

СТРУКТУРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УГЛЕРОДИСТОГО ВЕЩЕСТВА ЧЕРНЫХ СЛАНЦЕВ СОАНЛАХТИНСКОЙ СВИТЫ (ПРИЛАДОЖЬЕ)

Бискэ Н.С. (nataliabiske@yandex.ru), Колодей В.А. (kolodey@sampo.ru)

Карельское отделение. Институт геологии Карельского НЦ РАН

STRUCTURAL CHARACTERIZATION OF CARBONACEOUS MATERIAL FROM SOME BLACK SHALES FROM SOANLAHTY FORMATION (LADOGA DISTRICT)

Biske N.S., Kolodey V.A.

Karelia branch. Institute of Geology Karelian Research Centre RAS

Вулканоогенно-осадочные образования соанлахтинской свиты развиты в южном обрамлении Карельского массива гнейсогранитов. Соанлахтинская свита является возрастным аналогом заонежской свиты, вмещающей известные месторождения шунгитов, и подобно последней содержит в своем составе высокоуглеродистые породы в виде прослоев и линз со средним содержанием углерода от 20 до 30%. Породы претерпели метаморфизм в условиях мусковит-биотитовой субфации фации зеленых сланцев, местами - эпидот-амфиболитовой фации. Высокоуглеродистые породы (метаморфизованные горючие сланцы и сапропелиты) имеют пелитоморфный облик и содержат до 60% углерода. Преобладают углеродистые кварцевые и слюдяно-кварцевые тонкозернистые разновидности массивной, тонкослоистой и брекчиевидной текстуры. Размер обломков варьирует от долей миллиметра до 1-2 см, их форма свидетельствует о метаколлоидном состоянии исходного вещества. Под микроскопом углеродистое вещество изученных пород весьма неоднородно. В основной массе породы присутствуют углеродистые микрообособления прожилковидной, линзовидной или неправильной формы. Частицы хлопьевидной, округлой или удлиненной до игольчатой формы, слагают матрицу, в которой распределены минеральные зерна, а также образуют в них тонкодисперсные включения. Изредка встречаются частицы пластинчатой формы. Размер углеродных частиц варьирует от долей до 1-3 мк. При просмотре частиц различной формы в режиме микродифракции были получены дифракционные картины, характерные для моно- и поликристаллического графита. Сrostки графитовых частиц, обычно содержат минеральную примесь

В данной работе приводятся результаты изучения углеродистого вещества методами комбинационной спектроскопии рассеяния света (КР) и рентгеновской дифрактометрии. КР спектры снимались на полированных пластинках (аншлифах), реже на тонких срезах пород и на порошковых пробах монофракций химического обогащения. Для регистрации спектров использовался рамановский дисперсионный спектрометр Nicolet Almega XR

(Thermo Scientific), совмещенный с бифокальным микроскопом. Длина волны излучения составляла 532 нм. После разложения спектров определялись положение (центр), интенсивность (H), ширина на половине высоты и площадь (A) пиков, а также параметры $R1=(D1/G)_H$ и $R2=(D1/G+D1+D2)_A$ (Beysac, 2002). Размер кристаллитов вычислен согласно работе (Ferrari, 2007).

Для всех проанализированных проб в области первого порядка ($1,100-1.800\text{ см}^{-1}$) получены две широкие интенсивные полосы: G и D1, а также пик «дефектов» D2 в виде плеча на пике G. Соотношение интенсивностей линий D1 и G варьирует от 0,16 до 1,10, что соответствует среднему размеру диаметра графеновых чешуек от 4 до 28 нм. В отдельных пробах зафиксированы следы присутствия тетраэдрического углерода (пик D4 на $1152-1214\text{ см}^{-1}$). В области второго порядка обнаруживается интенсивный, довольно узкий пик 2D ($\sim 2700\text{ см}^{-1}$). Сужение и рост интенсивности пика 2D связывают с усилением взаимодействия между слоями и ростом размера кристаллитов по оси C, а его расщепление на два дублета – с появлением трехмерного порядка в структуре углеродистого вещества (Worpenka, 1993). Характер пика 2D в спектрах черных сланцев соанлахтинской свиты меняется от симметричного, слабо асимметричного, когда асимметрия пика намечается, но не разрешается, до четко асимметричного. В КР спектрах с симметричным пиком 2D обычно наблюдается слабая широкая линия D3 ($\sim 1510\text{ см}^{-1}$), присутствие которой связывают с наличием в структуре неупорядоченностей в виде аморфного углерода. Судя по резкому превышению значений интегральной интенсивности пика с центром на $\sim 2680\text{ см}^{-1}$ над значениями интегральных интенсивностей пика с центром на $\sim 2710\text{ см}^{-1}$, в изученных графитах преобладает двумерноупорядоченная фаза. В спектрах тонкослоистых графитсодержащих сланцев, особенно в зонах рассланцевания и брекчирования, пик 2D обычно асимметричный. В отличие от тонкослоистых графитсодержащих сланцев пелитоморфные графитовые микросланцы под воздействием стресса брекчируются, а не рассланцовываются, что, вероятно, способствует сохранению в них метастабильного состояния углерода.

По характеру спектров и значениям КР характеристик углеродистое вещество в породах соанлахтинской свиты соответствует графиту, структура которого в различной степени разупорядочена. Гетерогенность структуры наиболее ярко проявляется в различном количестве внутрислоевых дефектов и вариациях соотношения двумерной и трехмерной фазы (до полного отсутствия последней в спорадически встречающихся скоплениях тонких углеродных частиц).

Методами рентгенографии углерод в породах неизменно диагностируется как графит, обладающий несовершенной кристаллической структурой (Бискэ, Колодей, 2014). На дифрактограммах высокие порядки отражений типа 001 и hkl имеют слабую интенсивность или отсутствуют. Графит обладает низкой степенью графитизации, коэффициент структурной

анизотропии равен нулю, отражение 002 отчетливо асимметричное, полуширина рефлекса 002 составляет 0,43-0,52⁰. Рентгенографически для графитов получены следующие структурные характеристики: $d_{002}=0,336-0,337$ нм; $L_a=14-25$ нм; $L_c=40-91$ нм.

Бискэ Н.С., Колодей В.А. Спектроскопия комбинационного рассеяния графита из месторождений и рудопроявлений Приладожья. // Петрозаводск: Тр. ИГ КарНЦ РАН. № 17. С. 103-109.

Beysac O., Goffe B., Chopin C., Rouzaud J. N., Raman spectra of carbonaceous materials from metasediments: a new geothermometer. // Journal of Metamorphic Geology, 2002, v.20, pp. 859-871.

Ferrari A. C., Robertson J., Interpretation of Raman spectra of disordered and amorphous carbon. // Physical review B, 2000, v. 61, No 20, pp. 95-107.

Wopenka B., Pasteris J. D. Structural characterization of kerogens to granulite-facies graphite: Applicability of Raman microprobe spectroscopy. // American Mineralogist, 1993, v. 14, pp. 533-577.