

**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

Вулканогенно-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 метакolloидном 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 удлиненой 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 XP

(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 (~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 (Worenka, 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 (~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 ~2680  $\text{см}^{-1}$  над значениями интегральных интенсивностей пика с центром на ~ 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 00l 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 0,43-0,52°. 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.