

УДК 551.254+550.348

## СИНСЕДИМЕНТАЦИОННОЕ УЛЬТРАБРЕКЧИРОВАНИЕ – ЭФФЕКТ СЕЙСМОГЕННОГО ГИДРОУДАРА (Кольский п-ов, зона разлома Троллфьорден–Комагельва)

© 2017 г. А.Л. Кулаковский

Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, Россия

На Кольском полуострове в зоне разлома Троллфьорден–Комагельва, разграничивающего рифейские комплексы полуостровов Рыбачий и Средний, установлено проявление полистадийного синседиментационного ультрабрекчирования осадочных пород. Особенности петроструктуры ультрабрекчий свидетельствуют об отсутствии заметного перемещения ультратонкого материала и о возникновении ультрабрекчий *in situ* в квазиизотропном поле напряжений в слабо литифицированных водонасыщенных осадках.

Механизмом ультрабрекчирования, по всей видимости, является гидроудар (по аналогии с техногенным гидроразрывом), спровоцированный сейсмическими толчками в зоне разлома Троллфьорден–Комагельва.

**Ключевые слова:** ультрабрекчия, сейсмогенный разлом, рифей, полуостров Рыбачий.

### Введение

На перешейке между полуостровами Средний и Рыбачий с северо-запада на юго-восток – от п-ова Варангер в Норвегии к п-ову Канин в России – через мыс Вестник трассируется региональный тектонический шов первого порядка, называемый зоной разлома Троллфьорден-Комагельва (рис. 1, ТКФЗ<sup>1</sup>).

На территории России названный шов обычно именуется зоной разлома Средне-го–Рыбачьего, разграничивающего верхнерифейские флювиальные и прибрежно-морские комплексы п-ова Средний и верхнерифейские турбидиты п-ова Рыбачий [Терехов и др., 2013; Тюпанов, 2014].

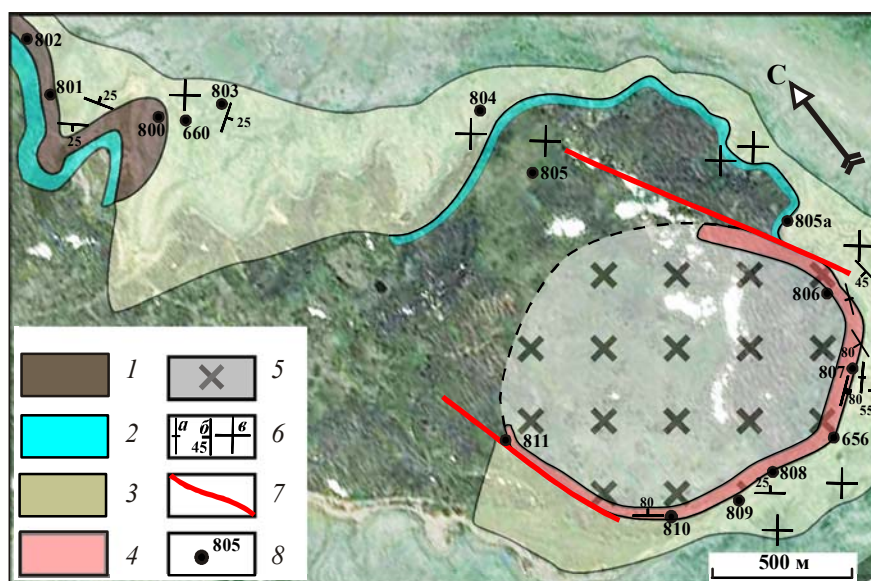
**Рис. 1.** Положение мыса Вестник на перешейке между полуостровами Средний и Рыбачий в зоне разлома Троллфьорден-Комагельва (ТКФЗ)

1 – породы Рыбачинской суперсерии п-ова Рыбачий (рифей); 2 – породы Кильдинской суперсерии п-ова Средний (рифей); 3 – гранитоиды Мурманского блока (архей); 4 – зона разлома. Кружком отмечено местоположение мыса Вестник



<sup>1</sup> Используется аббревиатура от англоязычного *Trollfjorden-Komagelva Fault Zone*.

В основании разреза п-ова Рыбачий в непосредственной близости к зоне разлома распространены своеобразные грубообломочные породы – диамиктиты, отличающиеся хаотическим, неупорядоченным строением (рис. 2). Доля крупно- и грубообломочного материала в них крайне непостоянна; следы какой-либо сортировки материала отсутствуют; размеры и степень окатанности обломков закономерно варьируют на небольшом (в десятки метров и даже метры) расстоянии. Ранее эти породы относили к ледниковым образованиям (тиллитам), но в последнее время норвежские исследователи рассматривают их как отложения мутьевых потоков [Jensen, Wulff-Pedersen, 1996] или как олистостромы [Roberts, Siedlecka, 2012].



**Рис. 2.** Схема геологического строения мыса Вестник: 1 – преимущественно диамиктиты; 2 – преимущественно массивные песчаники; 3 – переслаивание массивных и слоистых песчаников; 4 – выходы гранитов; 5 – предполагаемое тело гранитов под наносами; 6 – вертикальное (а), наклонное (б) и горизонтальное (в) залегание пластов; 7 – разломы; 8 – упоминаемые в тексте точки наблюдения

Разлом Троллфьорден–Комагельва активен и в настоящее время [Siedlecka et al., 2004]. Как установлено норвежскими геологами [Herrevold, Gabrielsen, Roberts, 2009], его достаточно сложная и весьма длительная эволюция включает и надвиговые, и сдвиговые деформации. Самый ранний этап деформационной истории разлома связывается с тиманской орогенцией (венд). Но, как будет показано ниже, признаки сейсмической активности в зоне разлома можно обнаружить уже в рифее, в эпоху осадконакопления комплексов полуостровов Средний и Рыбачий.

### Ультрабрекчии в породах мыса Вестник

По северо-восточному берегу мыса Вестник и в его приливной зоне на поверхность выходят залегающие субгоризонтально кластические осадочные породы – тонкослоистые и массивные песчаники (редко гравелиты), а также диамиктиты. Снизу вверх в разрезе фиксируется смена мелкозернистых слоистых песчаников среднезернистыми гравелитистыми массивными песчаниками и гравелитами и далее грубообломочными диамиктитами. Но это только самая общая направленность изменения

разреза. Фактически прослои слоистых песчаников присутствуют в массивных песчаниках и даже в диамиктитах, а прослои их массивных разностей – в слоистых песчаниках и также в диамиктитах. В валунах и обломках диамиктитов абсолютно преобладают гранитоиды – плагиограниты и плагиогнейсы, по всей видимости, с близрасположенного Мурманского блока докембрийских метаморфитов; в крайне незначительном количестве в диамиктитах присутствуют обломки (как правило, некрупные) слоистых и массивных песчаников, аналогичных подстилающим породам.

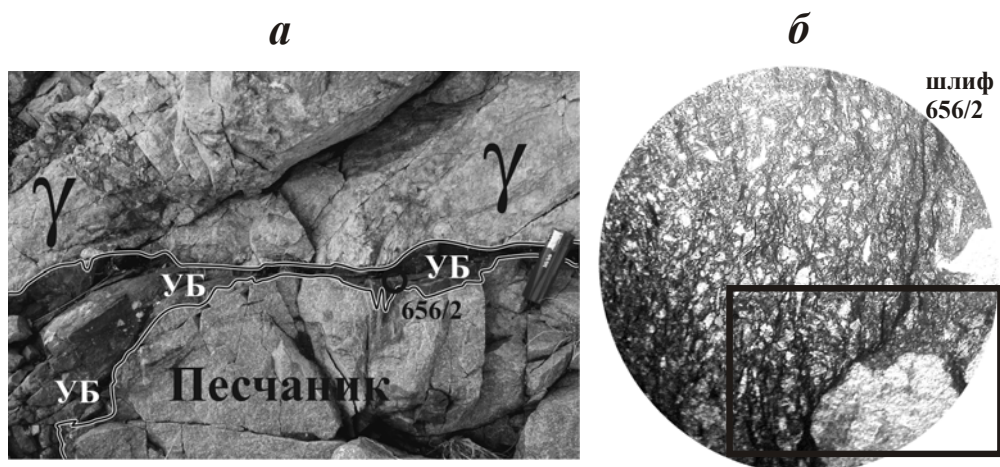
Важная особенность разреза – наличие многочисленных признаков синседиментационной деформации, включающей подводно-оползневую складчатость и брекчирование. При этом брекчирование подразумевает как формирование “нормальных” среднекрупнообломочных брекчий, так и микро- и ультрабречкирование, последнее из которых ниже будет рассмотрено отдельно.

На самом острье мыса Вестник на поверхность выходит небольшое тело гранитоидов, рассеченное серией маломощных даек диабазов (см. рис. 2).

Ультрабречкии (УБ) и микробречкии (МБ) по размерности зерна соответствуют широко распространенным тектонитам – милонитам и ультрамилонитам, но резко отличаются от последних по структурно-текстурным характеристикам и особенностям локализации. Ультра- и микробречкирование, по всей видимости, представляют собой сближенные во времени и сходные по механизму процессы. Однако первое проявлено более интенсивно и более четко диагностируется визуально, в то время как второе обычно распознается только в шлифах – макроскопически микробречкированные разности песчаников походят на алевролиты.

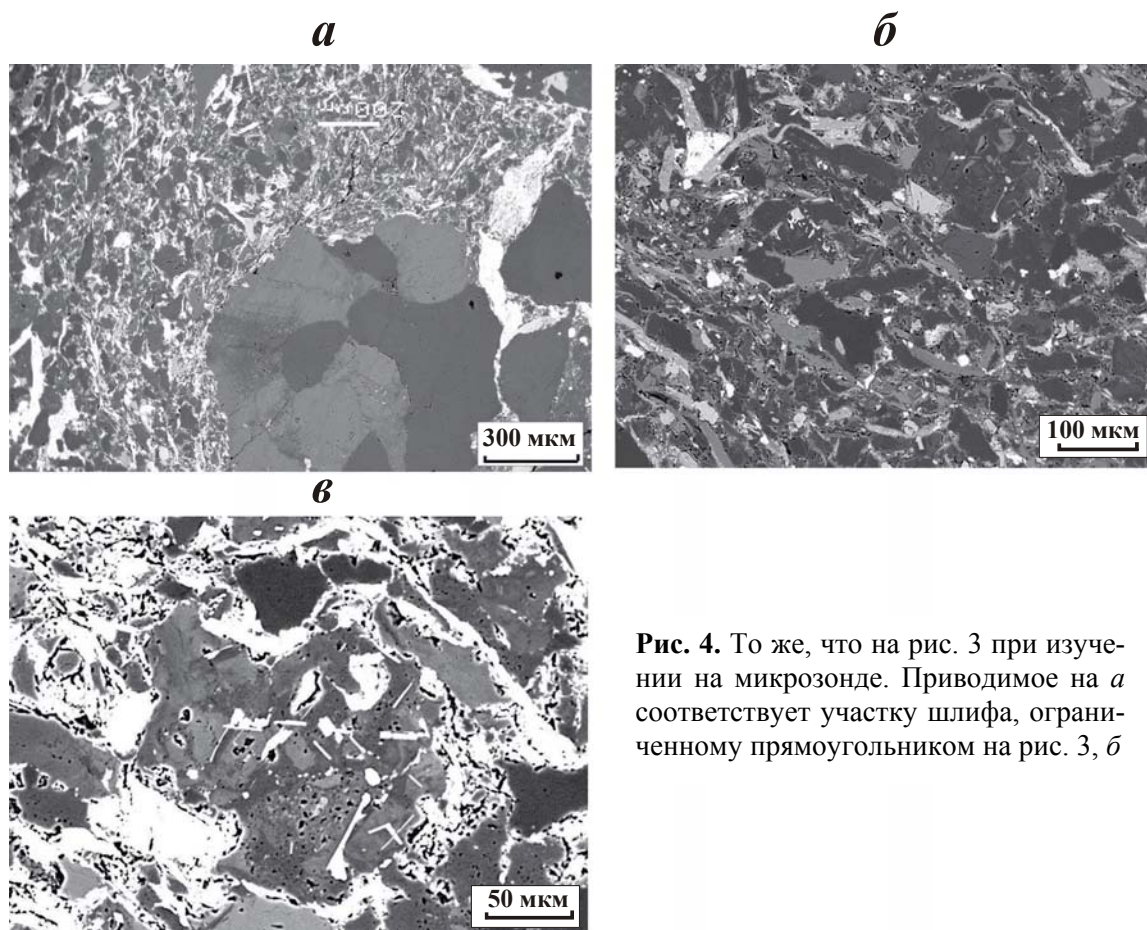
Далее в статье рассматриваются преимущественно ультрабречкии, представляющие собой в основном массивные породы, сложенные обломками (осколками), размер которых варьирует в широких пределах. Размеры самых крупных обломков (можно называть их кластами) исчисляются десятками долями миллиметра, а самых мелких из зафиксированных на микрозонде частиц в составе ультрабречкий составляют 1–10 мк; в основном же ультрабречкии сложены частицами размером 10–30 мк.

Прослеживаемые макроскопически черные полосы или пятна ультрабречкий (рис. 3, а) в шлифах в своей основной массе не выглядят черными (непрозрачными), но обнаруживают мелко-тонкообломочную кластическую текстуру (рис. 3, б). Исключение составляют незначительные полоски и участки почти (или совсем) непрозрачного



**Рис. 3.** Ультрабречкия (УБ) по массивным песчаникам у контакта с гранитами ( $\gamma$ ) в обнажении (а) и в шлифе (б). Шлиф 656/2, николи параллельны, диаметр поля 2 мм

материала. Однако при большем увеличении на микрозонде<sup>1</sup> и этот непрозрачный в шлифах материал обнаруживает кластическую текстуру (рис. 4).



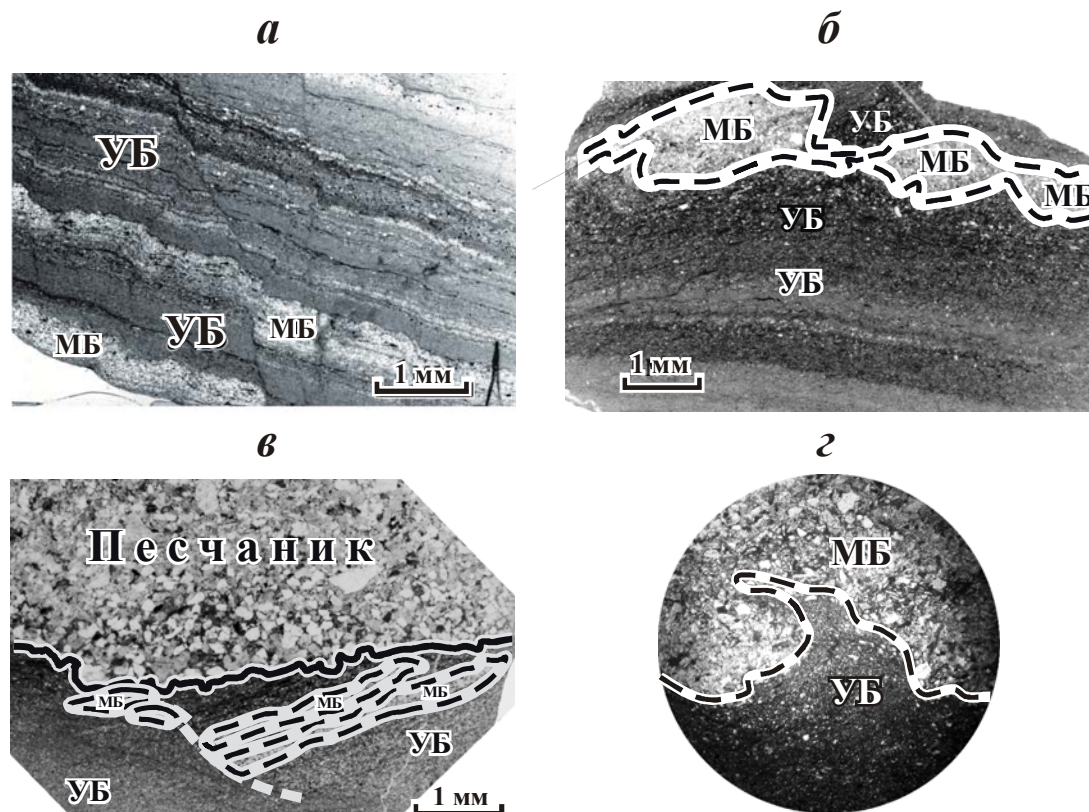
**Рис. 4.** То же, что на рис. 3 при изучении на микрозонде. Приводимое на *а* соответствует участку шлифа, ограниченному прямоугольником на рис. 3, *б*

Петроструктура ультрабрекчий характеризуется неупорядоченностью. В них отсутствует какая-либо предпочтительная ориентировка мельчайших обломков (осколков), имеющих в большинстве случаев угловатые очертания. Полосчатость в ультрабрекчиях или не проявлена вовсе, или же весьма туманна и нитевидна. Во всяком случае, по такому характеру полосчатости ультрабрекчии резко отличаются от аналогичных им по размерности зерен тектонитов (милонитов и ультрамилонитов) с их обычной флюидалной (с микроскладками) структурой катакластического течения.

Среди осадочных образований мыса Вестник ультрабрекчии наиболее характерны для слоистых песчаников, слагающих как самый нижний из обнажающихся пластов (в приливной литорали), так и прослой среди массивных песчаников и диамиктитов. В слоистых песчаниках литорали интенсивность ультрабрекчирования заметно нарастает в юго-восточном направлении по мере приближения к гранитному телу на острие мыса. Но связывать ультрабрекчирование с внедрением гранитов нет оснований – граниты сами подвергаются ультрабрекчированию в эндоконтактной зоне, и, скорее всего, отмеченное нарастание интенсивности ультрабрекчирования отражает приближение к осевой зоне разломного шва.

<sup>1</sup> Изучение состава минералов проводилось в Лаборатории локальных методов исследования вещества Московского государственного университета на микрозондовом комплексе на базе растрового (сканирующего) электронного микроскопа *Jeol JSM-6480LV*.

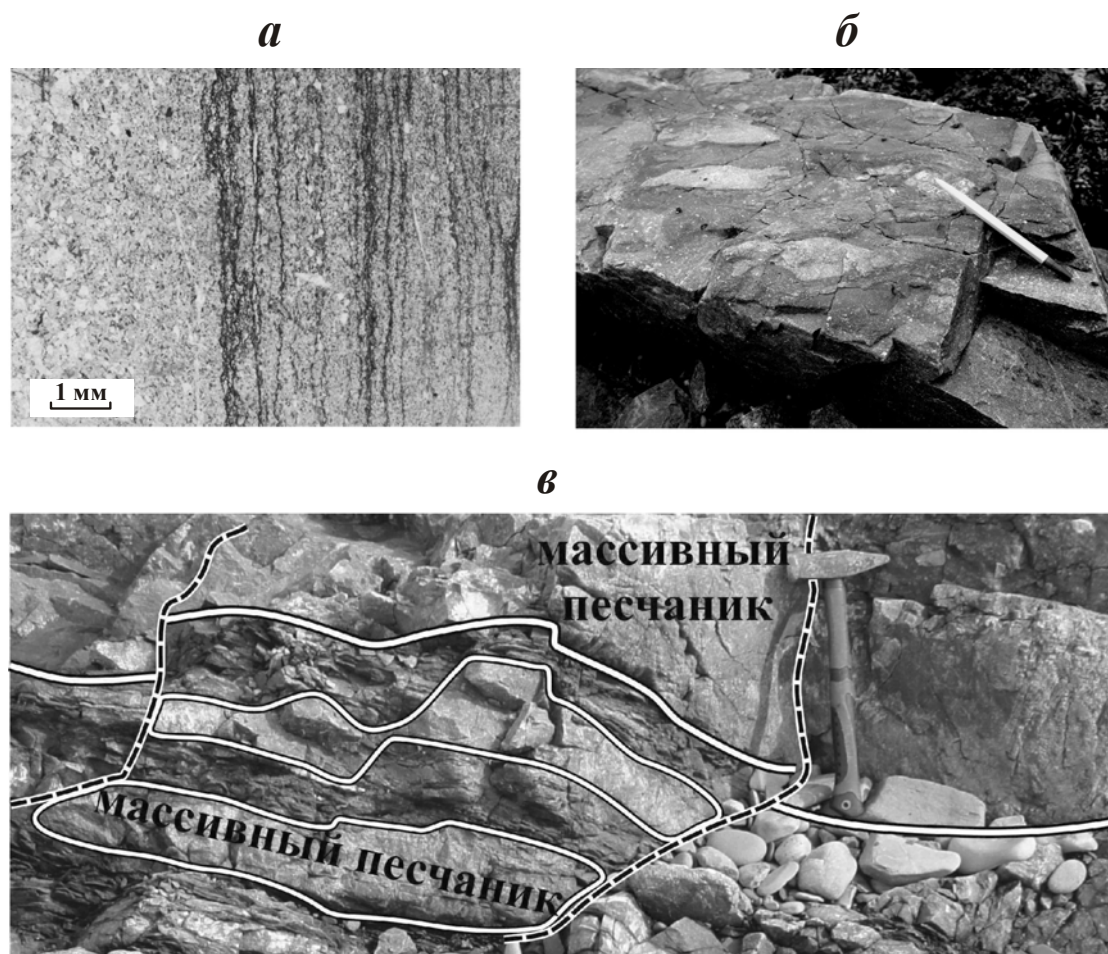
Как уже было отмечено, кроме ультрабрекчий, в породах довольно широко распространены и микробрекчии. Различные варианты соотношения последних с ультрабрекчиями иллюстрирует рис. 5 (*а–в* – сканированные изображения шлифов, *г* – микрофотография, диаметр поля 2 мм).



**Рис. 5.** Соотношение микробрекчии (МБ) и ультрабрекчии (УБ) в шлифах 656/1 (*а*), 803 (*б*), 656/2б (*в*), 656/2в (*г*); местоположение точек отбора соответствующих образцов см. на рис. 2

Микробрекчии с размером частиц от 0.02–0.05 мм до 0.15 мм (редко до 0.3 мм) обычно слагают полосы (или участки неправильной формы) вместе с ультрабрекчией (см. рис. 5, *а*). Нередко фиксируются признаки более раннего по сравнению с ультрабрекчией формирования микробрекчии: (микро)будинаж МБ в УБ (см. рис. 5, *б*), срезание полосок МБ микросколами, по которым развит такой же материал УБ (с несколько более явной директивной структурой по микрочешуйкам слюд) (см. рис. 5, *в*), “затеки” УБ в МБ (см. рис. 5, *г*). Петроструктура микробрекчий неупорядоченная, в них отсутствует какая-либо предпочтительная ориентировка частиц, полосчатость проявлена крайне редко. Контакты ультра- и микробрекчий с песчаниками (или гравелитами), как правило, резкие.

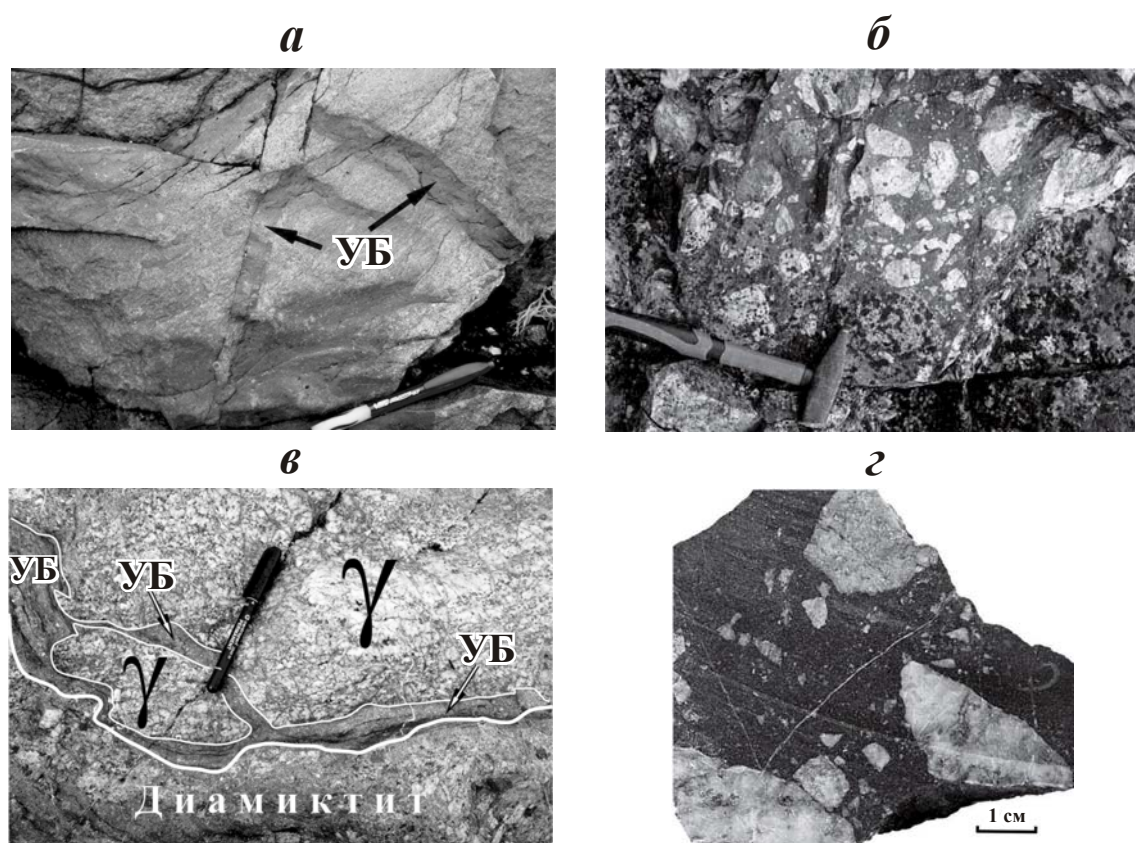
Ультрабрекчии используют для локализации любые поверхности; в слоистых песчаниках в абсолютном большинстве случаев – это поверхности слоистости. При чередовании слоистых и массивных разностей песчаников ультрабрекчирование, в основном, тяготеет к слоистым разностям (рис. 6), в которых распространяется практически исключительно по плоскостям напластования. Смежные пласты массивных песчаников при этом иногда совершенно не обнаруживают следов ультрабрекчирования. Мощность слоев, превращенных практически полностью в ультрабрекчии песчаников, колеблется от долей миллиметра (рис. 6, *а*) до первых сантиметров (рис. 6, *б*).



**Рис. 6.** Ультрабрекчии (черный материал) в слоистых песчаниках мыса Вестник: *а* – микрослойки ультрабрекчии в тонкослоистом песчанике (скан шлифа 803/1); *б* – прослой ультрабрекчированных слоистых песчаников (т. 802); *в* – контакт пачки переслаивания (внизу) ультрабрекчированных тонкослоистых песчаников и массивных песчаников с пластом (вверху) массивных песчаников (т. 658). Штриховые линии – мелкие подрывы

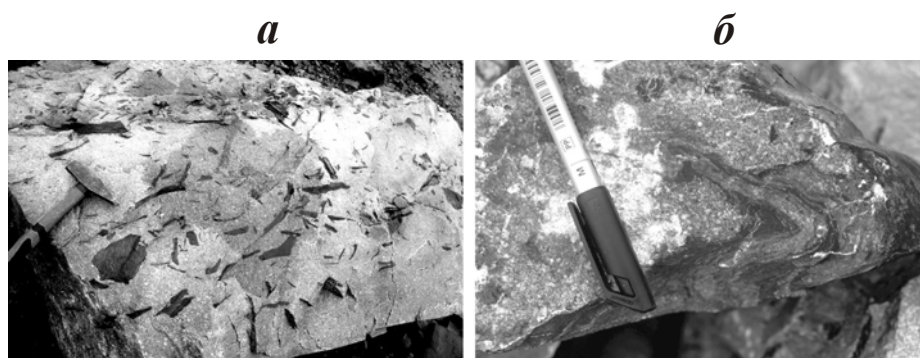
В массивных разностях осадочных пород (песчаниках, гравелитах, диамиктитах) ультрабрекчирование распространяется по секущим трещинам (рис. 7, *а*), нередко по контактам включенных в матрикс валунов, галек и гравийных обломков (рис. 7, *б*), а также по контактам гранитного тела с вмещающими осадочными породами (см. рис. 3). Какой-либо предпочтительной ориентировки полос (зон) ультрабрекчий в массивных породах не отмечается.

Важно, что ультрабрекчирование распространяется не только по поверхностям различной природы и ориентировки. В случае интенсивного ультрабрекчирования массивных осадочных пород (гравелитистых песчаников и гравелитов, реже диамиктитов) оно захватывает значительный или даже почти весь объем матрикса (ультрабрекчирование “по массе”) (см. рис. 7, *б*), но, как правило, не распространяется в крупные включения (галки, гравий, валуны). Только изредка можно встретить жилки ультрабрекчий, секущих и крупные гранитные валуны в диамиктитах (рис. 7, *в*). В массивных, предварительно уже раздробленных, гранитах ультрабрекчирование, как и в псефитах, распространяется по мелко-среднезернистому матриксу гранитов, не захватывая более крупные обломки (рис. 7, *г*).

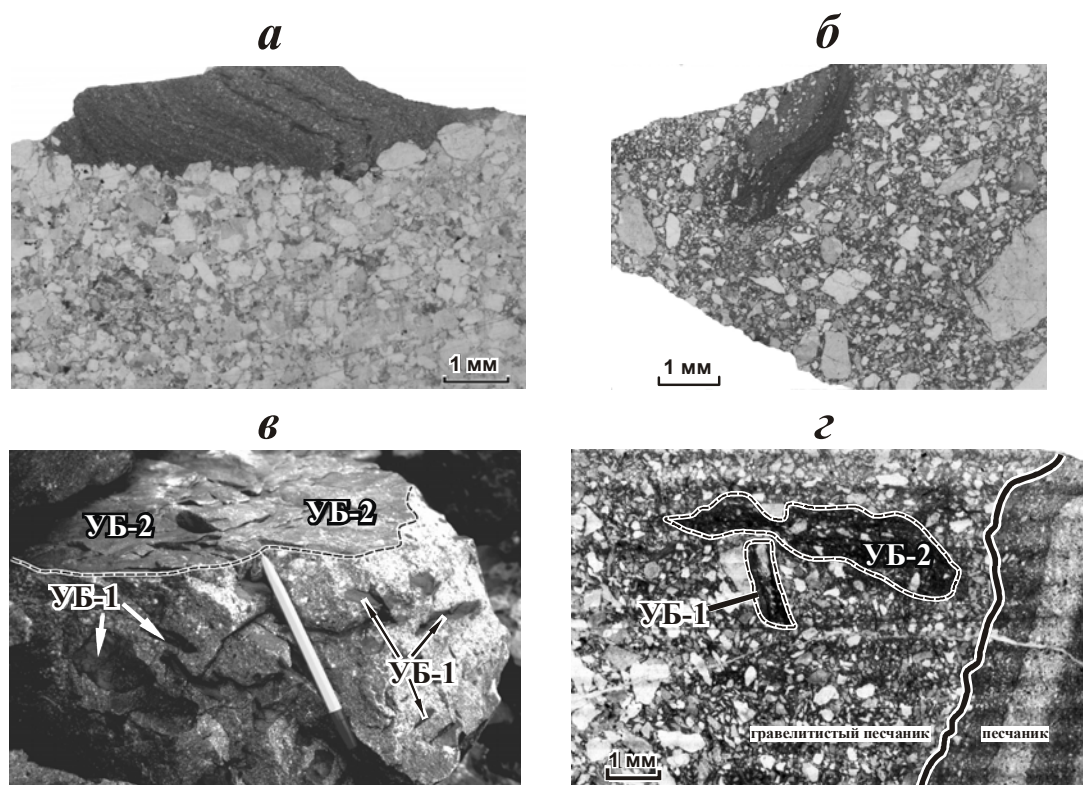


**Рис. 7.** Ультрабрэкции (черный материал) в массивных породах: *а* – по трещинам различной ориентировки в массивном песчанике (т. 660); *б* – по матриксу диамиктита (т. 811); *в* – жилки ультрабрэкции (УБ) по контакту гранитного валуна ( $\gamma$ ) и по трещине, секущей этот валун в диамиктите (т. 657); *г* – по матриксу раздробленного гранита (обр. 656/4)

Принципиально важным для понимания механизма ультрабрэчирования представляется факт явно синседиментационного и притом полистадийного формирования ультрабрэчций. Об этом свидетельствует весьма обычное присутствие в массивных песчаниках и диамиктитах обломков уже ультрабрэчированных песчаников (как правило, слоистых) (рис. 8, 9) в сочетании с ультрабрэчированием (более ранней стадии) и самих вмещающих эти обломки пород (массивных гравелитистых песчаников, гравелитов и диамиктитов) (см. рис. 9, *в*, *г*).

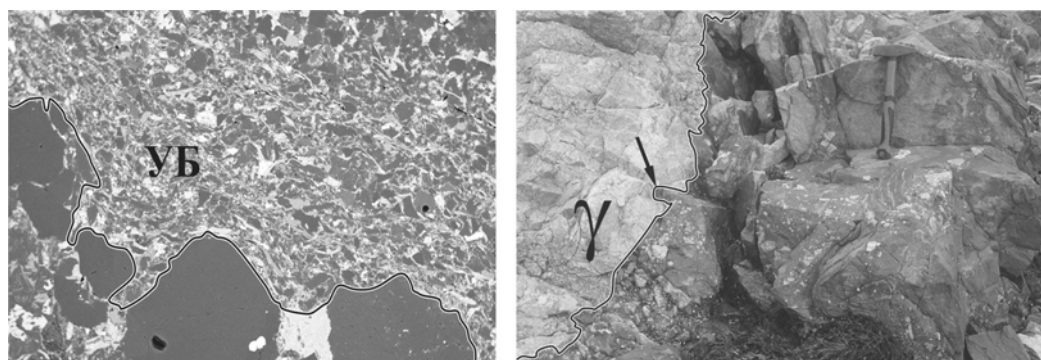


**Рис. 8.** Фрагменты ультрабрэчированных слоистых песчаников в массивных. Вид в обнажении, т. 803: *а* – остроугольные обломки слоистых песчаников; *б* – фрагменты слоистых песчаников, смятых в мелкие складки



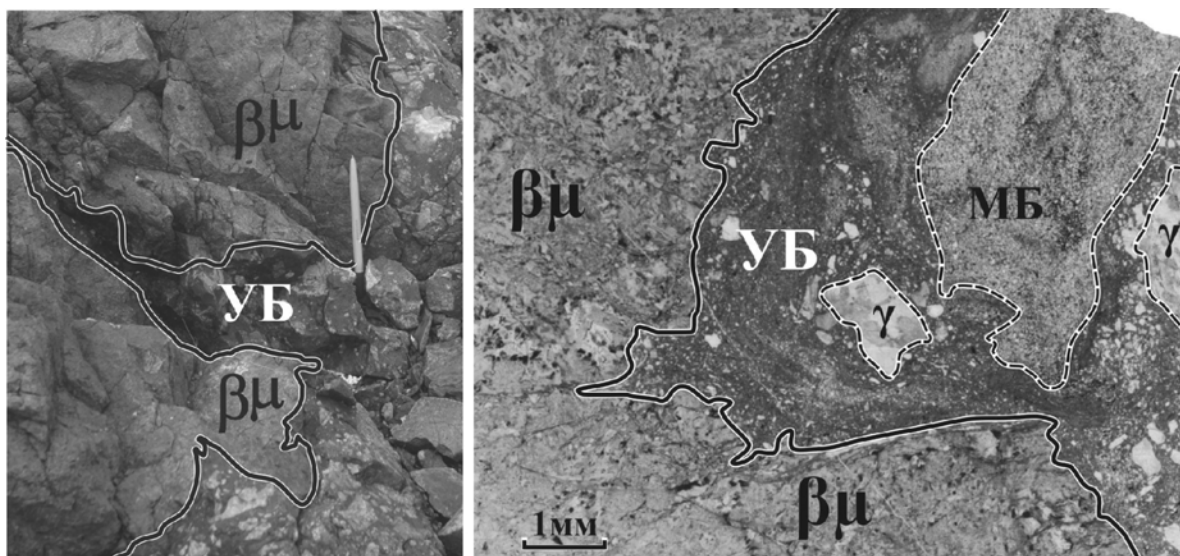
**Рис. 9.** Полистадийность ультрабрекчирования: обломки ультрабрекчированных слоистых песчаников в массивных песчаниках – сканированные изображения шлифов 801-А (а) и 804 (б); обломки ультрабрекчированных (УБ-1 – ранняя стадия ультрабрекчирования) слоистых песчаников в массивном (в, т. 803/1, вид в обнажении) и в гравелитистом (г, сканированное изображение шлифа 803/1) песчаниках с участками более позднего ультрабрекчирования (УБ-2)

Ультрабрекчии в момент своего образования представляли собой пластичные и мягкие породы. Имеются многочисленные признаки выжимания (“затеков”) ультрабрекчий в песчаник (рис. 10, *слева*) и ультрабрекчированного матрикса диамиктитов в более компетентные разности тех же песчаников, а также в граниты (рис. 10, *справа*) и диабазы даек (рис. 11).



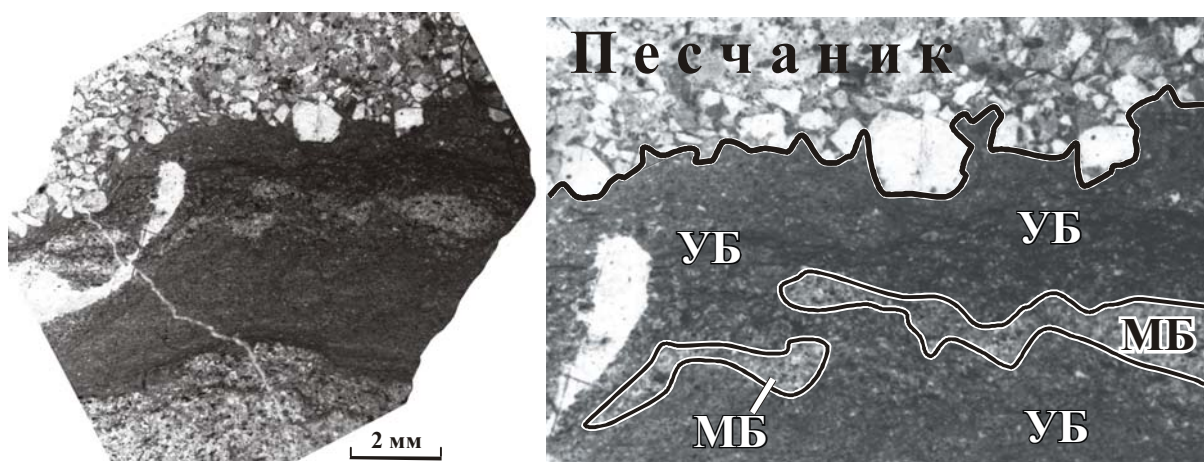
**Рис. 10.** “Затек” (выжимание) ультрабрекчий: *слева* – “затек” ультрабрекчии (УБ) между зернами (“песчинками”) на контакте с массивным песчаником (микрондовая фотография, шлиф 656/2); *справа* – отмеченный стрелкой “затек” ультрабрекчированного матрикса диамиктитов в граниты (γ) (т. 807-а, вид в обнажении)





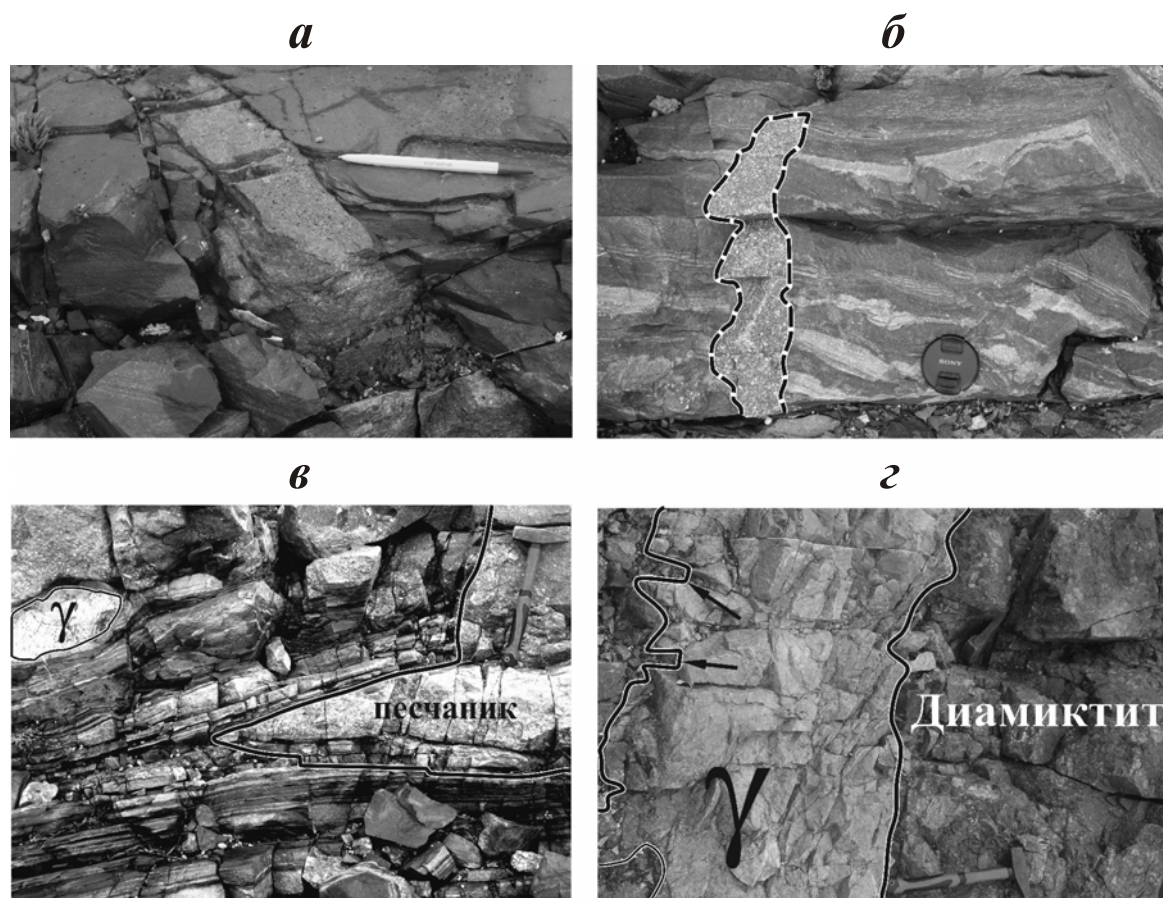
**Рис. 11.** “Затеки” (выжимание) ультрабрэкчий (УБ) в дайку диабазов (βμ): вид в обнажении на т. 807-в (слева) и в шлифе 807/3 (справа)

С другой стороны, более крупные частицы песчаника (песчаной или гравийной размерности) нередко внедряются (“вминаются”) в материал ультрабрэкчии (рис. 12, см. также рис. 5, в, 9, а).



**Рис. 12.** Внедрение (“вмятие”) зерен массивного гравелитистого песчаника в ультрабрэкчию (УБ) с фрагментами микробрэкчии (МБ). Сканированное изображение шлифа 656/2; слева – общий вид, справа – крупный план контакта песчаника и ультрабрэкчии

Необходимо отметить, что признаки неоднократного полистадийного выжимания более пластичного материала характерны для всех разностей осадочных пород мыса Вестник. Следы такого выжимания (выдавливания) фиксируются в виде кластических даек (рис. 13, а, б), жил, клиньев (рис. 13, в) и в форме “затеков” в различной степени ультрабрэкчированного матрикса и в тонкослоистые песчаники (тоже в различной степени ультрабрэкчированные), и в граниты (рис. 13, г, см. также рис. 10, справа), и даже в дайки диабазов, секущие гранитное тело (см. рис. 11).



**Рис. 13.** Полистадийное выдавливание более пластичного материала: кластические дайки массивных песчаников в тонкослоистых (*а* – т. 805А, *б* – т. 656/1); клиновидная “жила” массивного песчаника в слоистых несильно ультрабрекчированных песчаниках с единичными валунами гранитов (*в* – т. 805); отмеченные черными стрелками “затеки” несильно ультрабрекчированного матрикса в гранитный валун в диамиктите (*г* – т. 806)

### Обсуждение

В осадочных толщах мыса Вестник достаточно широко распространены породы и структуры, возникновение которых можно с уверенностью соотнести с деформацией слаболитифицированных осадков. Массивные песчаники со значительной долей обломков-включений ультрабрекчированных слоистых песчаников (см. рис. 8, 9) фактически представляют собой достаточно распространенные интракластические брекчии, формирование которых связывается с сейсмической активностью в районе осадконакопления и которые рассматриваются как “сейсмиты” [Montenat *et al.*, 2007; Shanshan *et al.*, 2008; Van Loon, 2009].

Многочисленные рассмотренные выше примеры “выжимания” (“затеков”) пластического материала также являются хорошо известными признаками сейсмически обусловленной деформации слаболитифицированных осадков: “клинья” массивного песчаника и “затеки” матрикса диамиктитов в слоистые песчаники и в граниты, а также кластические дайки песчаника и гравелита. Подобные признаки пластического внедрения отмечаются и для в разной степени ультрабрекчированных пород: ультрабрекчированного (“по массе”) матрикса диамиктитов как в граниты тела на острие мыса Вестник, так и в дайки диабазов, секущие граниты. В шлифах часто можно видеть

“затеки” собственно ультрабрэкии и в песчаник, и в микробрэкию, а также “вмятие” зерен песчаника (“песчинок”) в ультрабрэкию.

Суммируя особенности облика ультрабрэкии и характера проявления ультрабрэкирования, важные для создания модели (механизма) их формирования, следует отметить ряд моментов.

1. Ультрабрэкирование имело пульсирующий характер на протяжении достаточно длительного интервала времени, включающего осадконакопление рифейских пород всего разреза на мысе Вестник, а также внедрение гранитного тела.

2. По всей видимости, оно протекало на фоне осадконакопления в прибрежной обстановке в слабо литифицированных, достаточно мягких и пластичных осадках.

3. В целом ультрабрэкирование протекало примерно синхронно (очевидно, в режиме чередующихся стадий-“пульсаций”) с формированием пород и структур, связанных с сейсмически обусловленной деформацией слабо литифицированных осадков.

4. Ультрабрэкирование протекало, по всей видимости, в квазиизотропном поле напряжений, о чем свидетельствуют отсутствие какой-либо (даже нечеткой) системы в распределении и/или ориентировке поверхностей, на которых локализуются тела ультрабрэкии, массивная текстура ультрабрэкии, редко и нечетко проявленная полосчатость. Таким образом, стресс следует исключить как возможную причину ультрабрэкирования.

5. В отсутствии явно выраженных плоскостных структур (слоистости, трещиноватости) в массивных песчаниках, гравелитах и диамиктитах ультрабрэкирование (преимущественно мелкозернистого матрикса) может распространяться “по массе”, не образуя пластинообразных тел (жил).

6. Ультрабрэкирование не сопровождалось, по всей видимости, значимым по масштабу перемещением материала ультрабрэкии, т.е. фактически протекало *in situ*, и не сопровождалось какой-либо заметной гидротермально-флюидной деятельностью.

Вероятным механизмом ультрабрэкирования представляется гидроудар, который можно рассматривать как природный аналог механизма гидроразрыва (фрекинга), используемого нефтяниками для увеличения дебита скважин. Источником неоднократных гидроударов, вероятнее всего, была пульсирующая сейсмическая активность в зоне разлома Троллфьорден-Комагельва. При этом проводником удара служила морская вода, заполняющая все трещины и полости в породах/осадках.

В отличие от широко распространенных тонко- и ультратонкозернистых тектонитов – милонитов и ультрамилонитов – с их резко выраженной структурной анизотропией, бесструктурные ультрабрэкии-сеймиты, по всей видимости, возникают достаточно редко. Среди тектонических (разломных) брэкии с сейсмической активностью связывается формирование имплозивных брэкии, происходящее при резком падении давления флюида в зонах дилатансии на локальных участках изгибов “разгрузки” разломного шва [Sibson, 1986]. Имплозивные брэкии, в отличие от ультрабрэкии мыса Вестник, обычно имеют средне-крупноглыбовое сложение и характеризуются большой долей глинистого, часто гидротермально преобразованного, цемента. Брэкии, возникающие при землетрясениях в слабо литифицированных осадках (известные под названиями “автобрэкии” и “интракластических парабрэкии”), также представляют собой крупнообломочные породы [Montenat et al., 2007; Shanshan et al., 2008].

Известное сходство с ультрабрэкиями мыса Вестник имеют ультратонкозернистые, без какой-либо директивной петроструктуры брэкиевидные породы на Аляске (о. Кадьяк) и юго-западе Японии, формирование которых, видимо, связано с землетрясениями.

На Аляске в надвиговом меланже зафиксировано несколько зон катаклазитов, расчлененных жилами ультратонкозернистых (1–10 мк) бесструктурных “черных пород”, по составу аналогичных вмещающим катаклазитам [Brodsky *et al.*, 2009]. Как и ультрабрекчии мыса Вестник, “черные породы” дают пламевидные “втеки” в катаклазиты. Вопрос о происхождении “черных пород” авторы оставляют открытым: это может быть либо фрикционное плавление (хотя следов стекла в породе не отмечено), либо спровоцированное сейсмическими толчками гранулярное течение флюидизированного материала (что, замечу, плохо согласуется с бесструктурным сложением “черных пород”).

Полистадийное формирование “ультракатакластических” пород, весьма похожих на ультрабрекчии мыса Вестник, описано при землетрясении на юго-западе Японии в зоне активных разломов системы *Arima–Takatsuki Tectonic Line* [Lin, Yamashita, Tanaka, 2013]. Эти породы сложены угловатыми и слегка оглаженными частицами (кварца, полевых шпатов, биотита) размером, в основном в диапазоне 1–10 мк; так же как и в ультрабрекчиях мыса Вестник, в этих ультракатакластических породах отсутствуют какие-либо признаки директивной петроструктуры. Авторы приходят к выводу, что ультракатакластические породы возникали в зоне активных разломов при сейсмическом скольжении в процессе дробления вмещающих пород и быстром распространении (инъекции) ультратонкого материала по системе ветвящихся трещин.

Примечательно, что по времени и месту проявления с ультрабрекчированием в зоне разлома Троллфьорден-Комагельва совпадает и формирование диамиктитов – отложений мутьевых потоков, которые также возникли в пульсирующем режиме [Jensen, Wulff-Pedersen, 1996], что возможно, было инициировано сейсмоактивностью.

### Выводы

Первыми признаками активности разлома Троллфьорден-Комагельва можно считать полистадийное ультрабрекчирование *in situ* рифейских слабо литифицированных мягких пород (осадков) в процессе их накопления.

Ультрабрекчирование связано с гидроударами, спровоцированными неоднократными сейсмическими “пульсациями”.

Пульсирующей сейсмической активностью, видимо, обусловлено и сползание с берега селеподобных масс несортированного грубообломочного материала, которые, достигая морской латерали, приобретали характер мутьевых потоков (их отложениями явились диамиктиты), а также формирование пород и структур, связанных с деформацией слабо литифицированных осадков (сейсмиков).

### Литература

- Терехов Е.Н., Журавлев В.А., Балухев А.С., Тюпанов С.Н. Строение и перспективы нефтегазоносности северо-восточного обрамления Восточно-Европейской платформы (район полуостровов Средний и Рыбачий) // Исследование и освоение углеводородных ресурсов прибрежных регионов: Материалы Международной российско-норвежской конференции. Архангельск, 2013. С.32–37.
- Тюпанов С.Н. Тектонические особенности складчатого обрамления Балтийского щита (на примере района полуостровов Средний и Рыбачий) // Материалы XLVI Тектонического совещания. Том II. М.: ГЕОС, 2014. С.269–273.
- Brodsky E.E., Rowe C.D., Meneghini F., Moore J.C. A geological fingerprint of low-viscosity fault fluids mobilized during an earthquake // J. Geophys. Res. 2009. V. 114 (B1). P.1–14.

- Herrevold T., Gabrielsen R.H., Roberts D.* Structural geology of the southeastern part of the Trollfjorden-Komagelva Fault Zone, Varanger Peninsula, Finnmark, North Norway // *Norwegian Journal of Geology*. 2009. V. 89. P.305–325.
- Jensen P.A., Wulff-Pedersen E.* Glacial or non-glacial origin for the Bigganjargga tillite, Finnmark, northern Norway // *Geol. Mag.* 1996. V. 133, N 2. P.137–145.
- Lin A., Yamashita K., Tanaka M.* Repeated seismic slips recorded in ultracataclastic veins along active faults of the Arima–Takatsuki Tectonic Line, southwest Japan // *Journal of Structural Geology*. 2013. V. 48. P.3–13.
- Montenat Ch., Barrier P., Ott d'Estevou Ph., Hibsich Ch.* Seismites: An attempt at critical analysis and classification // *Sedimentary Geology*. 2007. 196. P.5–30.
- Roberts D., Siedlecka A.* Provenance and sediment routing of Neoproterozoic formations on the Varanger, Nordkinn, Rybachi and Sredni peninsulas, North Norway and Northwest Russia: a review // *Norges geologiske undersøkelse. Bull.* 2012. 452. P.1–19.
- Shanshan L.I., Yuansheng D.U., Zhe Z., Jinhua W.U.* Earthquake-related soft-sediment deformation structures in Palaeogene on the continental shelf of the East China Sea // *Front. Earth Sci. China* 2008. 2(2). P.177–186.
- Sibson R.H.* Earthquakes and rock deformation in crustal fault zones // *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.* 1986. V. 14. P.149–175.
- Siedlecka A.* Neoproterozoic sedimentation on the Rybachi and Sredni Peninsulas and Kildin Island, NW Kola, Russia // *Norges geologiske undersøkelse. Bull.* 1995. 427. P.52–55.
- Siedlecka A., Roberts D., Nystuen J., Olovyanishnikov V.* Northeastern and northwestern margins of Baltica in Neoproterozoic time: evidence from the Timanian and Caledonian Orogens // *Geological Society London, Memoirs*. 2004. V. 30. P.169–190.
- Van Loon A.J.* Soft-sediment deformation structures in siliciclastic sediments: an overview // *Geologos*. 2009. V. 15, N 1. P.3–55.

*Сведения об авторе*

**КУЛАКОВСКИЙ Алексей Львович** – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. 123242, Москва, ул. Большая Грузинская, д. 10, стр. 1. Тел.: +7(499) 254-92-05. E-mail: akulakovskij@mail.ru

## **SYNSEDIMENTARY ULTRABRECCIATION: EFFECT OF THE SEISMOGENIC HYDRAULIC SHOCK (KOLA PENINSULA, TROLLFJORDEN-KOMAGELVA FAULT ZONE)**

A.L. Kulakovsky

*Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

**Abstract.** The manifestation of multistage synsedimentary ultrabrecciation of sedimentary rocks is determined on the Kola Peninsula in the Trollfjorden-Komagelva fault zone delimiting the Riphean complexes of the Rybachi and Sredny Peninsulas. The ultrabreccia fabric features indicate the absence of noticeable displacement of ultrathin material and the *in situ* occurrence of ultrabreccia in the quasi-isotropic stress field in the weakly lithified water-saturated sediments.

The mechanism of ultrabrecciation is apparently the hydraulic shock, analogous to the technogenic hydraulic shock, provoked by seismic events in the Trollfjorden-Komagelva fault zone.

**Keywords:** ultrabreccia, seismogenic fault, the Riphean, Rybachi Peninsula.

## References

- Brodsky E.E., Rowe C.D., Meneghini F., and Moore J. C. A geological fingerprint of low-viscosity fault fluids mobilized during an earthquake, *J. Geophys. Res.*, 2009, 114(B1), pp. 1-14.
- Herrevold, T., Gabrielsen, R.H., and Roberts, D. Structural geology of the southeastern part of the Trollfjorden-Komagelva Fault Zone, Varanger Peninsula, Finnmark, North Norway, *Norwegian Journal of Geology*, 2009, vol. 89, pp. 305-325.
- Jensen P.A., Wulff-Pedersen E. Glacial or non-glacial origin for the Bigganjargga tillite, Finnmark, northern Norway, *Geol. Mag.*, 1996, vol. 133, no. 2, pp. 137-145.
- Lin A., Yamashita K., and Tanaka M. Repeated seismic slips recorded in ultracataclastic veins along active faults of the Arima-Takatsuki Tectonic Line, southwest Japan, *Journal of Structural Geology*, 2013, vol. 48, pp. 3-13.
- Montenat Ch., Barrier P., Ott d' Esteveu Ph., and Hibsich Ch. Seismites: An attempt at critical analysis and classification, *Sedimentary Geology* 2007, 196, pp. 5-30.
- Roberts D. and Siedlecka A. Provenance and sediment routing of Neoproterozoic formations on the Varanger, Nordkinn, Rybachi and Sredni peninsulas, North Norway and Northwest Russia: a review, *Norges geologiske undersøkelse, Bull.*, 2012, 452, pp. 1-19.
- Shanshan L.I., Yuansheng D.U., Zhe Z., and Jinhua W.U. Earthquake-related soft-sediment deformation structures in Palaeogene on the continental shelf of the East China Sea, *Front. Earth Sci. China*, 2008, 2(2), pp. 177-186.
- Sibson R.H. Earthquakes and rock deformation in crustal fault zones, *Ann. Rev. Earth Planet Sci.*, 1986, 14, pp. 149-175.
- Siedlecka A. Neoproterozoic sedimentation on the Rybachi and Sredni Peninsulas and Kildin Island, NW Kola, Russia, *Norges geologiske undersøkelse, Bull.*, 1995, 427, pp. 52-55.
- Siedlecka A., Roberts D., Nystuen J., Olovyanishnikov V. Northeastern and northwestern margins of Baltica in Neoproterozoic time: evidence from the Timanian and Caledonian Orogens, *Geological Society London, Memoirs*, 2004, vol. 30, pp. 169-190.
- Terehov E.N., Zhuravlev V.A., Baluev A.S., and Tyupanov S.N. Structure and oil and gas prospects of the northeastern framing of the East European platform (Sredny and Rybachi Peninsulas region), *Issledovaniye i osvoeniye uglevodorodnyh resursov pribrezhnyh regionov* (Research and development of hydrocarbon resources in the coastal regions), Proc. Int. Russian-Norwegian Conf., Arkhangelsk, 2013, pp. 32-37.
- Tyupanov S.N. Tectonic features of fold framing of the Baltic shield (regions of Sredny and Rybachi Peninsulas), *Materialy XLVI Tektonicheskogo Soveshchaniya* (Proceedings of the XLVI Tectonic Conference), vol. II, Moscow: GEOS, 2014, pp. 269-273.
- Van Loon A.J. Soft-sediment deformation structures in siliciclastic sediments: an overview, *Geologos*, 2009, vol. 15, no 1, pp. 3-55.