

## Петрография и характеристика неравновесных текстур анклавов гранита Мюллием, гнейсовый комплекс Шиллонг-Мегхалая (Мегхалая, Индия)

*Vivek S. Дж.<sup>1,2</sup>, Рави Ранджан Кумар<sup>2</sup>*

## Petrography and characteristics of disequilibrium textures from enclaves in Myllem granite, Shillong-Meghalaya gneissic complex (Meghalaya, India)

*Vivek S.J., Ravi Ranjan Kumar*

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга», г. Петропавловск-Камчатский;

e-mail: sjvivek666@gmail.com

<sup>2</sup> North Eastern Hill University, Shillong, Meghalaya, India

Представлены результаты геохимических, петрографических и полевых исследований мафических микрогранулярных анклавов в гранитном плутоне Мюллиема гнейсового комплекса Мегхалая, проведенных в 2024 году. Приведены доказательства, подтверждающие процессы смешения магм, способствующие их развитию.

### Введение

Плато Мегхалая, расположенное на северо-востоке Индии, считается продолжением Индийского полуостровного щита. Он признан тектонически отделённым сегментом гранитного гнейсического комплекса Чхоттанагпур [3] и занимает площадь 25 000 км<sup>2</sup>. Гнейсовый комплекс Мегхалая включает несколько гранитных плутона, среди которых выделяется гранит Мюллием (рис. 1), известный анклавами, расположенными в розовых и серых гранитных отверстиях. Данное исследование направлено на понимание процессов смешения магмы, в результате которых образуются анклавы в гранитных породах Мюллием.

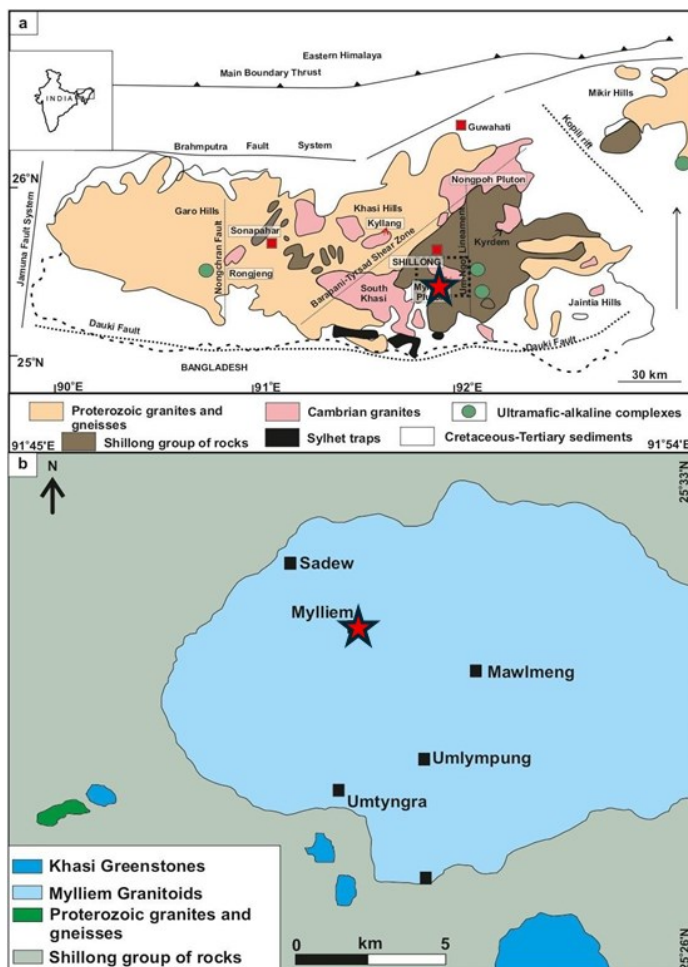


Рис. 1. Геологическая карта исследуемой территории (с изменениями согласно [4]) с местоположением плутона Мюллием (отмечено звездой).

Эта работа была выполнена в рамках магистерского диссертационного проекта кафедры геологии Северо-Восточного Университета в 2024 году. Работа была направлена на устранение существующего пробела в понимании механизма формирования анклавов в гранитных плутонах Мегхалая и их геохимических характеристик. Анклавы, как правило, связаны с процессом смешения магм, который происходил до их затвердевания. Основной целью этой работы было исследование сохранившихся свидетельств такого процесса. Работа проводилась на основе детального петрографического изучения анклавов, вмещающих пород и гибридизированных зон, присутствующих в них, а также геометрических исследований для понимания вязкости сжатия, испытываемого магмами.

### Методы исследования

**Полевые исследования.** Обнаруженные в плутонах мафические микрогранулярные анклавы (Mafic-Micro-Granular Enclaves, ММЕ) имели близкую к сфероидальной форму, некоторые из них содержали фенокристаллы вмещающей породы (рис. 2а). Полевые данные подтвердили гипотезу включения мафической магмы в виде глобулы в гранитный плутон, который уже находился на стадии охлаждения. Наблюдалась мелкозернистая текстура анклавов, что указывает на процесс быстрой кристаллизации из-за температурного контраста между магмами. Гибридные зоны между анклавом и вмещающей породой были идентифицированы по признакам механического смешения, что позже доказано с помощью петрографии. Некоторые из ММЕ содержали ксенокристаллы (рис. 2б), преимущественно зерна К-полевого шпата, что подразумевает механическое смешение магм в условиях охлаждения. Обнаружение редких двухслойных анклавов стало главной находкой полевых исследований (рис. 2в), демонстрирующей вариации механического смешения в разных зонах гранитной магмы-хозяина.

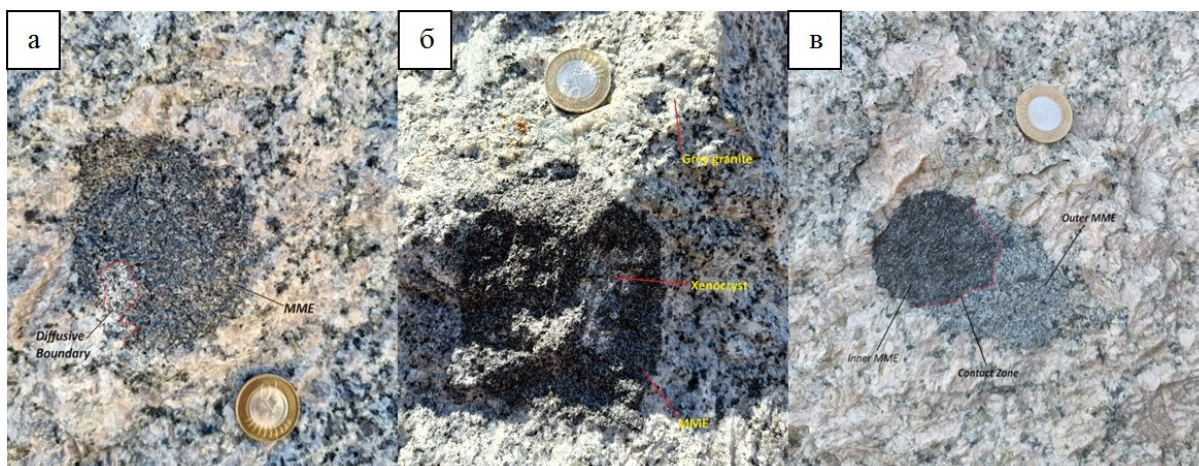


Рис. 2. а) ММЕ сфероидальной формы в сером граните; б) ММЕ с ксенокристаллом гранита-хозяина в результате механического смешения; в) двухслойный ММЕ в розовом граните.

**Геометрические исследования формы анклавов.** В геометрических формах анклавов идентифицируются сужающиеся краевые зоны ММЕ (рис. 3), образованные за счет контраста вязкости между жидкой мафической магмой и вязкой фельзитовой магмой. Это наблюдение показывает, что начальная мафическая магматическая глобула подверглась значительному сжатию из-за воздействия вязкой фельзитовой магмы, что вызвало геометрические изменения формы анклавов. Формирование сфероидальных и округлых анклавов с множественными заостренными концами было в основном вызвано этим магматическим сжатием.

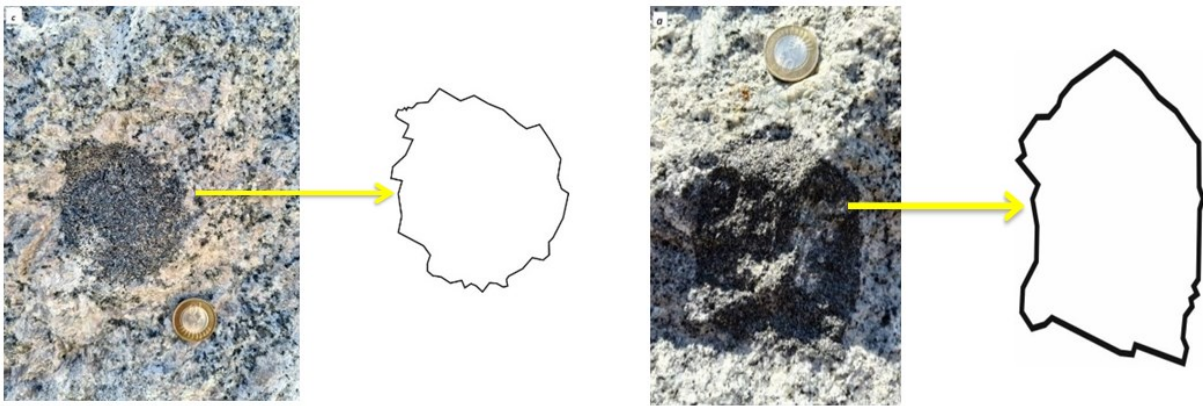


Рис. 3. Геометрическое представление анклавов, демонстрирующее эффект сжатия.

**Петрография.** Петрографический анализ шлифов, полученных из гранита Мюллием и связанных с ним ММЕ, показал отчетливые минералогические, текстурные и структурные различия между гранитом-хозяином и анклавами. Гранитная порода-хозяин обладает порфировой текстурой, характеризующейся обильными фенокристаллами К-полевых шпатов, главным образом микроклином и ортоклазом, расположенными в мелкозернистой почве, состоящей из кварца, плагиоклаза, мусковита и биотита. ММЕ, напротив, обладают мелкозернистыми или среднезернистыми, гипидиоморфными, равногранулярными текстурами с разнообразной модальной минералогией по сравнению с хозяином. Они состоят преимущественно из кварца, плагиоклаза, биотита и роговой обманки с дополнительными цирконом и Fe-оксидами. Некоторые цирконовые включения в биотите демонстрируют плеохроические гало. Неравновесные текстуры сохраняются в виде коронарных текстур, представленных кварцем, который окружен двойным слоем биотита (рис. 4а), а также коронарной текстуры роговой обманки, окруженной биотитовыми зернами (рис. 4б), и кластеров биотитов (рис. 4в), что указывает на смешение магмы [5]. Анклавы обычно имеют мелкозернистые края на фоне гранита-хозяина, что свидетельствует о быстром охлаждении и взаимодействии с окружающей фельзитовой магмой. Общие сохранившиеся минеральные комплексы и текстуры свидетельствуют о неполном равновесии и длительном смешении между мафическими и фельзитовыми магмами внутри магматической камеры.

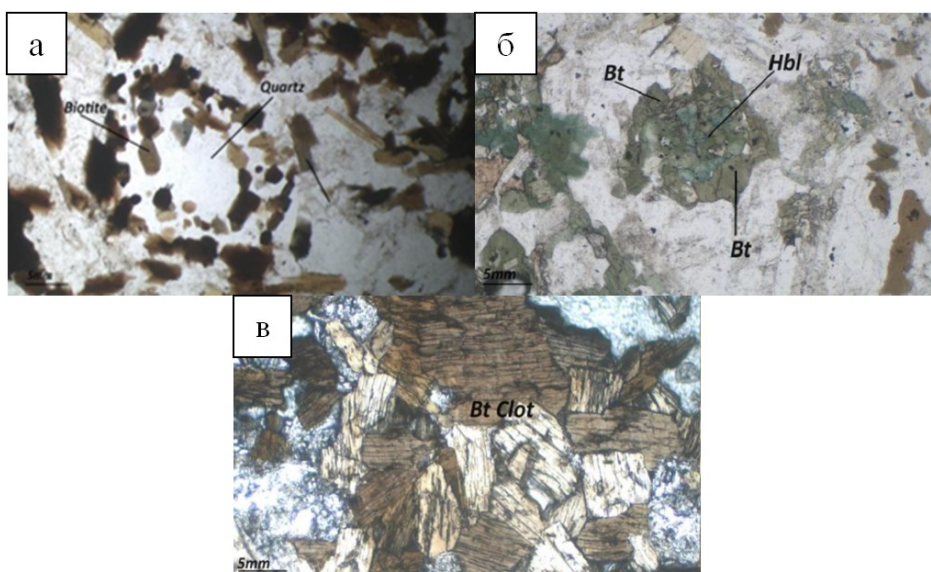


Рис. 4. Микрофотографии неравновесных текстур в шлифах. а) Зерно кварца, окруженное двойным слоем зерен биотита; б) роговая обманка, окруженная короной зерен биотита; в) сrostок зерен биотита в анклавах.

### Обсуждение результатов

**Региональная магматическая структура.** Гнейсовый комплекс Шиллонг-Мегхалая фиксирует фельзитовые магматические события из панафриканского орогенеза через различные гранитоидные плутоны, включая Микир, Казирангу, Нонгпох, Ронгмил, Мюллием и Восточные Кхаси Киллс [4]. Считается, что ММЕ, образующиеся в фельзитовой магматической камере, вызваны интрузией мафической магмы. Минералогический комплекс ММЕ в граните Мюллием совпадает с комплексами других регионов, таких как район Нонгстойн-Маркаса Рамбрай (чарнокит, мета-долерит и мафические гранулиты) и регион Сонопахар-Голпара (мета-долериты и двухпироксеновые мафические гранулиты). Все они связаны с панафриканским орогенным циклом во времена Гондваны [1]. Процесс обратного прожилкования, считающийся причиной двухслойных анклавов, вызвал дезагрегацию матрицы, богатой биотитами, что привело к образованию богатых биотитом кластеров во внешних слоях ММЕ [2]. Внутренние слои ММЕ остались незатронутыми процессом обратного прожилкования и характеризуются однородным минеральным распределением, что свидетельствует о том, что эти области не подвергались дезагрегации для образования определенных кластеров.

### Выводы

1. Петрография, полевые и геометрические данные свидетельствуют о явлениях смешения магм, что привело к образованию анклавов с гибридными краями, сохранившимися в породе-хозяине.

2. Механическое смешение фельзитовой и мафической магмы сохраняется в виде неравновесных текстур, таких как коронарная текстура кварца, коронарная текстура роговой обманки, и кластеризация биотита.

3. Двухслойные анклавы были сформированы в результате механического смешения мафических и фельзитовых минералов в разных пропорциях, сформировавшего промежуточную зону между мафической и фельзитовой магмами.

Работы проводились при поддержке Северо-Восточного университета Хилл (Мегхалая), кафедры геологии, факультета гуманитарных и экологических наук.

### Список литературы

1. Dwivedi S.B., Theunuo K., Kumar R.R. Characterization and metamorphic evolution of Mesoproterozoic granulites from Sonapahar (Meghalaya), NE India, using EPMA monazite dating // *Geological Magazine*. 2020. V. 157. Is. 9. P. 1409-1427.
2. Hazarika G., Chauhan H., Gogoi B. Fractal analysis and formation of biotite clots within double-layered mafic magmatic enclaves in the Bamuni Pluton, Mikir Massif, Northeast India // *Periodico di Mineralogia*. 2024. V. 93. P. 85-103.
3. Kumar S. et al. Geochemistry of Proterozoic and Cambrian granites from Meghalaya Plateau, north-east India: implication on petrogenesis of post-collisional, transitional from I-type to A-type felsic magmatism // *Geological Journal*. 2022. V. 57. Is. 4. P. 1476-1510.
4. Kumar Santosh et al. Geochemistry and U–Pb SHRIMP zircon geochronology of microgranular enclaves and host granitoids from the South Khasi Hills of the Meghalaya Plateau, NE India: evidence of synchronous mafic–felsic magma mixing fractionation and diffusion in a post-collision tectonic environment during the Pan African orogenic cycle // *Geological Society, London, Special Publications*. 2017. V. 457. Is. 1. P. 253-289.
5. Sadiq M. et al. Mineralogy, geochemistry and geochronology of mafic magmatic enclaves and their significance in evolution of Nongpoh granitoids, Meghalaya, NE India // *Journal of Earth System Science*. 2018. V. 127. Is. 6. Art. 79.