendres de 80% sur sec, au-delà de laquelle les roches sont exclues de la classification. Il en résulte que la classification comprend dans les charbons Humiques une subdivision dont la teneur en cendres est comprise entre 50% et 80%, désignée par le terme de **Roches Carbonées**.

## 5. Test de Lavabilité

Un test de lavabilité simple pourrait être utilisé pour déterminer la quantité relative de matières minérales finement disséminées dans le charbon. Ce type d'information apporte une précision complémentaire sur la relation du faciès avec la pureté. A cette fin, il est suggéré de concasser un échantillon représentatif à 0-6 mm et de déterminer le rendement et la teneur en cendres du flottant à une densité de 1,60. En gardant à l'esprit que le présent système de classification n'est pas destiné à être utilisé à des fins commerciales ou technologiques, les modes opératoires généraux et les tests décrits dans les normes AS 1661 [7], ASTM D 4371 [14], BS 7067[17] and ISO 7936 [44], sont valables, mais il ne faut pas recourir, pour les besoins de la présente classification des charbons en veine, à la décomposition granulométrique complète préconisée dans les mêmes normes.

---

<sup>5</sup> Les échantillons seront préparés conformément à la norme ISO 7404-2 [41].

**LISTE DES NORMES ISO UTILISEES POUR LA CLASSIFICATION DES CHARBONS**

N°	TITRE	OBJET	RÉFÉRENCE
331	Charbon. Détermination de l'humidité de l'échantillon pour analyse. Méthode gravimétrique directe.	Détermination de l'humidité de l'échantillon pour analyse en vue des calculs par rapport à différentes bases.	[31]
609	Charbon et coke. Dosage du carbone et de l'hydrogène. Méthode par combustion à haute température.	Teneur en hydrogène.	[33]
625	Charbon et coke. Dosage du carbone et de l'hydrogène. Méthode de Liebig.	Teneur en hydrogène.	[34]
1015	Charbons bruns et lignites. Détermination de l'humidité. Méthode volumétrique directe.	Humidité de Gisement = Humidité Totale (charbons de Bas Rang).	[35]
1018	Houille. Détermination de la capacité de rétention d'humidité.	Capacité de rétention d'humidité (Houilles).	[36]
1170	Charbon et coke. Calculs pour les analyses par rapport à différentes bases.	Expression des résultats d'analyse.	[37]
1171	Combustibles minéraux solides. Détermination des cendres.	Teneur en cendres.	[38]
1928	Combustibles minéraux solides. Détermination du pouvoir calorifique supérieur selon la méthode à la bombe calorimétrique, et calcul du pouvoir calorifique inférieur.	Pouvoir Calorifique Supérieur.	[39]
5068	Charbons bruns et lignites. Détermination de l'humidité. Méthode gravimétrique indirecte.	Humidité de Gisement = Humidité Totale (charbons de Bas Rang).	[40]
7404-2	Méthodes d'analyse pétrographique des charbons bitumineux et de l'antracite. Partie 2: Préparation d'échantillons de charbon.	Méthode de préparation des échantillons de charbons.	[41]
7404-3	Méthodes d'analyse pétrographique des charbons bitumineux et de l'antracite. Partie 3: Détermination de la composition en groupes de macéraux.	Détermination de la composition en groupes de macéraux.	[42]
7404-5	Méthodes d'analyse pétrographique des charbons bitumineux et de l'antracite. Partie 5: Détermination au microscope du pouvoir réflecteur de la vitrinite.	Pouvoir Réflecteur Aléatoire de la Vitrinite.	[43]



## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] ALPERN, B., 1979. Essai de classification des combustibles fossiles solides. *Publ. tech.*, 3: 195-210. (Publication CERCHAR N° 2810).
- [2] ALPERN, B., 1981. Pour une classification synthétique universelle des combustibles solides. *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, 5,2: 271-290. (Journ. "La Géologie des Charbons, des Schistes bitumineux et des Kérogènes", Pau, 1981).
- [3] ALPERN, B. & LEMOS DE SOUSA, M.J., 1987. Project of an International Scientific Classification of Solid Fossil Fuels. *Internat. Congr. Carbonif. Stratigr. Geol.*, 11th, Beijing, 1987.
- [4] ALPERN, B., LEMOS DE SOUSA, M.J. & FLORES, D., 1989. A progress report on the Alpern Coal Classification. In: P.C. LYONS & B. ALPERN (Eds), Coal: Classification, Coalification, Mineralogy, Trace-element Chemistry, and Oil and Gas Potential. *Internat. J. Coal Geol.*, 13, 1/4: 1-19.
- [5] ALPERN, B. & NAHUYS, J., 1985. Carvão da Bacia de Morungava. Estudo de seis sondagens. 151 pp. Fundação de Ciência e Tecnologia-CIENTEC. Porto Alegre.
- [6] ALPERN, B., NAHUYS, J., LEMOS DE SOUSA, M.J., PINHEIRO, H.J., MARQUES, M.M., FLORES, D., MOREIRA, V. & JORGE, A., 1988. The application of the 'Alpern Scientific Classification of Solid Fossil Fuels' to Qualify Gondwana Coals from different basins. *Publ. Mus. Labor. miner. geol. Fac. Ciênc. Porto, N.S.*, 1: 5-31.
- [7] AS 1661: 1979. Method for the float and sink testing of Hard Coal and presentation of results. 45 pp. Standards Association of Australia, North Sydney, New South Wales. 1987.
- [8] AS 2096: 1987. Classification and coding system for Australian coals. 8 pp. Standards Association of Australia. North Sydney, New South Wales. 1987.
- [9] AS 2617: 1983. Guide for the taking of samples from Hard Coal seams in situ. 12 pp. Standards Association of Australia. North Sydney, New South Wales. 1983.
- [10] ASTM Designation: D121-91. Standard Terminology of Coal and Coke. In: *1992 Annual Book of ASTM Standards, Section 5, Petroleum Products, Lubricants, and Fossil Fuels, Vol. 05.05, Gaseous Fuels: Coal and Coke*. p. 163-170. American Society for Testing and Materials-ASTM. Philadelphia, Pa. 1992.
- [11] ASTM Designation: D388-92. Standard Classification of Coals by Rank. In: *1992 Annual Book of ASTM Standards, Section 5, Petroleum Products, Lubricants, and Fossil Fuels, Vol. 05.05, Gaseous Fuels: Coal and Coke*. p. 192-195. American Society for Testing and Materials-ASTM. Philadelphia, Pa. 1992.
- [12] ASTM Designation: D1412-89. Standard Test Method for Equilibrium Moisture of Coal at 96 to 97 Percent Relative Humidity and 30°C. In: *1992 Annual Book of ASTM Standards, Section 5, Petroleum Products, Lubricants, and Fossil Fuels, Vol. 05.05, Gaseous Fuels: Coal and Coke*. p. 217-219. American Society for Testing and Materials-ASTM. Philadelphia, Pa. 1992.
- [13] ASTM Designation: D2796-88. Standard Definitions of Terms Relating to Megascopic Description of Coal and Coal Seams and Microscopical Description and Analysis of Coal. In: *1991 Annual Book of ASTM Standards, Section 5, Petroleum Products, Lubricants, and Fossil Fuels, Vol. 05.05, Gaseous Fuels: Coal and Coke*. p. 296-298. American Society for Testing and Materials - ASTM. Philadelphia, Pa. 1992.

- [14] ASTM Designation: D4371-91. Standard Test Method for Determining the Washability Characteristics of Coal. In: *1992 Annual Book of ASTM Standards, Section 5, Petroleum Products, Lubricants, and Fossil Fuels, Vol.05.05, Gaseous Fuels: Coal and Coke*. p.397-406. American Society for Testing and Materials - ASTM. Philadelphia, Pa. 1992.
- [15] ASTM Designation: D4596-86. Standard Practice for Collection of Channel Samples of Coal in the Mine. In: *1992 Annual Book of ASTM Standards, Section 5, Petroleum Products, Lubricants, and Fossil Fuels, Vol.05.05, Gaseous Fuels: Coal and Coke*. p.407-408. American Society for Testing and Materials - ASTM. Philadelphia, Pa. 1992.
- [16] ASTM Designation: D5192-91. Standard Practice for Collection of Coal Sample from Core. In: *1992 Annual Book of ASTM Standards, Section 5, Petroleum Products, Lubricants, and Fossil Fuels, Vol.05.05, Gaseous Fuels: Coal and Coke*. p.465-468. American Society for Testing and Materials - ASTM. Philadelphia, Pa. 1992.
- [17] BS 7067: 1990. British Standard Guide to Determination and presentation of float and sink characteristics of raw coal and of products from coal preparation plants. 18 pp. British Standard Institution. London. 1990.
- [18] Document CEE-NU COAL/AC.5/14 [28 juin 1988]: Septième Réunion spéciale sur l'élaboration d'une nouvelle classification scientifique internationale des charbons de rang moyen et de rang supérieur, Genève, 13-14 juin 1988. Rapport.
- [19] Document CEE-NU COAL/AC.5/16 [6 octobre 1989]: Huitième Réunion spéciale sur l'élaboration d'une classification internationale des charbons, Lisbonne (Portugal), 4-6 septembre 1989. Rapport.
- [20] Document CEE-NU COAL/AC.5/18 [7 January 1991]: Ad hoc Meeting on the Elaboration of a New International Classification of Coals. First Task Force on the Elaboration of an International Classification of Seams Coals, Geneva, 19-21 November 1990. Report.
- [21] Document CEE-NU COAL/GE.3/R.77/Add.1 [24 février 1986]: Elaboration d'une nouvelle classification CEE des charbons. Projet de sous-classification des charbons de rang moyen et de rang supérieur. (Transmis par le Gouvernement français).
- [22] DAMBERGER, H.H., HARVEY, R.D., RUCH, R.R. & THOMAS Jr, J.. 1984. Coal Characterization. In: B.R. COOPER & W.A. ELLINGSON (Eds), *The Science and Technology of Coal and Coal Utilization*. p. 7-45. Plenum Press. New York (N.Y.), London.
- [23] DAVIS, A., 1978. The reflectance of coal. In: C. KARR Jr. (Ed.), *Analytical Methods for Coal and Coal Products*, Vol. 1, p. 27-81. Academic Press. New York (N.Y.), London.
- [24] Document CEE-NU ENERGY/WP.1/AC.1/2 [8 octobre 1991]: Neuvième réunion spéciale sur l'élaboration d'une nouvelle classification internationale des charbons, 30 septembre - 2 octobre 1991. Rapport.
- [25] Document CEE-NU ENERGY/WP.1/AC.1/4 [20 octobre 1992]: Dixième réunion spéciale sur l'élaboration d'une nouvelle classification internationale des charbons en couche. Genève. 16-18 septembre 1992. Rapport.
- [26] FALCON, R.M.S., 1986. Classification of Coals in Southern Africa. In: C.R. ANHAEUSSER & S. MASKE (Eds), *Mineral Deposits of Southern Africa*, Vol. 2. p. 1899-1921. Geological Society of South Africa. Johannesburg.
- [27] HACQUEBARD, P.A., 1984. Composition, rank and depth of burial of two Nova Scotia lignite deposits. *Current Res., Part A, Geol. Surv. Can. Pap.*, 84-1A: 11-15.

- [28] Système International de Codification des Charbons de Rang Moyen et de Rang Supérieur. 26 p. Commission Economique pour l'Europe, Nations Unies (Genève). Nations Unies, New York (N.Y.). 1988. (Document ECE/COAL/115).
- [29] Lexique International de Pétrographie des Charbons. 2e Edition. Comité International de Pétrographie des Charbons (ICCP). Centre National de la Recherche Scientifique, Académie des Sciences de l'URSS. Paris, Moscou, 1963.
- [30] Lexique International de la Pétrographie des Charbons. Supplément à la 2e Edition. Comité International de Pétrographie des Charbons (ICCP). Centre National de la Recherche Scientifique, Académie des Sciences de l'USSR. Paris, Moscou, 1971.
- [31] ISO 331: 1983. Charbon. Détermination de l'humidité de l'échantillon pour analyse. Méthode gravimétrique directe. 3 p. Organisation Internationale de Normalisation - ISO, Genève, 1983.
- [32] ISO 589: 1981. Houille. Détermination de l'humidité totale. 6 p. Organisation Internationale de Normalisation - ISO, Genève, 1981.
- [33] ISO 609: 1975. Charbon et coke. Dosage du carbone et de l'hydrogène. Méthode par combustion à haute température. 7 p. Organisation Internationale de Normalisation - ISO, Genève, 1975.
- [34] ISO 625: 1975. Charbon et coke. Dosage du carbone et de l'hydrogène. Méthode Liebig. 7 p. Organisation Internationale de Normalisation - ISO, Genève, 1975.
- [35] ISO 1015: 1975. Charbons bruns et lignites. Détermination de l'humidité. Méthode volumétrique directe. 3 p. Organisation Internationale de Normalisation - ISO, Genève, 1975.
- [36] ISO 1018: 1975. Houille. Détermination de la capacité de rétention d'humidité. 6 p. Organisation Internationale de Normalisation - ISO, Genève, 1975.
- [37] ISO 1170: 1977. Charbon et coke. Calculs pour les analyses par rapport à différentes bases. 4 p. Organisation Internationale de Normalisation - ISO, Genève, 1977.
- [38] ISO 1171: 1981. Combustibles minéraux solides. Détermination des cendres. 2 p. Organisation Internationale de Normalisation - ISO, Genève, 1981.
- [39] ISO 1928: 1976. Combustibles minéraux solides. Détermination du pouvoir calorifique supérieur selon la méthode à la bombe calorimétrique et calcul du pouvoir calorifique inférieur. 14 p. Organisation Internationale de Normalisation - ISO, Genève, 1976.
- [40] ISO 5068: 1983. Charbons bruns et lignites. Détermination de l'humidité. Méthode gravimétrique indirecte. 5 p. Organisation Internationale de Normalisation - ISO, Genève, 1983.
- [41] ISO 7404-2: 1985. Méthodes d'analyse pétrographique des charbons bitumineux et de l'anthracite. Partie 2: Préparation d'échantillons de charbon. 8 p. Organisation Internationale de Normalisation - ISO, Genève, 1985.
- [42] ISO 7404-3: 1984. Méthodes d'analyse pétrographique des charbons bitumineux et de l'anthracite. Partie 3: Détermination de la composition en groupes de macéraux. 4 p. Organisation Internationale de Normalisation - ISO, Genève, 1984.
- [43] ISO 7404-5: 1984. Méthodes d'analyse pétrographique des charbons bitumineux et de l'anthracite. Partie 5: Détermination au microscope du pouvoir réflecteur de la vitrinite. 11 p. Organisation Internationale de Normalisation - ISO, Genève, 1984.
- [44] ISO 7936: 1992. Houille. Détermination et présentation des caractéristiques de flottation et d'enfoncement. Principes directeurs relatifs à l'appareillage et aux modes opératoires. 19 pp. Organisation Internationale de Normalisation - ISO, Genève, 1992.

- [45] KÖTTER, K., 1960. Die mikroskopische Reflexionsmessung mit dem Photomultiplier und ihre Anwendung auf die Kohlenuntersuchung. *Brennst.-Chem.*, 41, 9: 263-272.
- [46] LEMOS DE SOUSA, M.J., FLORES, D., PINHEIRO, H.J. & VASCONCELOS, L., 1992. Coal Classification and Codification. Up-date on the State of the Art and a Critical Review. *Publ. Mus. Labor. miner. geol. Fac. Ciênc. Porto*, N.S., 2, 61pp.
- [47] LEMOS DE SOUSA, M.J., PINHEIRO, H.J., MARQUES, M.M. & FLORES, D., 1992. A comparative study of meso- and some Ortho- and Meta-anthracites from North-Atlantic and Gondwana basins. *Publ. Mus. Labor. miner. geol. Fac. Ciênc. Porto*, N.S. 5, 16 pp. (Paper presented at the Internat. Gondwana Sympos., 7th, São Paulo, Brazil, 1988).
- [48] McCARTNEY, J.T. & TEICHMÜLLER, M., 1972. Classification of coals according to degree of coalification by reflectance of the vitrinite component. *Fuel*, 51: 64-68.
- [49] NAVALE, G.K.B. & MISRA, B.K., 1983. Status of Indian coals in Universal Classification of Solid Fossil Fuels. *Geophytology*, 13,2: 214-218.
- [50] ODE, V.H. & GIBSON, F.H., 1960. International System for Classifying Brown Coals and Lignites and its application to American coals. *U.S. Bur. Mines, Rep. Invest.* 5695, 20 pp.
- [51] PARKS, B.C., 1951. Petrography of American Lignites. *Econ. Geol.*, 46, 1: 23-50.
- [52] PARKS, B.C. & O'DONNELL, H.J., 1956. Petrography of American coals. *U.S. Bur. Mines, Bull.*, 550, 193 pp.
- [53] Ruhrkohlen Handbuch. 6 Auflg. Glückauf. Essen. 1984.
- [54] STACH, E., MACKOWSKY, M.-Th., TEICHMÜLLER, M., TAYLOR, G.H., CHANDRA, D. & TEICHMÜLLER, R., 1982. Stach's Textbook of Coal Petrology. 3rd Ed. 535 pp. Gebrüder Borntraeger. Berlin, Stuttgart.

# МЕЖДУНАРОДНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ УГЛЕЙ В ПЛАСТАХ

## 1. Введение и история вопроса

- 1.1 В настоящем документе излагается и описывается **Международная классификация углей в пластах**, разработанная Рабочей группой по углю 1/ ЕЭК ООН под эгидой Группы экспертов по использованию и подготовке твердых видов топлива.

Эта классификация является итогом работы четырех сессий специальной рабочей группы (1988, 1989, 1991 и 1992 годы) и целевого совещания специалистов в составе представителей всех соответствующих стран и международных организаций, т.е. стран - членов Европейской экономической комиссии, а также стран, принимавших участие в совещаниях в соответствии со статьей 11 Положения о круге ведения Комиссии, бывшего Совета экономической взаимопомощи (СЭВ), Европейского экономического сообщества (ЕЭС), Международного комитета по петрологии угля (МКПУ), Международного энергетического агентства (МЭА/ОЭСР) и Международной организации по стандартизации (ИСО). С МКПУ проводились регулярные консультации по петрографическим параметрам угля. С Комитетом по улучшению качества угля Европейского объединения угля и стали (ЕОУС) проводились конкретные консультации по сортности углей и ее классификации. Все мнения были изучены и учтены. Результаты и основные решения совещаний должным образом изложены в соответствующих докладах (см. [18] [19] [20] [24] [25]).

- 1.2 В целях разработки Международной классификации углей в пластах Группа экспертов выбрала из различных проектов, представленных ЕЭК ООН, предложение правительства Франции [21] 2/ в качестве основы для обсуждения. Этот проект в целом отражает систему классификации от 12 апреля 1977 года, подготовленную Б. Альперном, который в то время работал в Научно-исследовательском центре французской угольной промышленности. Система классификации была затем опубликована в своей первоначальной форме (1979 год [1], 1981 год [2]), неоднократно уточнялась (Альперн и Лемуш де Суза, 1987 год [3], Альперн и др. 1989 год [4] и Лемуш де Суза и др. 1992 год [46]). В 1988 году [6] Альперн в соавторстве с другими специалистами также опубликовал компьютерный вариант классификации, показывающей применение предлагаемой системы классификации ко всем категориям угля. Применимость этой системы классификации была также показана для так называемых "гондванских" углей Навале и Мисрой в 1983 году [49] на примере индийских углей, Альперном и Наюисом в 1985 году [5] на примере бразильских углей и Фалконом в 1986 году на примере южноафриканских углей [26].

---

1/ До 1990 года функции Рабочей группы по углю ЕЭК ООН выполнял Комитет по углю.

2/ Это предложение рассматривалось, согласно номенклатуре, применявшейся в ЕЭК ООН на момент его представления, как "подклассификация".

## 2. Цели

Цель **Международной классификации углей в пластах** заключается в создании такого инструмента, который можно было бы использовать для составления характеристик залежей угля на базе данной классификации. Эта классификация не предназначена для использования во внутренней или международной торговле.

## 3. Методология

В основу систематизации углей должны быть положены три основные характеристики, которые нынешний уровень знаний позволяет четко определить. Эти характеристики должны всегда рассматриваться в их совокупности:

- **тип угля** (или степень углефикации);
- **петрографический состав**;
- **сорт** (объем примесей).

В существующих системах классификации, основанных на общих химических свойствах, не учитываются вышеуказанные характеристики. Ни одна из существующих систем классификации напрямую не определяет все три эти характеристики. Эффективность существующих систем классификации становится еще меньшей, когда в качестве параметров типа используются химические свойства или когда в расчет не берется влияние петрографического состава. Это и обуславливает необходимость разработки новой классификации, позволяющей достичь вышеуказанных целей.

Кроме того, считалось, что точная оценка залежей угля должна основываться на четко определенном методе отбора проб. Такой стандарт в настоящее время изучается в Международной организации по стандартизации (ИСО). До разработки и принятия этого стандарта отбор проб предлагалось производить в соответствии с существующими национальными стандартами и четко увязывать используемый стандарт с применением классификации углей. Это позволит любому пользователю с полным знанием дела использовать получаемые результаты в своих собственных целях. В качестве примера можно привести австралийские и американские стандарты [9] [15] [16].

Разбивка типа на категории организована по двум принципам, что позволяет сравнивать традиционные названия, начиная с лигнита и заканчивая антрацитом, с одной стороны, и иерархически классифицировать угли по низкому, среднему и высокому типам - с другой. Традиционные названия соответствуют в первом приближении некоторым национальным системам, в основу которых положены химические, тепловые и реологические свойства. В иерархической классификации используются отражательная способность витринита и теплотворность (см. рис. 3).

## 4. Классификация

Рис. 1 и 2 иллюстрируют Международную классификацию углей в пластах ЕЭК ООН, основанную на типе, петрографическом составе и сортности. Ниже излагаются основные элементы, согласованные по каждому параметру.

### 4.1 Тип

Нижняя и верхняя границы типа, установленные в Классификации:

- **нижняя граница** (граница ортолигнит/торф, или уголь низкого типа уголь/торф): влажность менее 75% (в естественном состоянии); под влажностью подразумевается влажность пласта, т.е. общая влажность, определяемая по стандартам ИСО 1015 [35] или 5068 [40];
- **верхняя граница** (граница метаантрацит/полуграфит, или уголь высокого типа антрацит/полуграфит): содержание водорода менее 0,8% (в сухом беззольном состоянии). Содержание водорода должно определяться по стандарту ИСО 609 [33] или 625 [34].

Между вышеуказанными границами классификация включает следующие основные группы (см. рис. 1 и 2): **лигнит, суббитуминозные угли, битуминозные угли и антрацит**, или, как вариант, **угли низкого типа, среднего типа и высокого типа**.

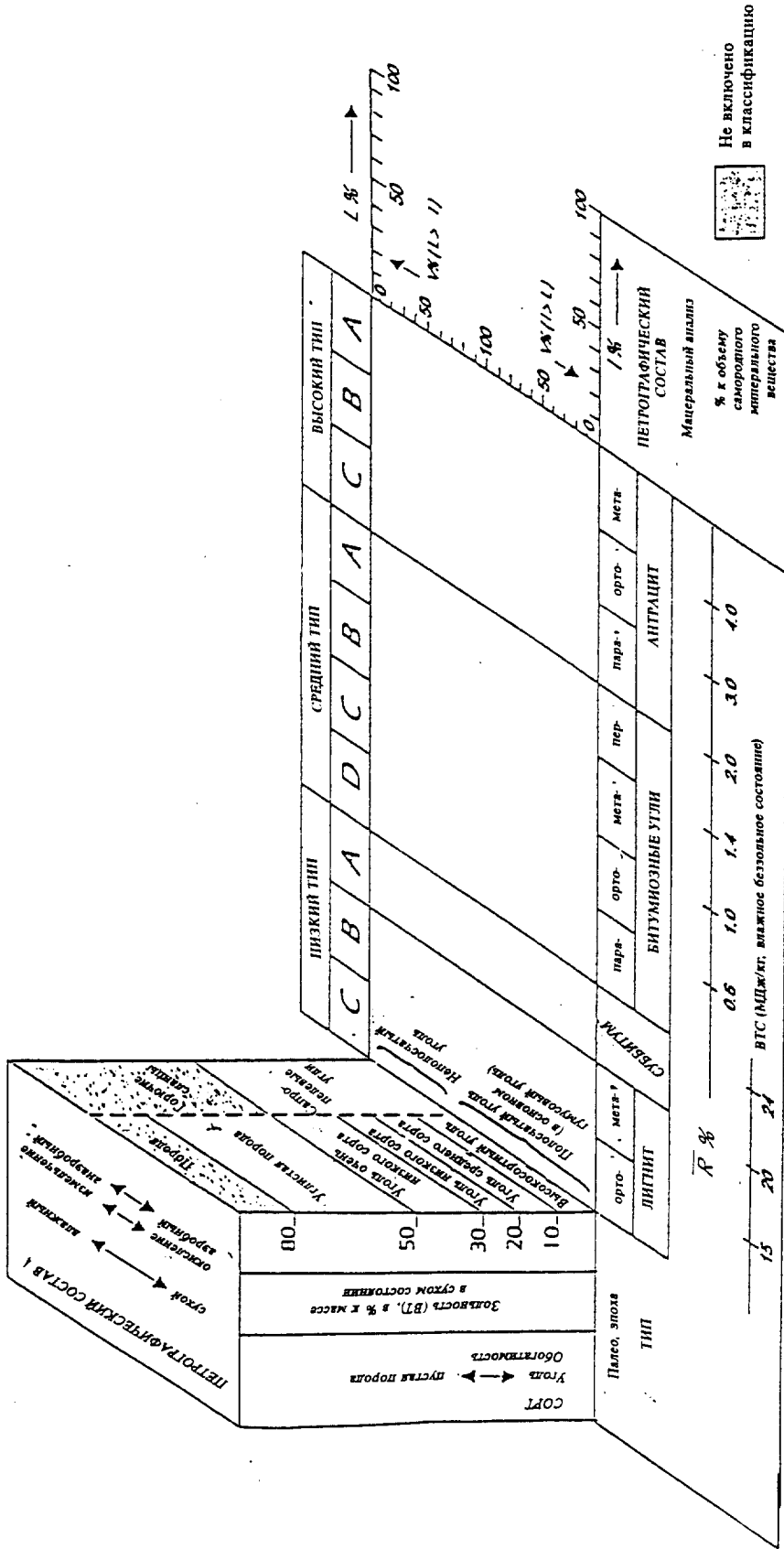
В связи с отсутствием достаточно надежного параметра для характеристики всего типа границы основных и промежуточных групп устанавливаются на основе **среднестатистической отражательной способности витринита в % ( $\bar{R}\%$ )** и на показателе **высшей теплотворной способности в МДж/кг (ВТС МДж/кг)**. Методы определения этих двух параметров должны соответствовать стандартам ИСО 7404-5 [43] з/ и 1928 [39], соответственно.

**Первый этап** классификации углей по типу определяется на основе концепции Общей классификации, описанной в [28]. Речь идет о проведении различия между углями низкого типа и углями среднего и высокого типов (каменный уголь) по следующим критериям:

- **углями низкого типа** являются угли, у которых ВТС < 24 МДж/кг (во влажном, беззольном состоянии) и  $\bar{R} < 0,6\%$ ,
- **углями среднего и высокого типов** (каменный уголь) являются угли, у которых:
  - ВТС (во влажном, беззольном состоянии)  $\geq 24$  МДж/кг, **или**
  - ВТС (во влажном, беззольном состоянии) < 24 МДж/кг, при условии, что  $\bar{R} \geq 0,6\%$ .

---

з/ Пробы готовятся в соответствии со стандартом ИСО 7407-2 [41].



**ПРИМЕЧАНИЕ:**

Оба наименования деления на типы (низкий тип, средний тип, высокий тип, с одной стороны, лигнит, суббитуминозные угли, битуминозные угли, антрацит, с другой стороны, применяются одинаково как к гумусовым углям, так и к сапропелевым углям.

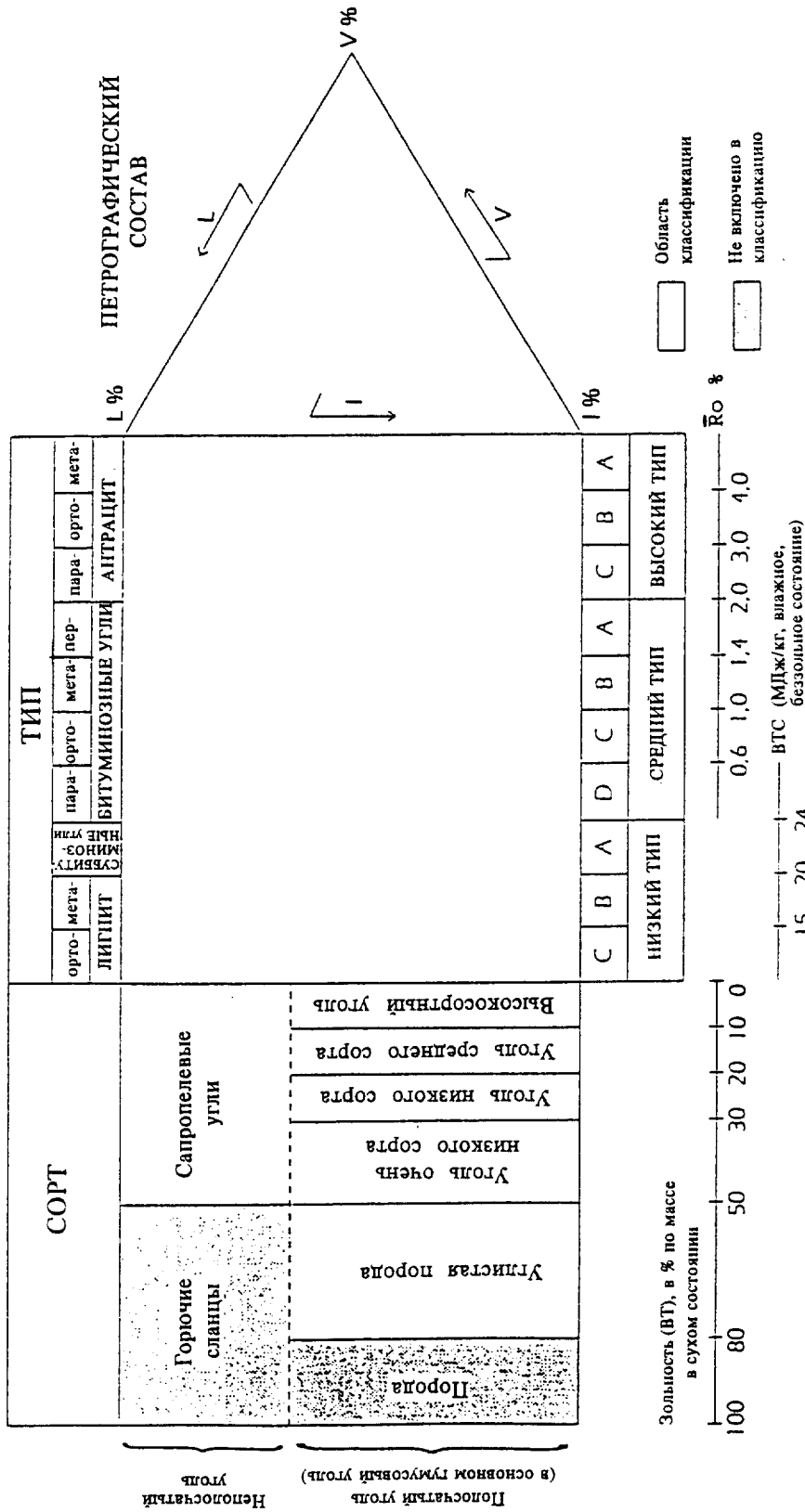
R % - среднестатистическая отражательная способность витринита в процентах (стандарт ИСО 7404-5)  
 WTC (МДж/кг во влажном, беззольном состоянии) - показатель высшей теплотворной способности в МДж/кг во влажном, беззольном состоянии (стандарты ИСО 1928 и 1170); влажность определяется как влажность в пласте, т.е. как общая влажность (стандарты ИСО 1015 или 5068)

Зольность (В), в % по массе в сухом состоянии - зольность (высокая температура), в % по массе в сухом состоянии (стандарты ИСО 1171, 331 и 1170)

V, L, I, в % - содержание витринита, лигнитина и инертинита соответственно в процентах к объему без самородного минерального вещества (стандарт ИСО 7404-3).

**Рис. 1.** Общая схема Международной классификации углей в пластах БЭК ООН





Примечание: Оба наименования делений на типы (низкий тип, средний тип, высокий тип, с одной стороны, лигнит, суббитуминозные угли, битуминозные угли, антрацит, с другой стороны) применяются одинаково как к гумусовым углям, так и к сапропелевым углям.

Ro % - статистическая отражательная способность витринита в процентах (стандарт ИСО 7404-5)

ВТС (МДж/кг во влажном, беззольном состоянии) - показатель высшей теплотворной способности в МДж/кг во влажном, беззольном состоянии (стандарты ИСО 1928 и 1170); влажность определяется как влажность в пласте, т.е. как общая влажность (стандарты ИСО 1015 или 5068)

Зольность (ВТ, в % по массе в сухом состоянии) - зольность (высокая температура), в % по массе в сухом состоянии (стандарты ИСО 1171, 331 и 1170)

V, L, I, в % - содержание витринита, лигнитина и инертинита, соответственно, в процентах к объему без самородного минерального вещества (стандарт ИСО 7404-3).

Рис. 2. Альтернативная и упрощенная (вид в плане) диаграмма Международной классификации углей в шлахтах ЕЭК ООН.

В Общей классификации под влажностью, рассматриваемой для определения величины высшей теплотворной способности во влажном, беззольном состоянии (в, бз), понимается **влагоемкость**, измеряемая в соответствии со стандартом ИСО 1018 [36].

Второй этап классификации углей по типу состоит в дополнении первого этапа определением **основных и промежуточных групп**, как показано на рис. 1 и 2.

Во избежание расхождений было принято следующее решение:

- если  $\bar{R} \geq 0,6\%$ , то угли должны классифицироваться по среднестатистической отражательной способности витринита в %;
- если  $\bar{R} < 0,6\%$ , то угли должны классифицироваться по показателю высшей теплотворной способности в МДж/кг во влажном, беззольном состоянии (в, бз).

В некоторых случаях, когда  $\bar{R} < 0,6\%$  и ВТС (во влажном, беззольном состоянии)  $< 24$  МДж/кг, - с учетом того, что в этом интервале границы между промежуточными группами основаны на ВТС, - этот последний параметр должен определяться во влажном, беззольном состоянии на основе **влажности в пласте**, т.е. общей влажности, рассчитываемой по стандарту ИСО 1015 [35] или 5068 [40] 4/.

Целесообразность использования показателя влажности в пласте, а не показателя влагоемкости для классификации углей низкого типа состоит в том, что в рамках этого типа влагоемкость, определяемая по стандарту ИСО 1018 [36], не дает истинных значений и не поддается воспроизведению.

Кроме того, границы между подгруппами, показанные на рис. 1 и 2, объясняются следующим:

- для углей низкого типа: статистическими данными, опубликованными Альперном и др. (1989 год) [4] и основанными на публикациях Акебара (1984 год) [27], Ода и Гибсона (1960 год) [50], Паркса (1951 год) [51] и Паркса и О'Доннела (1956 год) [52] (см. также рис. 3).
- Для углей среднего и высокого типа:
  - $\bar{R} = 0,6\%$ : эта граница совпадает с отражательной способностью, которая вместе с высшей теплотворной способностью определяет границу между углями низкого типа и всеми углями среднего и высокого типов в Общей классификации, приведенной в [28];

---

4/ Во избежание любого расхождения следует подчеркнуть, что концепция влажности в пласте равнозначна общей влажности, определенной в стандарте ИСО 589 [32] для углей среднего и высокого типов и в стандарте ИСО 1015 [35] или 5068 [40] для углей низкого типа. В то же время в США (см. стандарты ASTM D121 [10] и D388 [11] и за исключением лигнитов и некоторых суббитуминозных углей влажность в пласте равнозначна равновесной влажности в атмосфере с относительной влажностью 96-97% при 30°C, т.е. влагоемкости, определяемой по стандарту ASTM D1412 [12].

- $\bar{R} = 1,0\%$ : эта граница соответствует максимальной флюоресцентности витринита;
- $\bar{R} = 1,4\%$ : эта граница соответствует переходу от мозаичной структуры кокса к волокнистой;
- $\bar{R} = 2,0\%$ : эта граница соответствует среднему значению, соответствующему исчезновению вспучиваемости витринита;
- $\bar{R} = 3,0\%$ : эта граница соответствует изменению возгораемости антрацитов, которые труднее возгораются при более высоких значениях  $\bar{R}$ ;
- $\bar{R} = 4,0\%$ : эта граница соответствует переходу от антрацитов к метаантрацитам в соответствии с кристаллообразной структурой иллита.

На рис. 3 приводятся параметры типов, которые указаны в прилагаемом списке библиографии и увязываются с параметрами, используемыми в настоящей Международной классификации углей в пластах ЕЭК ООН, т.е. со среднестатистической отражательной способностью витринита в процентах и высшей теплотворной способностью (во влажном, беззольном состоянии). На этом рисунке границы, предлагаемые в Международной классификации углей в пластах ЕЭК ООН, также сопоставляются с делениями, используемыми в двух крупных системах: в американском стандарте ASTM D388 [11] и в австралийском стандарте AS 2096 [8].

#### 4.2 Петрографический состав

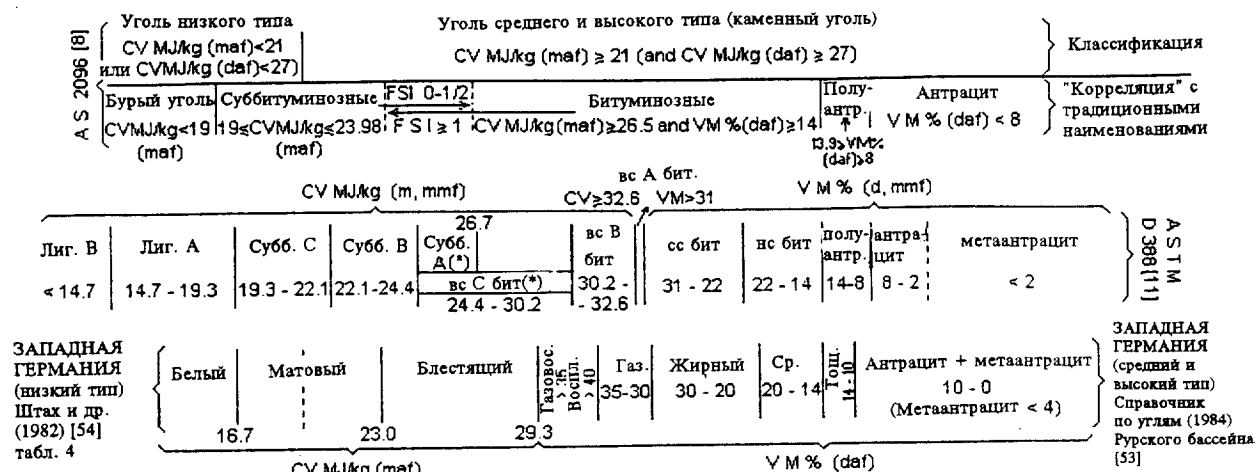
Петрографический состав определяется анализом мацеральных групп (витринита, липтинита и инертинита как процентной доли в объеме самородного минерального вещества), проводимого в соответствии со стандартом ИСО 7404-3 [42] 5/ и дополняемого, по возможности, визуальным описанием литотипов (блестящие слои, полублестящие слои и матовые слои [10] и [13]). Кроме того, при макроскопическом описании углей и угольных пластов берутся в расчет понятия полосчатых углей применительно к гумусовым углям и неполосчатым углям (см. стандарт ASTM D2796 [13]). Следует, однако, отметить, что эти определения носят очень общий характер, поскольку существуют гумусовые угли, которые могут проявлять характеристики неполосчатых углей. Что касается гумусовых углей, то между витринитом и инертинитом постоянно находится серия переходных слоев, что затрудняет установление петрографических границ.

#### 4.3 Сорт

Границы сортности, показанные на рис. 1 и 2, основаны на зольности в процентах по массе в сухом состоянии, определяемой в соответствии со стандартом ИСО 1171 [38].

---

5/ Пробы готовятся в соответствии со стандартом ИСО 7404-2 [41].



1992 Geneva 10th ECE - UN meeting	УГОЛЬ НИЗКОГО ТИПА			УГОЛЬ СРЕДНЕГО ТИПА				УГОЛЬ ВЫСОКОГО ТИПА			R <sub>g</sub> %
	С	В	А	С	В	А	С	В	А		
Alpern et al. (1989) [4]	ЛИГНИТ			БИТУМИНОЗНЫЙ				АНТРАЦИТ			2.2 3.4 4.5 R <sub>max</sub> % (1982) [54] Табл. 4А
	ОРТО	МЕТА	СУББИТУМИНОЗНЫЙ	ПАРА	ОРТО	МЕТА	пер	ПАРА	ОРТО	МЕТА	
	CV MJ/kg (m <sup>(**)</sup> , af)	15	20	24	0.6	1.0	1.4	2.0	3.0	4.0	
	CV MJ/kg (m <sup>(***)</sup> , af)	18	21	24							
	MHC % (af)	40	30	22							2.3 H % (daf) Лемош де Суза и др. (1992) [47]
	VM % (af)	50	35	22							
	CV MJ/kg (daf)	28	30	31							

(*) различие между двумя классами определяется характером спекания	VM % (daf)	FSI					
		44	33	24	13	10*	10*
(***) влажность от влажности в пласте (общая влажность)	VM % (daf)	35	24	13			
		31	26	14			
(***) влажность от влагоемкости	C % (daf)	35	25	13			
			(24.5)				
C % (daf)	79	86	89	91	93	94	
	79	85	88	91	93	94	

Витрен. Штах и др. (1982) [54], Табл. 4  
 Весь уголь ICCP (1963, 1971) [29, 30], "Тип"  
 Весь уголь ASNM D 388 [11] + Дамбергер и др. (1984) [22], Табл. 1  
 Весь уголь Дэвис (1978) [23], стр. 68  
 Витрен. + весь уголь МкКартней и Гейхмюллер (1972) [48], рис. 14  
 Витрен. Кеттер (1960), [45], рис. 6; ICCP (1963) [29], "Тип"

- VM % (af) = Влажность пласта в % (в беззольном состоянии)
- MHC % (af) = Влагоемкость в % (в беззольном состоянии)
- C % (daf) = Углерод в % (в сухом, беззольном состоянии)
- CV MJ/kg (maf) = Теплота сгорания в MJ/kg (во влажном беззольном состоянии)
- CV MJ/kg (m, mmf) = Теплота сгорания в MJ/kg (во влажном состоянии без минерального вещества)
- CV MJ/kg (daf) = Теплота сгорания в MJ/kg (в сухом, беззольном состоянии)
- FSI = Индекс всучивания
- H % (daf) = Водород в % (в сухом, беззольном состоянии)
- MHC % (af) = Влагоемкость в % (в беззольном состоянии)
- R% = Среднестатистическая отражательная способность витринита %
- R<sub>max</sub> % = Средний показатель максимальной отражательной способности витринита %
- VM % (daf) = Летучие вещества % (в сухом, беззольном состоянии)
- VM % (d, mmf) = Летучие вещества % (в сухом состоянии без минерального вещества)

Рис. 3 Диаграмма, иллюстрирующая корреляцию между параметрами, принятыми для определения типов в Международной классификации углей в пластах ЕЭК ООН, (R<sub>g</sub> и ВТС в МДж/кг во влажном, беззольном состоянии) и другими параметрами типов, встречающимися в литературе. Границы, предлагаемые в Международной классификации углей в пластах ЕЭК ООН, также сопоставляются с границами, принятыми в двух крупных национальных классификациях (американский стандарт ASTM D388 [11] и австралийский стандарт AS 2096 [8]).

Для **сапропелевых углей** верхняя граница сорта определяется 50-процентной зольностью в сухом состоянии, что исключает наличие горючих сланцев. Для **гумусовых углей** верхняя граница сорта устанавливается на уровне 80-процентной зольности в сухом состоянии; породы выше этого уровня из классификации исключаются. Из этого следует, что на основе данной классификации в гумусовые угли входит подгруппа, называемая **углесодержащей породой**, зольность которой составляет от 50 до 80%.

## 5. Тест обогатимости

Простой тест обогатимости можно использовать для определения относительного количества мелкого дисперсного минерального вещества в угле. Такая информация уточняет соотношение между фацией и сортом. Для этой цели предлагается уменьшать гранулометрический состав минералов в репрезентативной пробе до 0-6 мм и определять выход золы из взвешенной фракции с удельным весом 1,60. С учетом того, что данная система классификации не предназначена для использования в коммерческих или технических целях, можно использовать общие рабочие процедуры и тесты, которые описаны в стандартах AS 1661 [7], ASTM D4371 [14], BS 7067 [17] и ИСО [7936 [44]. При этом, однако, для целей настоящей классификации углей в пластах не следует использовать приводимый в тех же стандартах полный гранулометрический диапазон.

**ПЕРЕЧЕНЬ СТАНДАРТОВ ИСО, ИСПОЛЬЗОВАННЫХ В КЛАССИФИКАЦИИ УГЛЕЙ**

№	Наименование	Предмет	Номер ссылки
331	Уголь - определение влажности образца для анализа - прямой гравиметрический метод	Определение влажности образца для анализа в целях расчетов с различными базами	[31]
609	Уголь и кокс - определение углерода и водорода - метод высокотемпературного сжигания	Содержание водорода	[33]
625	Твердые виды минерального топлива - определение углерода и водорода - метод Либига	Содержание водорода	[34]
1015	Бурые угли и лигниты - определение влажности - прямой валюметрический метод	Влажность пласта = общая влажность (угли низкого типа)	[35]
1018	Каменный уголь - определение влагоемкости	Влагоемкость (каменный уголь)	[36]
1170	Уголь и кокс. Расчет аналитических результатов по различным базам	Выражение аналитических результатов	[37]
1171	Твердые виды минерального топлива - определение зольности	Зольность	[38]
1928	Твердые виды минерального топлива - определение высшей теплотворной способности с помощью калориметрической бомбы и расчет низшей теплотворной способности	Высшая теплотворная способность	[39]
5068	Бурые угли и лигниты - определение влажности - косвенный гравиметрический метод	Влажность пласта = общая влажность (угли низкого типа)	[40]
7407-2	Методы петрографического анализа битуминозного угля и антрацита - вторая часть: метод подготовки проб углей	Методы подготовки проб углей	[41]
7404-3	Методы петрографического анализа битуминозного угля и антрацита - третья часть: определение состава мацеральных групп	Определение состава мацеральных групп	[42]
7404-5	Методы петрографического анализа битуминозного угля и антрацита - пятая часть: определение с помощью микроскопа отражательной способности витринита	Средний показатель выборочной отражательной способности витринита	[43]

## БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] ALPERN, B., 1979. Essai de classification des combustibles fossiles solides. *Publ. tech.*, 3: 195-210. (Publication CERCHAR N° 2810).
- [2] ALPERN, B., 1981. Pour une classification synthétique universelle des combustibles solides. *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, 5,2: 271-290. (Journ. "La Géologie des Charbons, des Schistes bitumineux et des Kérogènes", Pau, 1981).
- [3] ALPERN, B. & LEMOS DE SOUSA, M.J., 1987. Project of an International Scientific Classification of Solid Fossil Fuels. *Internat. Congr. Carbonif. Stratigr. Geol.*, 11th, Beijing, 1987.
- [4] ALPERN, B., LEMOS DE SOUSA, M.J. & FLORES, D., 1989. A progress report on the Alpern Coal Classification. In: P.C. LYONS & B. ALPERN (Eds), *Coal: Classification, Coalification, Coalification, Mineralogy, Trace-element Chemistry, and Oil and Gas Potential. Internat. J. Coal Geol.*, 13, 1/4: 1-19.
- [5] ALPERN, B. & NAHUYS, J., 1985. Carvão da Bacia de Morungava. Estudo de seis sondagens. 151 pp. Fundação de Ciência e Tecnologia-CIENTEC. Porto Alegre.
- [6] ALPERN, B., NAHUYS, J., LEMOS DE SOUSA, M.J., PINHEIRO, H.J., MARQUES, M.M., FLORES, D., MOREIRA, V. & JORGE, A., 1988. The application of the 'Alpern Scientific Classification of Solid Fossil Fuels' to Qualify Gondwana Coals from different basins. *Publ. Mus. Labor. miner. geol. Fac. Ciênc. Porto, N.S.*, 1: 5-31.
- [7] AS 1661: 1979. Method for the float and sink testing of Hard Coal and presentation of results. 45 pp. Standards Association of Australia, North Sydney, New South Wales. 1987.
- [8] AS 2096: 1987. Classification and coding system for Australian coals. 8 pp. Standards Association of Australia. North Sydney, New South Wales. 1987.
- [9] AS 2617: 1983. Guide for the taking of samples from Hard Coal seams in situ. 12 pp. Standards Association of Australia. North Sydney, New South Wales. 1983.
- [10] ASTM Designation: D121-91. Standard Terminology of Coal and Coke. In: *1992 Annual Book of ASTM Standards, Section 5, Petroleum Products, Lubricants, and Fossil Fuels, Vol. 05.05, Gaseous Fuels: Coal and Coke*. p. 163-170. American Society for Testing and Materials - ASTM. Philadelphia, Pa. 1992.
- [11] ASTM Designation: D388-92. Standard Classification of Coals by Rank. In: *1992 Annual Book of ASTM Standards, Section 5, Petroleum Products, Lubricants, and Fossil Fuels, Vol. 05.05, Gaseous Fuels: Coal and Coke*. p. 192-195. American Society for Testing and Materials - ASTM. Philadelphia, Pa. 1992.
- [12] ASTM Designation: D1412-89. Standard Test Method for Equilibrium Moisture of Coal at 96 to 97 Percent Relative Humidity and 30°C. In: *1992 Annual Book of ASTM Standards, Section 5, Petroleum Products, Lubricants, and Fossil Fuels, Vol. 05.05, Gaseous Fuels: Coal and Coke*. p. 217-219. American Society for Testing and Materials - ASTM. Philadelphia, Pa. 1992.
- [13] ASTM Designation: D2796-88. Standard Definitions of Terms Relating to Megascopic Description of Coal and Coal Seams and Microscopical Description and Analysis of Coal. In: *1991 Annual Book of ASTM Standards, Section 5, Petroleum Products, Lubricants, and Fossil Fuels, Vol. 05.05, Gaseous Fuels: Coal and Coke*. p. 296-298. American Society for Testing and Materials - ASTM. Philadelphia, Pa. 1992.
- [14] ASTM Designation: D4371-91. Standard Test Method for Determining the Washability Characteristics of Coal. In: *1992 Annual Book of ASTM Standards, Section 5, Petroleum Products, Lubricants, and Fossil Fuels, Vol. 05.05, Gaseous Fuels: Coal and Coke*. p.397-406. American Society for Testing and Materials - ASTM. Philadelphia, Pa. 1992.

- [15] ASTM Designation: D4596-86. Standard Practice for Collection of Channel Samples of Coal in the Mine. In: *1992 Annual Book of ASTM Standards, Section 5, Petroleum Products, Lubricants, and Fossil Fuels, Vol.05.05, Gaseous Fuels: Coal and Coke*. p.407-408. American Society for Testing and Materials - ASTM. Philadelphia, Pa. 1992.
- [16] ASTM Designation: D5192-91. Standard Practice for Collection of Coal Sample from Core. In: *1992 Annual Book of ASTM Standards, Section 5, Petroleum Products, Lubricants, and Fossil Fuels, Vol.05.05, Gaseous Fuels: Coal and Coke*. p.465-468. American Society for Testing and Materials - ASTM. Philadelphia, Pa. 1992.
- [17] BS 7067: 1990. British Standard Guide to Determination and presentation of float and sink characteristics of raw coal and of products from coal preparation plants. 18 pp. British Standard Institution. London. 1990.
- [18] COAL/AC.5/14 ECE-UN document [28 June 1988]: Seventh Ad hoc Meeting on the Elaboration of an International Scientific Classification of Medium-rank and High-rank Coals, Geneva, 13-14 June 1988. Report.
- [19] COAL/AC.5/16 ECE-UN document [6 October 1989]: Eighth Ad hoc Meeting on the Elaboration of a New International Classification of Coals, Lisbon (Portugal), 4-6 September 1989. Report.
- [20] COAL/AC.5/18 ECE-UN document [7 January 1991]: Ad hoc Meeting on the Elaboration of a New International Classification of Coals. First Task Force on the Elaboration of an International Classification of Seam Coals, Geneva, 19-21 November 1990. Report.
- [21] COAL/GE.3/R.77/Add.1 ECE-UN document [25 February 1986]: Preparation of a New ECE Classification of Coals. Draft sub-classification of medium-rank and high-rank coals (transmitted by the Government of France).
- [22] DAMBERGER, H.H., HARVEY, R.D., RUCH, R.R. & THOMAS Jr, J., 1984. Coal Characterization. In: B.R. COOPER & W.A. ELLINGSON (Eds), *The Science and Technology of Coal and Coal Utilization*. p. 7-45. Plenum Press. New York (N.Y.), London.
- [23] DAVIS, A., 1978. The reflectance of coal. In: C. KARR Jr. (Ed), *Analytical Methods for Coal and Coal Products*, Vol. 1, p. 27-81. Academic Press. New York (N.Y.), London.
- [24] ENERGY/WP.1/AC.1/2 ECE-UN document [8 October 1991]: Ninth Ad hoc Meeting on the Elaboration of a New International Classification of Coals. 30 September-2 October 1991. Report.
- [25] ENERGY/WP.1/AC.1/4 ECE-UN document [2 October 1992]: Tenth Ad hoc Meeting on the Elaboration of an International Classification of Coals in Seam, Geneva, 16-18 September 1992. Report.
- [26] FALCON, R.M.S., 1986. Classification of Coals in Southern Africa. In: C.R. ANHAEUSSER & S. MASKE (Eds), *Mineral Deposits of Southern Africa*, Vol. 2. p. 1899-1921. Geological Society of South Africa. Johannesburg.
- [27] HACQUEBARD, P.A., 1984. Composition, rank and depth of burial of two Nova Scotia lignite deposits. *Current Res., Part A, Geol. Surv. Can. Pap.*, 84-1A: 11-15.
- [28] International Codification System for Medium and High Rank Coals. 26 pp. Economic Commission for Europe, United Nations (Geneva). United Nations. New York (N.Y.). 1988. (Document ECE/COAL/115).
- [29] International Handbook of Coal Petrography. 2nd Ed. International Committee for Coal Petrology (ICCP). Centre National de la Recherche Scientifique, Academy of Sciences of the USSR. Paris, Moscow. 1963.
- [30] International Handbook of Coal Petrography. Supplement to the 2nd Ed. International Committee for Coal Petrology (ICCP). Centre National de la Recherche Scientifique, Academy of Sciences of the USSR. Paris, Moscow. 1971.
- [31] ISO 331: 1983. Coal. Determination of moisture in the analysis sample. Direct gravimetric method. 3 pp. International Organization for Standardization-ISO, Geneva, 1983.
- [32] ISO 589: 1981. Hard coal. Determination of total moisture. 6 pp. International Organization for Standardization - ISO, Geneva, 1981.
- [33] ISO 609: 1975. Coal and coke. Determination of carbon and hydrogen. High temperature combustion method. 7 pp. International Organization for Standardization - ISO, Geneva, 1975.



- [34] ISO 625: 1975. Coal and coke. Determination of carbon and hydrogen. Liebig method. 7 pp. International Organization for Standardization – ISO, Geneva, 1975.
- [35] ISO 1015: 1975. Brown coals and lignites. Determination of moisture content. Direct volumetric method. 3 pp. International Organization for Standardization – ISO, Geneva, 1975.
- [36] ISO 1018: 1975. Hard coal. Determination of the moisture-holding capacity. 6 pp. International Organization for Standardization - ISO, Geneva, 1975.
- [37] ISO 1170: 1977. Coal and coke. Calculation of analyses to different bases. 4 pp. International Organization for Standardization-ISO, Geneva, 1977.
- [38] ISO 1171: 1981. Solid mineral fuels. Determination of ash. 2 pp. International Organization for Standardization - ISO, Geneva, 1981.
- [39] ISO 1928: 1976. Solid mineral fuels. Determination of gross calorific value by the calorimeter bomb method, and calculation of net calorific value. 14 pp. International Organization for Standardization – ISO, Geneva, 1976.
- [40] ISO 5068: 1983. Brown coals and lignites - Determination of moisture content - Indirect gravimetric method. 5 pp. International Organization for Standardization - ISO. Geneva. 1983.
- [41] ISO 7404-2: 1985. Methods for the petrographic analysis of bituminous coal and anthracite. Part 2: Method of preparing coal samples. 8 pp. International Organization for Standardization - ISO, Geneva, 1985.
- [42] ISO 7404-3: 1984. Methods for the petrographic analysis of bituminous coal and anthracite. Part 3: Method of determining maceral group composition. 4 pp. International Organization for Standardization - ISO, Geneva, 1984.
- [43] ISO 7404-5: 1984. Methods for the petrographic analysis of bituminous coal and anthracite. Part 5: Method of determining microscopically the reflectance of vitrinite. 11 pp. International Organization for Standardization - ISO, Geneva, 1984.
- [44] ISO 7936: 1992. Hard coal. Determination and presentation of float and sink characteristics. General directions for apparatus and procedures. 19 pp. International Organization for Standardization-ISO, Geneva, 1992.
- [45] KÖTTER, K., 1960. Die mikroskopische Reflexionsmessung mit dem Photomultiplier und ihre Anwendung auf die Kohlenuntersuchung. *Brennst.-Chem.*, 41, 9: 263-272.
- [46] LEMOS DE SOUSA, M.J., FLORES, D., PINHEIRO, H.J. & VASCONCELOS, L., 1992. Coal Classification and Codification. Up-date on the State of the Art and a Critical Review. *Publ. Mus. Labor. miner. geol. Fac. Ciênc. Porto*, N.S., 2, 61pp.
- [47] LEMOS DE SOUSA, M.J., PINHEIRO, H.J., MARQUES, M.M. & FLORES, D., 1992. A comparative study of meso- and some Ortho- and Meta-anthracites from North-Atlantic and Gondwana basins. *Publ. Mus. Labor. miner. geol. Fac. Ciênc. Porto*, N.S. 5, 16 pp. (Paper presented at the Internat. Gondwana Sympos., 7th, São Paulo, Brazil, 1988).
- [48] McCARTNEY, J.T. & TEICHMÜLLER, M., 1972. Classification of coals according to degree of coalification by reflectance of the vitrinite component. *Fuel*, 51: 64-68.
- [49] NAVALE, G.K.B. & MISRA, B.K., 1983. Status of Indian coals in Universal Classification of Solid Fossil Fuels. *Geophytology*, 13,2: 214-218.
- [50] ODE, V.H. & GIBSON, F.H., 1960. International System for Classifying Brown Coals and Lignites and its application to American coals. *U.S. Bur. Mines, Rep. Invest.*, 5695, 20 pp.
- [51] PARKS, B.C., 1951. Petrography of American Lignites. *Econ. Geol.*, 46, 1: 23-50.
- [52] PARKS, B.C. & O'DONNELL, H.J., 1956. Petrography of American coals. *U.S. Bur. Mines, Bull.*, 550, 193 pp.
- [53] Ruhrkohlen Handbuch. 6 Auflg. Glückauf. Essen. 1984.
- [54] STACH, E., MACKOWSKY, M.-Th., TEICHMÜLLER, M., TAYLOR, G.H., CHANDRA, D. & TEICHMÜLLER, R., 1982. Stach's Textbook of Coal Petrology. 3rd Ed. 535 pp. Gebrüder Borntraeger. Berlin, Stuttgart.