

МОРФОЛОГИЯ И РАМАНОВСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ УГЛЕРОДНОГО  
ВЕЩЕСТВА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ШУНЬГА (ОНЕЖСКАЯ  
ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКАЯ СТРУКТУРА)

**Бискэ Н.С. (nataliabiske@yandex.ru), Колодей В.А. (kolodey@sampo.ru)**  
Карельское отделение. Институт геологии Карельского НЦ РАН

MORFOLOGY AND RAMAN SPECTRUM OF CARBONACEOUS  
MATERIAL IN THE SHUNGA DEPOSIT (ONEGA PALAEOPROTEROZOIC  
STRUCTURE)

**Biske N.S., Kolodey V.A.**

Karelian branch. Institute of Geology Karelian Research Centre RAS

Высокоуглеродистые (шунгитовые) породы Шуньгского месторождения залегают среди переслаивающихся слюдяных сланцев, карбонатных пород и лидитов верхней подсвиты заонежской свиты (нижний протерозой, людиковий). В состав продуктивного пласта, средняя мощность которого составляет около 3 м, входят две основные разновидности: антрацитоподобная, с графитовым блеском и параллелепипедальной отдельностью (с зольностью менее 50%) и матовая пелитоморфная (с зольностью от 50 до 60%): соответственно шунгит-II и шунгит-III по известной классификации П.А. Борисова. Несмотря на длительную историю изучения, происхождение высокоуглеродистых пород месторождения остается дискуссионным. Их определяют как породы, которые образовались «in situ» (метасапропелиты или метаантрациты), или внедрились в осадочную толщу в виде пластичной органоминеральной инъекции либо в составе эндогенного гидротермального жильного комплекса; т.е. шунгитовая порода в целом, включая как органическую, так и минеральную составляющую, рассматривается как авто- или аллохтонная. Кроме того рядом исследователей предполагается смешанное (остаточное и миграционное) происхождение углеродного вещества.

В результате проведенных исследований в составе шунгитовых пород были выделены следующие разновидности углеродного вещества: 1) бесструктурная слабоотражающая углеродная масса (кероген), в которую погружены агрегаты и отдельные минеральные зерна, а также органические остатки разной степени сохранности; 2) миграционное углеродное вещество струйчатой морфологии с высоким отражением и отчетливой анизотропией (антраксолит), интрузирующее кероген и скопления минеральных зерен; 3) «невидимое» (не диагностируемое оптическими методами) углеродное вещество в тонком срастании с минеральными зернами (слюдами, кварцем, полевыми шпатами). На микроуровне в шунгитовых породах обнаружены слоистые и линзовидно-слоистые текстуры, наблюдается незакономерное тонкое чередование углеродного вещества и минеральных скоплений разного

размера, формы и сложения. С увеличением содержания углерода мощность минеральных слоев уменьшается, они сменяются вытянутыми по напластованию линзочками и цепочками зерен. Если в шунгите-III отмечаются комковатые микроструктуры, обусловленные присутствием среди бесструктурной углеродной массы минеральных и углеродных обособлений, то для шунгита-II характерно четко ориентированное, струйчато-полосчатое распределение углеродного вещества.

Для регистрации спектров использовался рамановский дисперсионный спектрометр Nicolet Almega XP (Thermo Scientific). Длина волны излучения составляла 532 нм. После разложения спектров определялись положение (M), интенсивность (H), ширина на половине высоты (W) и площадь (A) пиков, вычислялись соотношения пиковых и интегральных интенсивностей различных линий спектра. Параметр  $R1=(D1/G)_H$  использовался для определения размера графеновых плоскостей (Ferrari, Robertson, 2000), а параметр  $R2=(D1/G+D1+D2)_A$  для оценки степени упорядоченности структуры и определения пиковой температуры метаморфизма (Beysac et al., 2002).

Форма спектра углеродного вещества шунгитовых пород соответствует степени метаморфического преобразования в условиях мусковит-хлоритовой субфации фации зеленых сланцев. В области первого порядка ( $1,100-1.800\text{ см}^{-1}$ ) наблюдаются две широкие интенсивные полосы G ( $1584-1607\text{ см}^{-1}$ ) и D1 ( $1344-1354\text{ см}^{-1}$ ), а также три дополнительных пика «дефектов»: D2 в виде плеча на пике G, D3 ( $\sim 1510\text{ см}^{-1}$ ) и D4 ( $1165-1204\text{ см}^{-1}$ ). Второй порядок спектра представлен двумя пиками S1 ( $\sim 2700\text{ см}^{-1}$ ) и S2 ( $\sim 2900\text{ см}^{-1}$ ). По характеру спектра и значениям структурных параметров углеродное вещество Шунгского месторождения отвечает турбостратному углероду. При сходной морфологии спектра основные разновидности углеродного вещества обнаруживают специфические значения рамановских характеристик. Средние значения спектральных параметров для бесструктурной углеродной массы шунгита-III и заключенных в нее органических остатков составляют:  $M_G - 1590\text{ см}^{-1}$ ;  $W_G - 45\text{ см}^{-1}$ ;  $W_{D1} - 51\text{ см}^{-1}$ ;  $(D2/G)_H - 0,34$ ;  $R1 - 1,53$ ;  $R2 - 0,60$ ;  $(S1/G)_H - 0,36$ ;  $(S1/S2)_H - 2,25$ .  $L_a = 2,2\text{ нм}$ . Углеродное вещество, связанное с минеральной матрицей, обладая сходными значениями рамановских характеристик, отличается главным образом более крупными размерами кристаллитов:  $L_a$  достигает  $4,8\text{ нм}$ . Углеродное вещество, слагающее основную массу шунгита-II, наименее структурно упорядочено: положение и ширина пика G составляют соответственно  $1595-1603\text{ см}^{-1}$  и  $55-63\text{ см}^{-1}$ ; ширина пика D1= $65-77\text{ см}^{-1}$ ; пик D2 маскируется широкой полосой G, что характерно для слабоупорядоченных углеродных веществ;  $R1=1,31-1,81$ ;  $R2=0,65-0,78$ ;  $(S1/G)_H=0,14-0,24$ ;  $(S1/S2)_H=1,0-1,2$ . Разброс спектральных характеристик шунгита-II обусловлен, по-видимому, смешанным характером углерода. «Струйчатая» разновидность углеродного вещества по значениям рамановских параметров идентична миграционному углеродному веществу, слагающему микропрожилки, пленки и обособления различной формы на

шунгитовых проявлениях Онежской структуры, в частности на участке Лебещина (Бискэ, 2012), что подтверждает ее миграционный характер.

Полученные данные согласуются с представлениями автора о формировании шунгитовых пород месторождения в результате внедрения газовой-жидких, насыщенных углеводородами флюидов в слаболитифицированные, обогащенные органическим веществом осадки.

*Бискэ Н. С.* Рамановские спектры углеродного вещества контактово-метаморфизованных пород: на примере шунгитовой залежи Лебещина. // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып 15. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2012. С. 70-76.

*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. 14095-14107.