

**К. А. Мещеряков, А. А. Горбунов, О.Ю. Мещерякова**  
Пермский университет. E-mail: kostian\_m@mail.ru

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД С ПОМОЩЬЮ  
ПЛОСКОПОЛИРОВАННЫХ ШЛИФОВ

**K.A. Meshcheryakov, A.A. Gorbunov, O.Yu. Meshcheryakova**

Perm State University

COMPLEX RESEARCH OF ROCKS BY USING FLAT POLISHED THIN-SECTIONS

The article draws attention to the value of preparation of samples for complex researches on modern precision equipment. Was discussed the problem of get the flattest surface of flat polished thin-section using different materials and approaches. Were considered the examples of application of the flat polished thin-sections for the precision methods of research.

С появлением на кафедре минералогии и петрографии первого электронного микроскопа возникла необходимость в изготовлении аншлифов с высококачественной полировкой. Имеющееся техническое оснащение шлифовальной мастерской не отвечало новым требованиям. В первый год пятилетнего финансирования национального исследовательского университета был закуплен современный комплекс станков компании Struers (Дания): ручной настольный отрезной станок (Unitom-2), высокоточная отрезная шлифовальная машина для обработки тонких срезов пород (Discoplan-TS), шлифовально-полировальный станок (RotoPol-35), вакуумный импрегнатор со встроенным вакуумным эжектором (CitoVac). Были собраны два новых станка с алмазными планшайбами разной зернистостью для грубого шлифования.

В 2015–2016 годах сотрудниками кафедры совместно с коллегами из Германии были выполнены работы по изучению зон платинометалльного оруденения расслоенных интрузий. В связи с ограниченным количеством кернового материала и необходимостью изучения выбранной области разными методами, было принято решение об изготовлении плоско полированных шлифов. Предыдущие исследования горных пород на кафедре проводились с помощью стандартных петрографических шлифов [2, 3,4].

В качестве первоочередного метода изучения исходных образцов использовался метод рентгеновской компьютерной томографии – X-Ray Computer Tomography (XRCT), который имеет ряд преимуществ:

- позволяет изучать минералы без разрушения образца;
- представляет пространственную текстуру в трехмерном объеме;
- позволяет проводить поиск отдельных зерен рудных минералов для выбора плоскости, по

которой впоследствии изготавливается плоско полированный шлиф [1].

Особенность таких шлифов заключается в том, что поверхность, которая должна быть закрыта покрывным стеклом, остается открытой и полируется. Толщина такого шлифа может варьироваться от 30 до 300 мкм.

На втором этапе исследований применялся масс-спектрометр с приставкой для лазерной абляции, поэтому толщина пластинки породы должна быть более 100 мкм. При меньшей толщине лазер может прожечь шлиф, при большей – не будет просматриваться текстура породы в оптическом микроскопе. С помощью лазерной абляции были получены значения содержания микроэлементов в плагиоклазах и пироксенах [7].

Пластинки горных пород приклеивались к предметному стеклу на специальную эпоксидную смолу, имеющую наиболее близкий коэффициент преломления к канадскому бальзаму, который по своим физическим свойствам не подходит для изготовления данных шлифов, т.к. в процессе полирования происходит нагрев породы и предметного стекла, что приводит к плавлению бальзама. Кроме того, при локальном взаимодействии пучка электронов или лазера со шлифом, канадский бальзам может испаряться, загрязнять камеру и искажать результаты анализов, поэтому его использование в качестве клея не рекомендуется. Предметные стекла должны быть калиброваны и иметь размер 47×27×1,4 мм. Строгие требования обусловлены параметрами держателя масс-спектрометра.

В процессе изготовления плоско полированных шлифов оказалось, что самая сложная операция – полировка. Основные проблемы были связаны с устранением мелких царапин и высокой разницей в рельефе мягких и твердых минералов.

Для достижения наилучшего качества полировки были опробованы разные комбинации полировальных и абразивных материалов, сочетание которых должно одинаково подходить для каждого минерала в породе. Положительный результат был достигнут за счет расширения диапазона размерности абразивов на стадии подготовки к полировке, подбора полировальных материалов и оптимального количества оборотов станка RotoPol-35. Выбрано наиболее универсальное сочетание: шелк (сатин) и алмазная паста размерностью 0–1 мкм. Породы с включениями хромитов хорошо полируются на фетровом круге с окисью хрома.

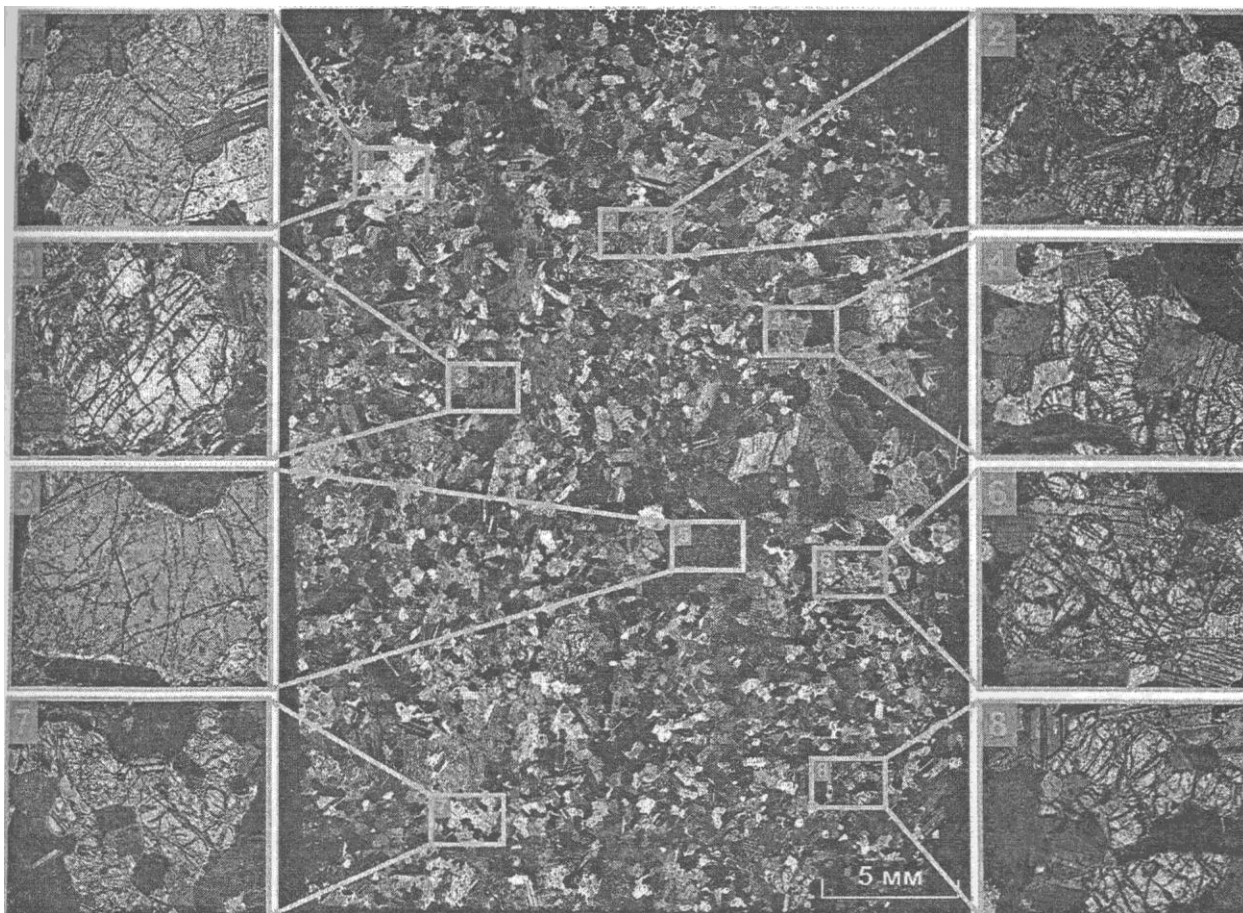
Оборудование компании Struers имеет широкий спектр полировальных поверхностей и абразивных материалов (алмазных спреев). В ходе работ процесс полирования был дополнен алмазными пастами отечественного производства и самодельными полировальными кругами. На сегодняшний день недостатком иностранного оборудования является высокая стоимость расходных материалов, поэтому использование дешевых аналогов позволят сделать цену готового шлифа конкурентно способной.

После проведения лазерной абляции толщину шлифа уменьшали до 30 мкм с помощью абразивного материала и стеклянной плиты. Далее шлиф просматривался в поляризованном свете оптического микроскопа для изучения силикатов. Строилась его панорама, в пределах которой выделялись неизменные зерна искомым минералов и затем фотографировались с большим увеличением (50х). Снимки сопоставлялись с панорамой, на которую наносились их границы (рис.).

Эта операция была необходима для направленного анализа зерен при работе на электронном микроскопе. Руководствуясь распечатанной панорамой и увеличенными снимками шлифа в скрещенных николях, на электронном микроскопе осуществлялся поиск зерен, выбранных на стадии оптического изучения. Обнаруженное зерно анализировалось в нескольких частях и фотографировалось с нанесением точек анализа. Результаты анализов пересчитывались на минеральный состав, строились кривые магнетиальности пироксенов и анортитового состава плагиоклазов [5]. В проводимом исследовании важно исключить из интерпретации «ложные» вариации, которые могут быть связаны с метаморфическими изменениями, зональностью зерен и др.

В результате исследований, проведенных с использованием плоско полированных шлифов, были обнаружены широкие вариации составов минералов, как в пределах отдельного шлифа, так и во всем разрезе, которые могут свидетельствовать о скрытой расслоенности (cryptic layering) [6] пород.

Сотрудниками кафедры успешно освоено новое направление комплексного изучения пород с помощью плоско полированных шлифов. Это направление перспективно и становится все более востребованным, т.к. оно позволяет проводить различные исследования на одном и том же участке горной породы, повышая полноту и достоверность результатов.



**Панорамное изображение шлифа**

За 100-летию истории кафедры минералогии и петрографии вышла на принципиально новый уровень развития. Техническое оснащение современным оборудованием позволяет проводить прецизионные исследования горных пород с использованием плоско полированных шлифов.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант №14-17-00200 и гранта РФФИ 16-35-00104 мол\_а.*

*Библиографический список*

1. Горбунов А. А., Асавина А. М., Векслер И. В. Изучение пород Восточно-Панской интрузии (Федорово-Панский массив, Кольский п-ов) // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П. Н. Чирвинского: сб. науч. ст. / отв. ред. И. И. Чайковский / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2016. Вып. 19. С. 307-314.
2. Манькова Т. В., Сулов С. Б., Исаева Г. А., Казымов К. П. Габбродолериты Усьвинского комплекса (Средний Урал, Пермский край) и оценка их пригодности для производства базальтового волокна // Современные проблемы науки и образования / Изд-во: ИД "Академия естествознания". Пенза, 2013. №5. С. 542.
3. Меньшикова Е. А., Казымов К. П., Исаева Г. А., Манькова Т. В., Мещеряков К. А. Исследование пород Пермского края для оценки их пригодности как сырья для производства базальтового волокна // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6. URL: science-education.ru/106-7641
4. Перевозчиков Б. В., Осовецкий Б. М., Меньшикова Е. А., Казымов К. П. Методика комплексного изучения габбро-базальтового сырья для производства минерального волокна // Геология и полезные ископаемые Западного Урала / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2012. №12. С. 199-205.
5. Alikin O. V., Asavin A. M., Gorbunov A. A., Khasiatov D. F., Veksler I. V. Structure, whole-rock and mineral compositions of Layered Rocks in the East Pana Intrusion, Kola Peninsula, Russia // Moscow International School of Earth Sciences – 2016. Abstracts of International conference / Editor-in-chief L.N. Kogarko. / M.: GEOKHIRAS, 2016. P. 58-59.
6. Charlier B., Namur O., Latypov R., Tegner Ch. Layered Intrusions, 2015. 749 p.
7. Gorbunov A., Veksler I., Asavin A., Anosova M., Kazymov K. Mineral chemistry in mineralised layers and barren rocks of East Pana intrusion, Kola peninsula, Russia // Goldschmidt2015. URL: goldschmidt.info/2015/abstracts/abstractView?abstractId=4217