

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ PYTHON ДЛЯ СОЗДАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ КАРТ НА ОСНОВЕ ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА

Макаров В.Ю., Глухов М.С.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия, valik.gal@yandex.ru

Построение минеральных карт является важным этапом процесса создания геологических моделей. Традиционно минеральные карты представляют собой фотографии шлифов и аншлифов горных пород, полученные методом оптической микроскопии, что широко используются исследователями по сей день. Современные высокоточные методы позволяют получать минеральные карты прямым способом, например, используя рамановскую спектроскопию, или с помощью пост-обработки данных химического состава полученных методом рентгенофлуоресцентного анализа или энергодисперсионной спектроскопии. Так, например, существуют интегрированные автоматизированные системы для определения минералогического состава QEMSCAN, MLA [Ayling et al., 2012; Harvey, Fotopoulos, 2016] Однако уход иностранных поставщиков программного обеспечения с российского рынка, а также высокие цены создали запрос со стороны науки и индустрии по обеспечению необходимой продукцией.

Существует ряд инициатив со стороны исследователей о том, как решить данную проблему. Одним из примеров является совмещение карт элементного распределения по данным рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) с данными рентгеновской дифрактометрии и рентгеновской компьютерной томографии. Результатом явилось построение минеральной 3D модели песчаника [Глухов и др., 2021]. Со стороны исследователей также существует предложение использовать для построения минеральных 2D карт пост-обработку элементных карт в программе с открытым исходным кодом для анализа и обработки изображений ImageJ [Glukhov et al., 2022]. Однако в сравнении с приведенными методиками, наиболее перспективным является направление, базирующееся на программах, написанных на языке Python. Последний обладает важными преимуществами – цифровой обработкой числовых результатов с уменьшением фактора человеческой ошибки при выделении минералов.

Целью настоящей работы являлось построение минеральной карты по поверхности образца известняка Indiana с применением языка программирования Python.

В задачи исследования входило определение минерального состава и построение элементных

карт известняка Индиана. В рамках использования Python необходимо было произвести считывание информации из .csv файлов, написание программы для отображения поверхности распределения элементов и выделение критериев содержания для построения элементных карт.

Образец известняка Индиана (также известный как Salem limestone), приуроченный в стратиграфическом плане к среднему карбону, миссиссипского яруса, был выбран для исследования и представляет из себя светлоокрашенную осадочную породу, которая в основном сложена кальцитом органогенно-морского происхождения и добывается в южно-центральной части штата Индиана (США) для строительных нужд [Keith, Thompson, 2018].

Первоначальная обработка массива данных в формате .csv полученных посредством РФА произведена с использованием инструментария библиотеки Pandas, специализирующейся на работе с массивами данных, которые вносятся из внешних источников. Карты были составлены при помощи библиотеки Plotly.

Исходные данные представляли собой пять файлов количественных данных элементного распределения Sr, Ca, Mg, Si, Al по поверхности образца известняка. По результатам РФА были получены 5 карт распределения элементов. По данным картам, согласно полученному распределению, были выделены 2 основные минеральные фазы, встречаемые в образце: кальцит и кварц. Остальные элементы выступают в роли изоморфных примесей в кальците, при этом наиболее распространённой является примесь стронция, что в свою очередь говорит о возможном органогенно-морском генезисе образца. В итоге, полученная карта согласуется с результатами анализа РФА как в минеральном составе, так и в распределении по площади образца (рис. 1).

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что данный способ эффективен для построения минералогических карт и выделения в них отдельных минералов. Данный метод в дальнейшем имеет перспективы для полноценной автоматизации работы с элементным анализом у минералов, что влечёт за собой увеличение эффективности исследований в области минералогии. Также немаловажным фактором является полная независимость

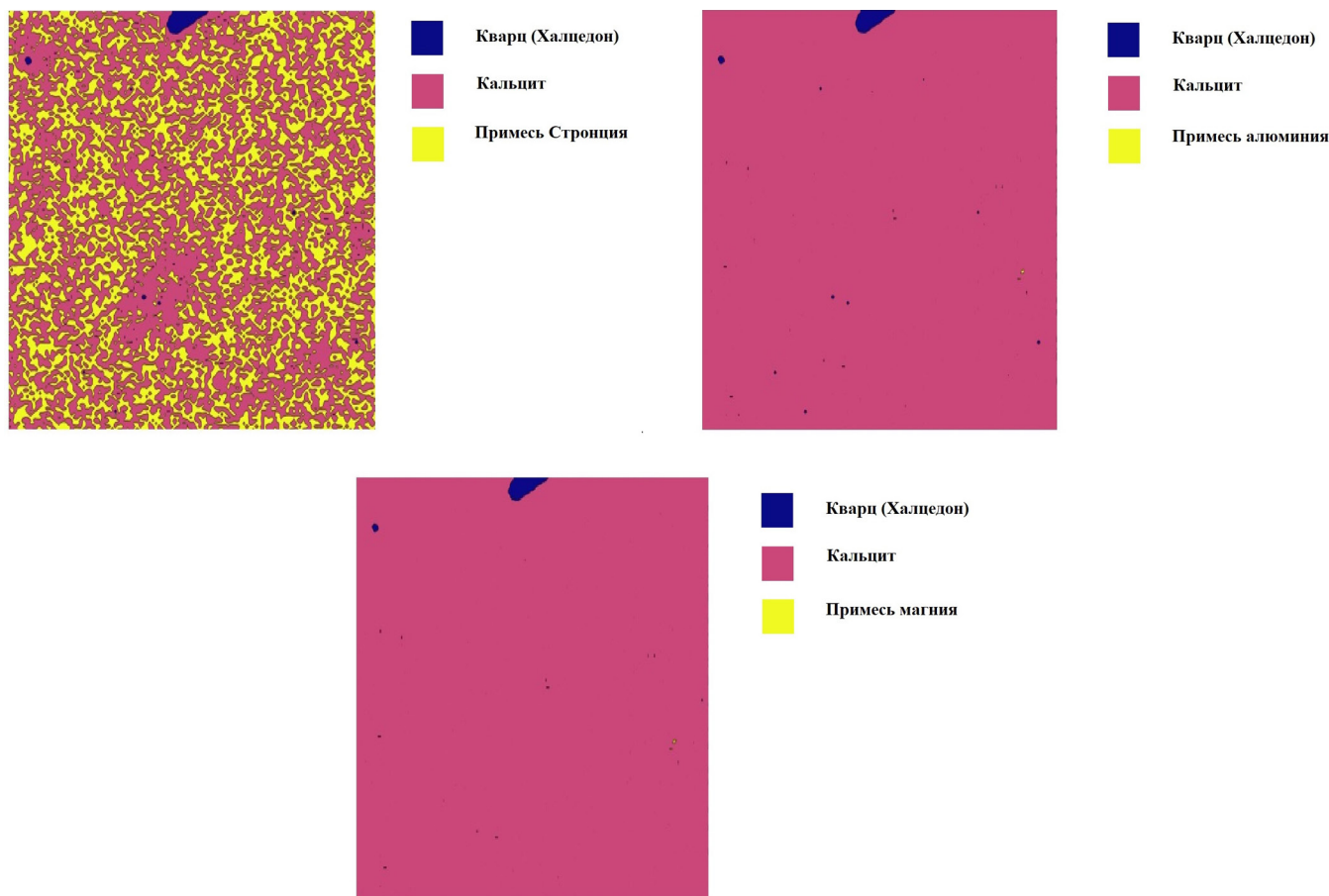


Рис. 1. Минеральная карта известняка Индиана

от обеспечения каким-либо специализированным программным обеспечением, которая в нынешних условиях крайне важна для решения задач по обеспечению научно-исследовательских организаций специализированным софтом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глухов М.С., Кадыров Р.И., Стаценко О.Е. Трёхмерная минералогическая модель пород коллекторов // Материалы IV Всероссийской молодежной научной конференции Геологический институт СО РАН. Улан-Удэ: Бурятский государственный университет, 2021. С. 23–25.
2. Ayling B., Rose P., Petty S., Zemach E., Drakos P. QEMSCAN (quantitative evaluation of minerals by scanning electron microscopy): capability and application to fracture characterization in geothermal systems // Thirty-Seventh Workshop on Geothermal Reservoir Engineering: January 30–February 1, 2012. Stanford, CA, 2012. SGP-TR-194.
3. Glukhov M.S., Kadyrov R.I., Statsenko E.O., Glukhova A.A. Segmentation of mineral phases in 3D images of reservoir rocks // Abstract Volume: Kazan Golovkinsky Stratigraphic Meeting October 17–19, 2022, Kazan, Russia. 2022. Казань: Издательство Казанского университета, 2022. С. 11.
4. Harvey A.S., Fotopoulos G. Geological mapping using machine learning algorithms // XXIII ISPRS Congress: 12–19 July 2016, Prague, Czech Republic. Stanford, CA, 2016. V. XLI-B8. P. 423–430.
5. Keith B.D, Thompson T.A. Salem Limestone (Valmeyeran, Mississippian) – A high-energy carbonate shoal model // Ancient Oceans, Orogenic Uplifts, and Glacial Ice: Geologic Crossroads in America's Heartland: Geological Society of America Field Guide. 2018. V. 51. P. 339–358.