

Анне КЛЕЕСМЕНТ, Ю. ПААП

## ХАРАКТЕР ПОВЕРХНОСТИ ЗЕРЕН ГРАНАТА В ДЕВОНСКИХ ПОРОДАХ ПРИБАЛТИКИ

Зерна граната с зазубренной поверхностью в осадочных комплексах описаны многими исследователями уже в начале нынешнего столетия. Аналогичные зерна получены и в лабораторных условиях путем растворения в кислой (Bramlette, 1929; Коссовская, 1962) и щелочной (McMullen, 1959) средах. При описании их обычно называют зернами со «ступенчатой» или «черепитчатой» поверхностью, что не дает их детальной характеристики. С условиями залегания отложений обычно связывают только интенсивность зазубренности минерала (Ходак, 1956; Логвиненко, 1957; Beveridge, 1960; Запорожцева, 1962 и др.) и весьма редко конкретные формы рельефа на зерне (Rahmani, 1973). К настоящему времени связь между микрорельефом зерен минералов в отложениях и условиями их залегания довольно хорошо установлена только для кварца (Krisley, Margolis, 1969, 1971).

В эйфеле Прибалтики, представленном песчано-алевритовыми, глинистыми и карбонатными породами, частично сложно переслаивающимися, гранат (в основном альмандин) является одним из основных прозрачных аллотигенных тяжелых минералов. Поверхность зерен граната исследовалась нами по разрезу и по разным типам пород с помощью поляризационного (ПМ) и сканирующего электронного микроскопов (СЭМ). С помощью ПМ изучалась структура поверхности зерен граната примерно тысячи образцов, причем в каждом из них было не менее 60 зерен, что позволило выявить общие закономерности распространения зазубренных зерен граната в рассматриваемых отложениях. Из 21 образца разных типов пород с помощью СЭМ фирмы «Акаси» изучено 150 зерен. Получено 486 электронных микрофотографий с увеличением от 100 до 20 000 раз.

В ПМ при увеличении в 200 раз выделены зерна граната со следующими двумя типами поверхности: 1) незазубренные — гладкие и неровные и 2) зазубренные — тонкоступенчатые, мелкоступенчатые, среднеступенчатые и крупнеступенчатые. В глинах, домеритах и доломитах преобладают угловатые полуокатанные зерна. Хорошоокатанных зерен в них 10—30%. Зазубренных зерен в серых глинисто-доломитовых отложениях обычно меньше 5% от общего их количества. Зазубренность выражена слабо и представлена исключительно мелкими формами — тонкоступенчатой поверхностью. Значительно сильнее зазубрены зерна граната в алевритовых и окрашенных красных домеритах, причем зазубрена обычно вся их поверхность. Как и в серых домеритах, преобладает тонкоступенчатый тип поверхности. Мелко- и среднеступенчатые образования присутствуют редко и только в сильноалевритовых разновидностях, практически в смешанных алевритово-доломитовых породах. В песчано-

алевритовых породах хорошоокатанных зерен граната обычно меньше 8%. Преобладают угловатые зерна с неровной поверхностью. Количество зазубренных зерен колеблется в широких пределах (0—95%), что зависит от многих факторов, из которых только часть удалось выяснить. В комплексах с частым переслаиванием рыхлых и глинисто-карбонатных пород поверхность зерен граната имеет максимальную зазубренность в песчаных прослоях. Вообще в песчано-алевритовых отложениях рельеф зерен выражен наиболее сильно. Здесь среди зазубренных типов поверхности преобладают мелко- и среднеступенчатые, реже крупнеступенчатые. Наблюдается следующая закономерность — с увеличением зернистости породы увеличивается частота встречаемости средне- и крупнеступенчатых типов поверхности. В однотипных отложениях наиболее резкие поверхности зерен граната наблюдаются в условиях более глубокого их захоронения. В рыхлых терригенных породах, переслаивающихся с глинистыми и карбонатными породами, вместе с зернами сильно выраженной зазубренности часто встречаются ямчатые и скелетные зерна. В песчано-алевритовых породах с карбонатным цементом в одних случаях преобладают малозазубренные зерна, среди которых имеется много хорошоокатанных, как в глинисто-карбонатных породах, а в других — зазубренные, как в рыхлых терригенных породах.

С помощью СЭМ установлено, что разнообразие поверхностных образований на зернах граната гораздо шире, чем это выявляет ПМ, и что присутствующие в разнотипных отложениях структуры поверхности различаются не только размерами, но и морфологически, а также расположением.

Классификация поверхностных структур минеральных зерен осадочных пород разработана только для кварца, преимущественно для современных осадков (Setlow, Karpovich, 1972; Krinsley, Doornkamp, 1973). Для граната из эйфельских отложений Прибалтики она мало пригодна, так как не охватывает многие часто встречаемые формы рельефа и типы поверхности зерен. На основе нашего материала можно выделить положительную и отрицательную группы рельефов поверхности.

К положительной группе рельефа можно отнести два типа поверхности. Первый — бугристый — с двумя подтипами: конусовидным (табл. II, 7, 12; III, 15; IV, 24) и пирамидальным, состоящим из правильных четырехгранных пирамидальных образований (табл. III, 13, 15, 17, 18; IV, 19, 22, 23). Между рассматриваемыми подтипами имеются также переходные разновидности (табл. III, 15; табл. IV, 24). Бугристый тип является, несомненно, регенерационным.

Второй тип — ступенчатый — также с двумя подтипами: собственно ступенчатым (табл. II, 9; табл. III, 13) и черепитчатым (табл. I, 4, 5, 6; табл. IV, 20), которые иногда трудно отличить друг от друга (табл. II, 10). Ступенчатый рельеф имеет и переходные к пирамидальному разновидности (табл. IV, 23), для него характерно кулисообразное расположение элементов, которые часто накладываются друг на друга.

К отрицательной группе рельефов относятся также два типа поверхности. Первый — ямчатый — выражен отдельными неправильными, ромбическими или прямоугольными, иногда и шестиугольными ямками, расположенными беспорядочно и имеющими разные размеры (табл. II, 10, 11; табл. III, 14; табл. IV, 20, 21, 24). Этот тип образовался, по-видимому, в результате растворения поверхности зерна.

Второй тип — ячеистый — имеет поверхность, покрытую системой неправильных, прямоугольных или ромбических ямок. Ямки разных размеров, обычно мелкие (табл. I, 1—6; табл. II, 11; табл. III, 16), однако встречаются и очень крупные (каверны) (табл. III, 16; табл. IV, 21).

Этот тип, по всей вероятности, свидетельствует также о растворении поверхности зерна, однако мелкоячеистая поверхность может образоваться и при механическом воздействии.

Описанные типы поверхности могут встречаться одновременно на одном зерне. И хотя одни и те же элементы поверхности наблюдаются на зернах граната разных пород, общий характер поверхности их имеет хороший литологический контроль. Каждой породе свойственны зерна граната с определенной поверхностью, что можно увидеть из нижеследующего описания.

Из 6 образцов **доломитовых пород** (домеритов и доломитов) изучено 21 зерно граната. Сделана 41 фотография. Во всех случаях зерна покрыты многочисленными мелкими ямками, образующими мелкоячеистую поверхность (табл. I, 1—3). Размеры ямок обычно 0,2—4, в единичных случаях — 32 мкм. Ямки обычно неправильные (табл. I, 1 и 3), реже правильноограниченные (табл. I, 2 и 4). Последние характерны для зерен из доломитовых пород, содержащих значительную примесь терригенного материала (более 10%). Характерно, что в определенном направлении, совпадающем, вероятно, с направлением спайности альмандина (110), ямки имеют субпараллельную ориентацию, в то время когда на перпендикулярной к нему плоскости они расположены беспорядочно (табл. I, 3 и 4). На зернах граната из более алевритистых разновидностей доломитовых пород иногда появляется листоватая отдельность (табл. I, 4).

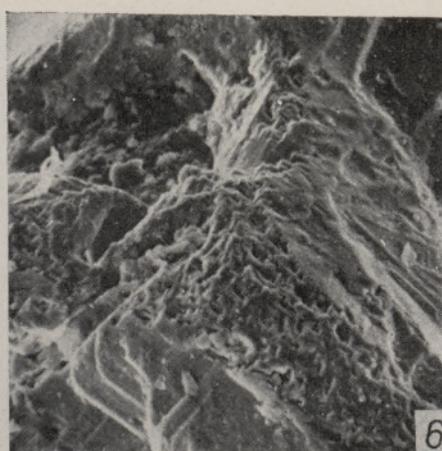
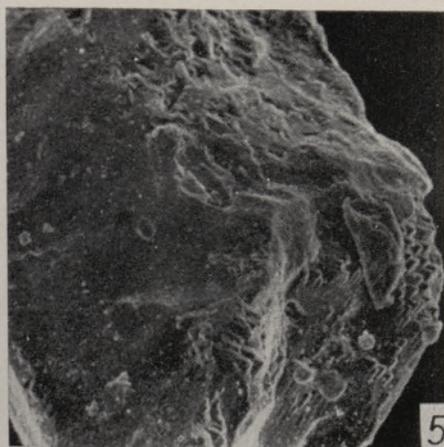
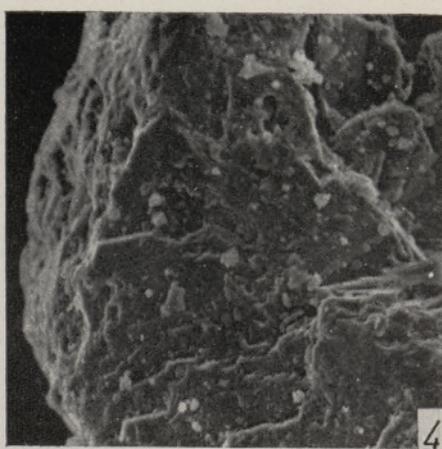
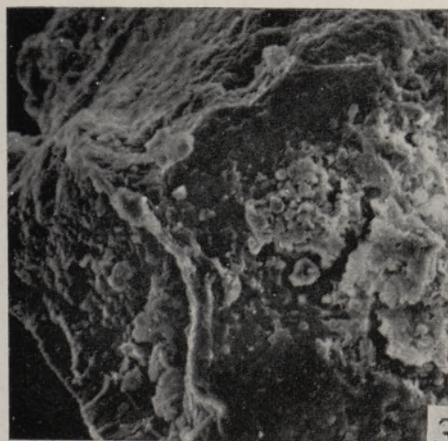
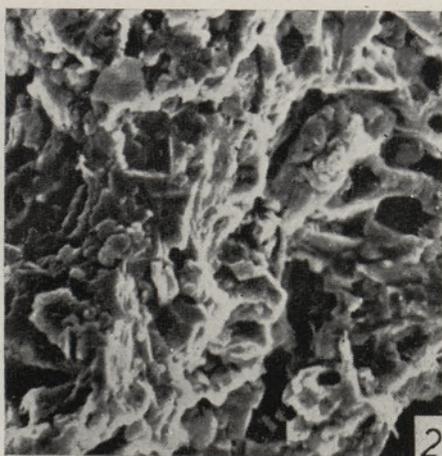
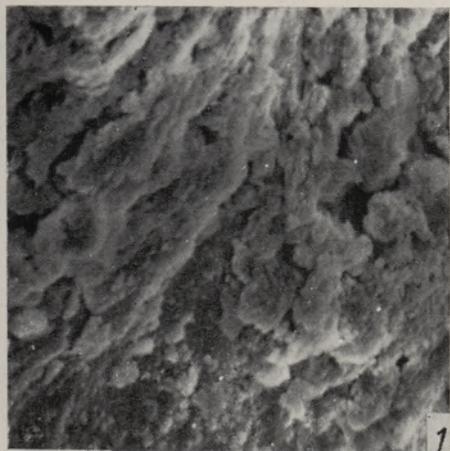
В **алевритовых глинах** поверхность зерен изучена с помощью 71 фотографии, сделанной по 25 зернам из четырех образцов. На зернах преобладает ячеисто-черепитчатая поверхность (табл. I, 5 и 6), на зернах из более алевритовых разновидностей глин — ячеисто-ступенчатая или ступенчатая поверхность (табл. II, 7). Черепитчатые и ступенчатые обра-

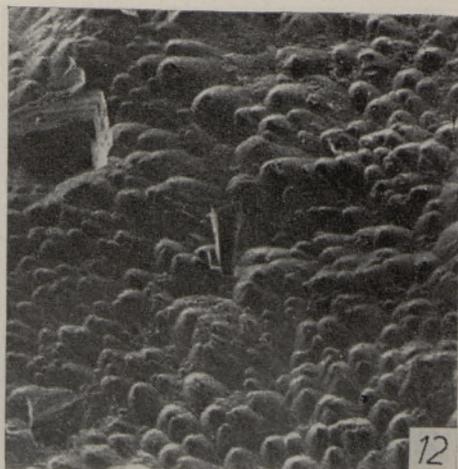
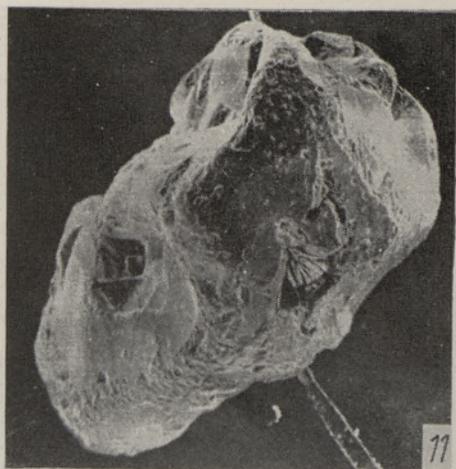
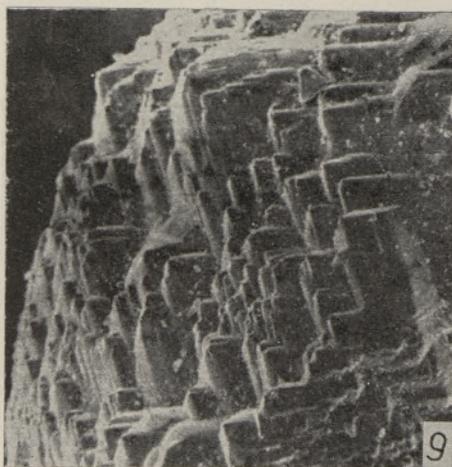
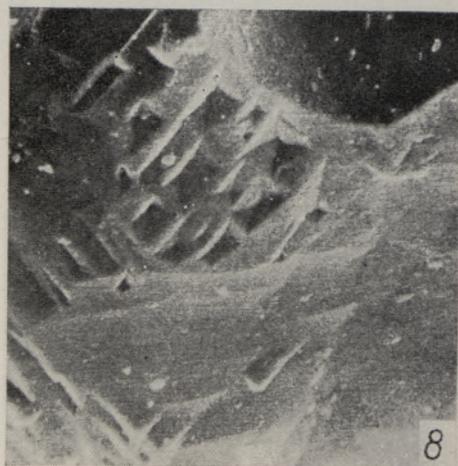
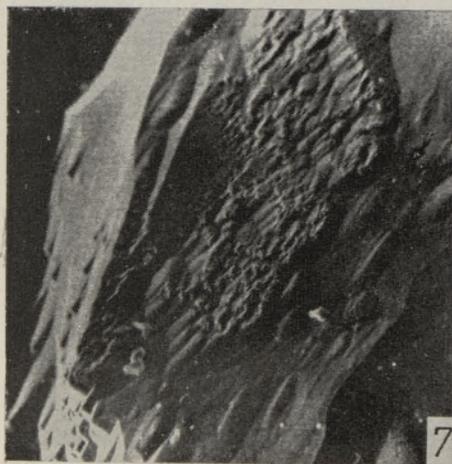
ТАБЛИЦА I.

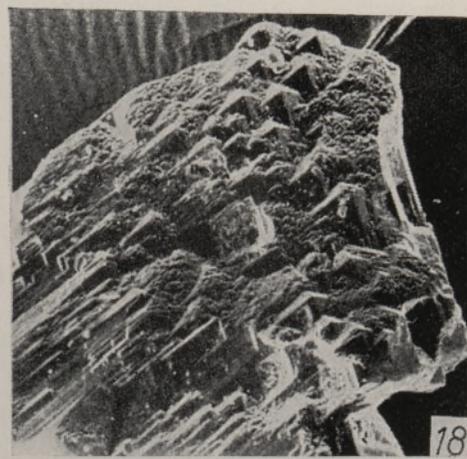
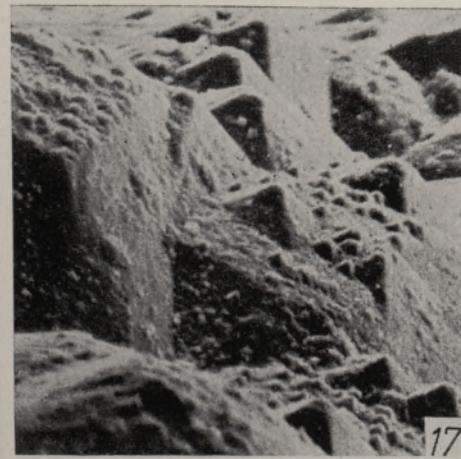
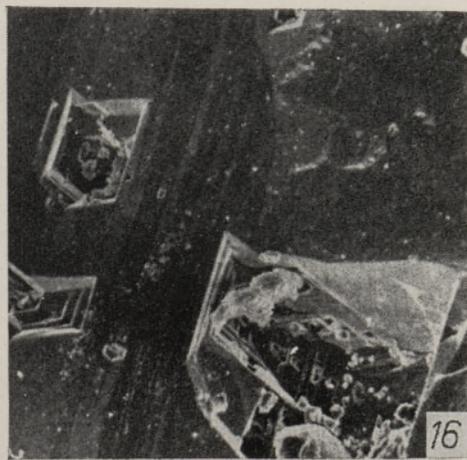
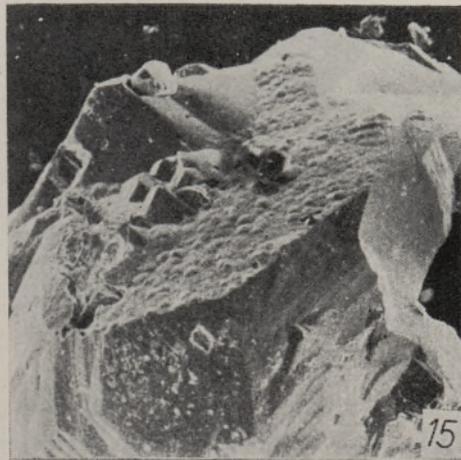
Структура поверхности зерен граната. 1 — Зерно с мелкоячеистой поверхностью. Ямки неправильные. Ориентация ямок в одном направлении. Домерит. Скв. Балтинава, гл. 420,5 м. Увелич. 4000 X. 2 — Зерно с мелкоячеистой поверхностью. Ямки преимущественно неправильные, частично правильноограниченные. Доломит. Скв. Мехикоорма, гл. 197,0 м. Увелич. 400 X. 3 — Зерно с мелкоячеистой поверхностью. Ямки неправильные. Ориентация ямок в одном направлении. Доломит. Скв. Мехикоорма, гл. 197,0 м. Увелич. 1600 X. 4 — Зерно с черепитчато-ямчатой поверхностью. Ямки неправильные, частично правильноограниченные. Черепитчатость листоватого характера. На плоскости, перпендикулярной черепитчатости, ямки ориентированы в одном направлении, образуя мелкоячеистую поверхность. Домерит. Скв. Мехикоорма, гл. 194,8 м. Увелич. 2400 X. 5 — Зерно с ячеисто-черепитчатой поверхностью. Элементы рельефа ориентированы в одном направлении. Алевритовая глина. Скв. Кандава, гл. 677,0 м. Увелич. 800 X. 6 — Зерно с черепитчато-ячеистой поверхностью. Элементы рельефа ориентированы в определенном направлении. Алевритовая глина. Скв. Мехикоорма, гл. 209,5 м. Увелич. 2400 X.

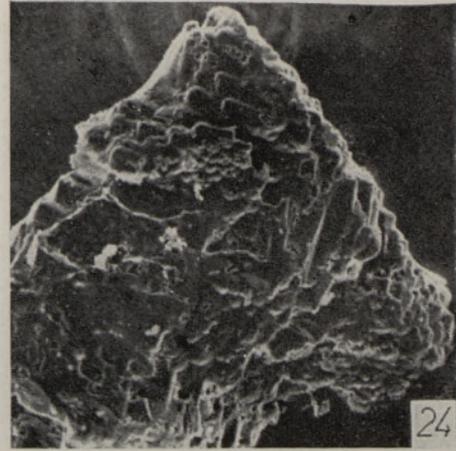
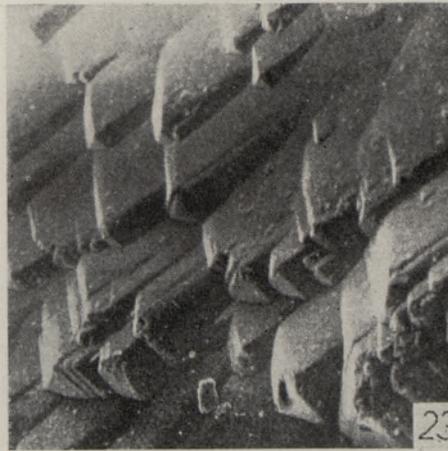
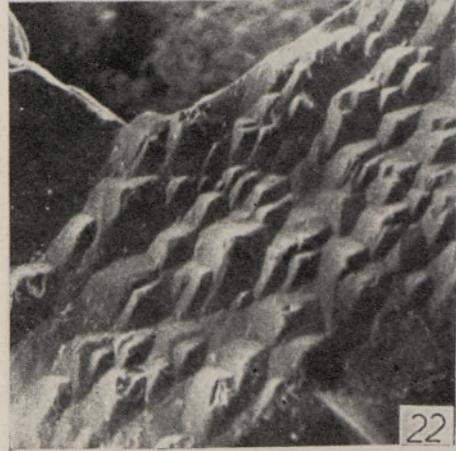
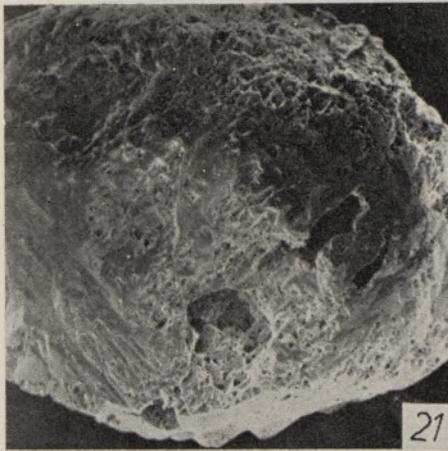
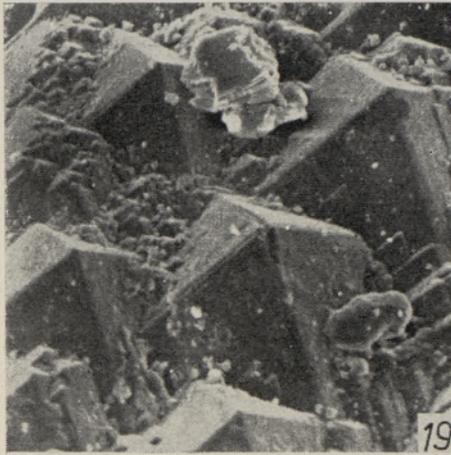
ТАБЛИЦА II

Структура поверхности зерен граната. 7 — Зерно со ступенчатой и конусовидной поверхностью. Алевритовая глина. Скв. Мехикоорма, гл. 209,5 м. Увелич. 1600 X. 8 — Ямки с очертаниями четырехгранных пирамид на дне большого углубления. Алевритовая глина. Скв. Мехикоорма, гл. 209,5 м. Увелич. 4000 X. 9 — Зерно со ступенчатой поверхностью. Алевритово-доломитовая порода. Скв. Пылва, гл. 277,5 м. Увелич. 560 X. 10 — Зерно со ступенчато-черепитчатой поверхностью. Имеются мелкие ромбические и большие неправильные ямки. Алевритово-доломитовая порода. Скв. Вярса, гл. 307,0 м. Увелич. 800 X. 11 — Зерно с ямчато-ячеистой поверхностью. Ямки неправильные и правильноограниченные. Имеются вторичные выделения кристаллов в неправильных ямках. Доломитово-алевритовая глина. Скв. Балтинава, гл. 439,9 м. Увелич. 320 X. 12 — Зерно с конусовидной поверхностью. Часть конусов усечена. Отдельные ямки. Алевритово-доломитовая порода. Скв. Пылва, гл. 277,5 м. Увелич. 560 X.









зования обычно мелкие — их высота 0,6—2 *мкм*. Они строго ориентированы в определенном направлении (табл. I, 5, 6; табл. II, 7). Ямки неправильные и ромбоэдрические (табл. I, 5, 6) с поперечником 0,1—3, реже до 6 *мкм*. Большие углубления диаметром 10—26 *мкм* встречаются только в зернах из сильно алевритовых глин (количество алевритового компонента 30—45%). В одном случае на дне большого углубления зерна обнаружены мелкие ямки с очертаниями четырехгранных пирамид с поперечником 0,6—1,5 *мкм* (табл. II, 8). Отдельные мелкие пирамидальные образования величиной 1,5—4 *мкм* и конусовидные размером 0,1—0,3 *мкм* (табл. II, 7) встречались и на поверхности зерен граната из сильно алевритовых глин.

Из 3 образцов смешанных алевритово-доломитовых пород изучено 30 зерен. Сделано 92 снимка. Рассмотренные породы содержали 30—52% доломита, 22—39% глинистой фракции и 21—42% песчано-алееритовых частиц. В смешанных алевритово-доломитовых породах на зернах граната обнаружены разные элементы рельефа поверхности, встречающиеся часто вместе. Преобладающими типами были ступенчатый (табл. II, 9) и черепитчатый, которые могли присутствовать на разных участках одного и того же зерна и часто встречались вместе с ромбическими и неправильными ямками (табл. II, 10). Величина элементов при черепитчатой и ступенчатой поверхности обычно 1—4, редко 13 *мкм*. Высота ступенек 1—4 *мкм*. Размер ромбических углублений 2—10, реже 40 *мкм*, неправильных — 0,8—30, обычно 10—20 *мкм*. В единичных случаях наблюдаются углубления с очертаниями четырехгранных пирамид размером 4—40 *мкм*. Неправильные, иногда ромбические ямки часто развиты вокруг включений. Иногда в ямках встречаются вторичные выделения кристаллов (табл. II, 11) или на дне их обнаруживаются отдельные четырехгранные пирамидальные образования размером 0,8—9 *мкм*.

ТАБЛИЦА III

Структура поверхности зерен граната. 13 — Зерно с пирамидально-ступенчатой поверхностью. Песчаник с доломитовым цементом. Скв. Петсери, гл. 329,3 м. Увелич. 1600 ×. 14 — Зерно со ступенчато-ямчатой поверхностью. Ямки преимущественно ромбические и шестиугольные, часто развитые вокруг включений. Песчаник с доломитовым цементом. Скв. Кихну, гл. 85,6 м. Увелич. 320 ×. 15 — Зерно с пирамидально-конусовидной поверхностью по одной плоскости и ступенчатой по другой. Имеются ямки, часто развиты вокруг включений. Песчаник с доломитовым цементом. Скв. Кихну, гл. 85,6 м. Увелич. 320 ×. 16 — Зерно с ячеистой поверхностью. Две генерации ямок. На дне больших правильноограниченных ямок развита система мелких. Песчаник с доломитовым цементом. Скв. Кихну, гл. 85,6 м. Увелич. 800 ×. 17 — Зерно с пирамидальной поверхностью. Пирамиды двух генераций. Песчаник с доломитовым цементом. Скв. Кихну, гл. 85,6 м. Увелич. 1600 ×. 18 — Зерно с пирамидальной поверхностью по одной плоскости и мелкоступенчатой по другой. Пирамиды двух генераций. Песчаник с доломитово-гипсовым цементом. Скв. Вярса, гл. 309,0 м. Увелич. 320 ×.

ТАБЛИЦА IV

Структура поверхности зерен граната. 19 — Зерно с пирамидальной поверхностью. Пирамидальные образования двух генераций. Песчаник с доломитово-гипсовым цементом. Скв. Вярса, гл. 309,0 м. Увелич. 1600 ×. 20 — Зерно с ямчато-черепитчатой поверхностью. Ямки ромбические, реже неправильные, иногда развиты вокруг включений. Песчаник с доломитово-гипсовым цементом. Скв. Вярса, гл. 309,0 м. Увелич. 320 ×. 21 — Зерно с ямчато-ячеистой поверхностью. Песчаник с доломитово-гипсовым цементом. Скв. Вярса, гл. 309,0 м. Увелич. 320 ×. 22 — Зерно с пирамидальной поверхностью. Большая неправильная ямка. Песчаник, рыхлый. Скв. Мехикоорма, гл. 207,4 м. Увелич. 1600 ×. 23 — Зерно со ступенчато-пирамидальной поверхностью. Песчаник, рыхлый. Скв. Мехикоорма, гл. 207,4 м. Увелич. 1600 ×. 24 — Зерно с ямчатой поверхностью. Ямки преимущественно неправильной формы. Местами встречаются конусовидные образования. Алевролит, рыхлый. Скв. Кавасту, гл. 137,1 м. Увелич. 800 ×.

В образце с минимальным содержанием алевритового компонента (21%) и максимальным содержанием глинистых частиц (39%) на зернах граната широко развита поверхность, образованная расположенными боком боком конусами размером 3—20, иногда 1—3 и 20—46 мкм. Часть конусов усечена (табл. II, 12). Иногда по конусам развиты пирамидальные образования. В смешанных алевритово-доломитовых отложениях обнаружены и зерна с мелкоячеистой поверхностью, с ориентированными в определенном направлении мелкими, преимущественно неправильной формы ямками диаметром 0,7—4 мкм (табл. II, 11). Последняя структура поверхности более характерна для зерен из глин и доломитовых пород. В рассматриваемой группе пород на зернах граната наблюдается ориентация черепитчатых и ступенчатых элементов в одном главном субпараллельном направлении (как в доломитовых и глинистых породах), но здесь проявляется упорядочение форм рельефа и в двух других направлениях, что и обуславливает широкое развитие ступенчатости и ромбических углублений (табл. II, 9—11).

Характер поверхности зерен граната из **песчаников с доломитовым цементом** изучен с помощью 99 снимков 26 зерен из двух образцов, из которых один мелко-, а другой среднезернистый. Количество карбонатного цемента в них 25—32%. В рассматриваемых образцах вся поверхность зерен обычно сильно зазубрена. Преобладают зерна с ямчато-ступенчатым рельефом. Часто большими участками встречается пирамидальный тип поверхности (табл. III, 13—15). Преобладают правильноограниченные, ромбические, реже шестиугольные или тетрагональные ямки (табл. III, 14, 16). Встречаются и ямки неправильной формы (табл. III, 13, 15). Размер их колеблется в широких пределах — от 2 до 115 мкм. Иногда на дне больших правильноограниченных ямок наблюдаются более мелкие (табл. III, 16). Ямки часто развиты вокруг включений (табл. III, 14, 15).

Ступенчатая поверхность встречается как в своей обычной форме в виде кулисообразно расположенных ступенек высотой 1—4 мкм (табл. III, 13), так и в виде крупных параллельных ступенек (табл. III, 14—16). Высота элементов в последнем случае 2—3, иногда 11 мкм. Черепитчатая поверхность редкая и представлена мелкими элементами (0,2—4 мкм). Пирамидальный тип поверхности наблюдается у зерен обычно только участками (табл. III, 13, 15) или отдельными образованиями; часто он встречается вместе со ступенчатой (табл. III, 13, 15), реже с черепитчатой поверхностью. Пирамиды четырехгранные, высотой 2—23, редко 46 мкм, иногда имеют обрезанные вершины. В редких случаях на зернах обнаружены две генерации пирамидальных образований: наряду с основными встречаются и мелкие высотой 0,2—3 мкм (табл. III, 17). Единичные пирамидальные образования обнаружены на дне больших ямок. Нередко вместе с участками пирамидального типа поверхности наблюдаются участки конусовидного типа. Величина конусовидных образований всегда меньше, чем соседних пирамидальных (табл. III, 15). Размер конусов 2—8 мкм. На конусах обнаружены неясно выраженные пирамидальные грани. В незначительном количестве найдены зерна с ячеистой поверхностью, характерной для более мелкозернистых отложений. Ячеистая поверхность на зернах из песчаников с доломитовым цементом представлена хорошо ограниченными правильными, преобладающе ромбическими ямками, часто встречающимися одновременно как на черепитчатой, так и на мелкоступенчатой поверхностях.

Из двух образцов от мелко- до среднезернистого **песчаника со смешанным доломитово-гипсовым цементом** с помощью 100 снимков изучены 24 зерна граната. Примесь среднезернистого песка в одном из этих

образцов составляет 6, в другом — 33%. Содержание карбоната в них 17—20, гипса — около 30%. Самыми типичными поверхностями в рассматриваемых образцах являются пирамидальная с двумя генерациями пирамидальных образований и мелкоступенчатая с параллельными ступеньками, встречающиеся нередко на разных поверхностях одного и того же зерна (табл. III, 18). Величина больших пирамидальных образований 5—24, мелких — 0,6—2 *мкм*. Последние находятся между большими образованиями, реже развиты на их усеченных вершинах (табл. IV, 19). Размер элементов поверхности 1—6 *мкм*. Характерно, что средняя величина пирамидальных и ступенчатых элементов поверхности гранатовых зерен из среднезернистого песчаника больше, чем из мелкозернистого. Наряду с правильноогранными наблюдаются ямки неправильной формы (табл. III, 18; табл. IV, 20, 21). Они самых различных размеров, обычно несколько больше правильноогранных (5—50, иногда 85 *мкм*). Часто ямки развиты вокруг включений (табл. IV, 20). В рассматриваемых образцах обнаружены и зерна с ячеистой поверхностью, образованной по строго ориентированной системе правильноогранных углублений по всей поверхности зерна (табл. IV, 21). Встречаются отдельные конусовидные образования величиной около 7 *мкм*.

Из 3 образцов **рыхлых алевритово-песчаных пород** с помощью 74 снимков изучены 43 зерна граната. Один образец — алевролит с содержанием песчаной фракции около 30%, два — мелкозернистые песчаники с содержанием глинисто-алевритовых частиц соответственно 24 и 50%. Зерна граната в рассматриваемых отложениях обычно сильно зазубрены. Для их поверхности характерны ямки, пирамидальные образования и ступенчатость (табл. IV, 22—24). В случае пирамидальной поверхности зерно граната обычно густо покрыто многочисленными пирамидальными образованиями, частично налегающими друг на друга (табл. IV, 22). Иногда встречается кулисообразное расположение пирамидальных образований, что представляет собой промежуточную между пирамидальной и ступенчатой форму поверхности (табл. IV, 23). В некоторых случаях пирамидальные образования имеют усеченные вершины (табл. IV, 22). Ступенчатая поверхность на зернах граната в рыхлых алевритово-песчаных породах встречается часто, но она, как правило, не охватывает всю или преобладающую часть зерна, а сопутствует пирамидальной, реже ямчатой поверхности. Ступеньки часто представлены крупными плоскими элементами. Размер пирамидальных и ступенчатых образований увеличивается с ростом крупнозернистости отложений. На зернах граната из алевролита преобладают пирамиды величиной 0,4—1,2, а из песчаников — 2—8 *мкм*, встречаются единичные пирамиды величиной до 18 *мкм*. Размер ступенчатых элементов на зернах граната из алевролита 0,7—1,5, из песчаника — 26 *мкм*. Ступенчатость характерна для зерен граната из песчаников, а черепитчатость — для зерен из алевролитовых разновидностей пород. Ямки часты, особенно с неправильными очертаниями (табл. IV, 22, 24), реже встречаются ромбические и шестиугольные (табл. IV, 24). Размер ямок от долей *мкм* до 110 *мкм*. На дне их найдены пирамидальные образования величиной 0,4—2 *мкм*. Ячеистая поверхность редка, она наблюдается небольшими участками (табл. IV, 24) и состоит из правильноогранных, преимущественно ромбических ямок. Наряду с пирамидальными образованиями, занимающими небольшие участки, на зернах граната наблюдаются конусы (табл. IV, 24). Размер их 0,4—2 *мкм*.

В заключение следует отметить, что характер поверхностных образований на зернах граната весьма четко зависит от типа породы и, по-видимому, обусловлен прежде всего ее фильтрационными свойствами.

В отложениях, где цементация происходит уже в стадии диагенеза и зерна аллотригенных минералов меньше подвержены воздействию водных растворов, зерна граната менее зазубрены. Поверхность зерен кварца такого типа рассматривается как абразионная, возникшая под влиянием механического воздействия в поверхностной сфере осадконакопления (Nieter, Krinsley, 1976).

В алевритистых глинах также преобладают зерна граната с тонкоочечистой поверхностью. Для них характерны правильноограненные ямки. Основной тип поверхности зерен граната черепитчатый.

В смешанных алевритово-доломитовых отложениях также преобладает черепитчатый тип поверхности зерен граната. Ямки в большинстве своем правильноограненные. Важными элементами поверхности зерен являются регенерационные образования. Наряду с основным направлением расположения элементов рельефа наблюдаются и другие направления (табл. II, 9—12).

В песчаниках зерна граната также имеют названные выше типы поверхности, однако наиболее характерен для них регенерационный пирамидальный тип. Часты крупномчатые зерна, особенно в рыхлых разновидностях песчаных пород.

Крупность всех элементов поверхности зерен граната имеет тесную связь с зернистостью пород. Преобладающий размер ямок на поверхностях зерен граната в доломитовых отложениях и глинах — 0,2—4 мкм, в смешанных алевритово-доломитовых породах — 4—30 мкм, а в песчаниках нередко зерна с ямками величиной 30—100 мкм. Бугристые образования на зернах граната из алевритово-доломитовых отложений имеют размеры 1—10 мкм, а из песчаников до 10—30 и более. При этом на зернах граната из песчаников наряду с крупными элементами рельефа наблюдаются и мелкие. Эти факты показывают, что преобразование поверхности зерен граната в осадочных комплексах начинается с более мелких форм, и по мере продолжения влияния различных агентов они становятся более крупными, и начинают образовываться регенерационные поверхности (Rahmani, 1973).

Явный литологический контроль характера поверхности зерен граната указывает на возникновение последних в осадочных породах, и это дает возможность использовать структуру поверхности зерен как индикатор при восстановлении закономерностей постседиментационного преобразования осадочных пород.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Запорожцева А. С. О зависимости процессов диагенетических и катагенетических преобразований от фациальной обстановки накопления осадков. — Тр. НИИГА, 1962, т. 121, с. 83—95.
- Коссовская А. Г. Минералогия терригенного мезозойского комплекса Виллюйской впадины и Западного Верхоянья. М., 1962.
- Логвиненко Н. В. О позднем диагенезе (эпигенезе) донецких карбоновых пород. — Изв. АН СССР, сер. геол., 1957, № 7, с. 64—86.
- Ходак Ю. А. Вторичные минералы нижнекембрийских отложений Алданского района Якутской АССР. — В кн.: Вторичные изменения осадочных пород. М., 1956, с. 169—200.
- Beveridge, A. Heavy minerals in Lower Tertiary formation in the Santa Cruz mountains, California. — J. Sed. Petr., 1960, v. 30, N 4, p. 513—537.
- Bramlette, M. Natural etching of detrital garnet. — Amer. Mineralogist, 1929, v. 14, p. 336—337.
- Krinsley, D., Doornkamp, J. Atlas of quartz sand surface textures. Cambridge, 1973.
- Krinsley, D., Margolis, S. A study of quartz sand grain surface textures with the scanning electron microscope. New York, Acad. Sci. Trans., ser. 2, 1969, v. 31, p. 457—477.

- Margolis, S., Krinsley, D. Submicroscopic frosting on eolian and subaqueous quartz sand grain. — Bull. Geol. Soc. Amer., 1971, v. 82, N 12, p. 3395—3406.
- Mc Mullen, R. Etched detrital garnet from the Cardium formation, Pembina area, Central Alberta. — J. Alberta Soc. Petr. Geol., 1959, v. 7, p. 272—274.
- Nieter, W., Krinsley, D. The production and recognition of aeolian features on sand grains by silt abrasion. — Sedimentology, 1976, v. 23, p. 713—720.
- Rahmani, R. Grain surface etching features of some heavy minerals. — J. Sed. Petr., 1973, N 3, p. 882—888.
- Setlow, L., Karpovich, R. «Glacial» micro-textures on quartz and heavy mineral sand grains from the littoral environment. — J. Sed. Petr., 1972, N 4, p. 864—875.

Институт геологии  
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию  
23/XII 1977

Anne KLEESMENT, Ü. PAAP

### BALTIKUMI DEVONI SETTEKIVIMEIS SISALDUVATE GRANAADITERADE PINNA ISELOOM

On käsitletud granaaditerade pinna sõltuvust kivimitüübist, milles mineraal esineb. Purdsetetes on granaaditerad tugevasti reljeefsed, tüüpilised on koonusjad ja püramidaalsed pinnastruktuurid (tahv. III, 13, 15, 17, 18; tahv. IV, 19, 22—24). Savides ja dolomiitsetes kivimites on terade pind valdavalt peeneauguline (tahv. I).

Anne KLEESMENT, Ü. PAAP

### GARNET SURFACE FEATURES IN BALTIC DEVONIAN DEPOSITS

Garnet (almandine) is one of most significant heavy nonopaque minerals in the studied section. Numerous investigations of garnet features in polarizing microscope have shown the dependence of garnet surface features on the composition of the rock. Detailed studies of surface microtextures in scanning electron microscope with magnification of 100—20 000× have proved this and shown that garnet surface textures occurring in various rocks differ in their morphology and distribution. It was possible to establish two groups of surface textures, both represented by two types. Positive textures include: 1) mounding texture represented by pyramidal and conical surface features (Plate II, 7, 12; III, 13, 15, 17, 18; IV, 19, 22—24) and 2) breakage blocks texture represented by surface features with breakage blocks and semi-parallel steps (Plate II, 9, 10; III, 13—16, 18; IV, 20). Negative surface features include the irregularly pitted (Plate I, 2; II, 10, 11; III, 14, 15; IV, 20, 24) and regularly pitted (Plate I, 1, 3, 4, 6; II, 8; III, 16; IV, 21) types.

In dolomitic sediments the garnet surface is mostly covered with irregular pits oriented in the same direction (Plate I, 1—4). In silty clays the garnet surface is mainly of fine regularly pitted texture. Besides irregular pits occur numerous regular ones. The surface texture with semi-parallel steps is frequent (Plate I, 5, 6; II, 7, 8). In mixed silty-dolomitic sediments, garnet surface texture with semi-parallel steps and breakage blocks predominates. Regenerational conical and pyramidal surface textures are also of importance. In the orientation of surface texture elements we can follow a number of parallel directions (Plate II, 9—12). Of the highest relief are garnet grains in clastic sediments. Their surface features are very variable and bigger in size than in dolomitic and clayey sediments. Remarkable surface features are here, on the one side, the pyramidal, and on the other, the pitted surface textures (Plate III, 13, 15, 17, 18; IV, 19, 22—24). Surface with breakage blocks are frequent (Plate III, 13, 14, 16, 18; IV, 20). In the orientation of the surface texture elements of garnet three main directions can be observed. An interesting garnet surface represented by pyramids of two generations occurs in sandstones with dolomitic and gypsum cement (Plate III, 18; IV, 19).

Garnet surface textures are important indicators in determining the nature of post-sedimentary processes of deposits.