

## ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БЛОЧНОГО КАМНЯ ПО ХАРАКТЕРУ ТРЕЩИНОВАТОСТИ

В земной коре существует несколько различных деформационных режимов, обеспечивающих напряженное состояние участков недр. Впервые это было опубликовано в работе Е. М. Андерсона (1951). Он сформулировал принцип, основанный на представлении, что ниже области, топографически не являющейся альпийской, одно главное направление напряжений в общем почти вертикально и два других горизонтальны, распространив его на верхнюю часть земной коры. Учитывая данное предположение, с учетом литостатической нагрузки, Е. М. Андерсон выделил три варианта ориентации главных осей нормальных напряжений и соответственно три группы разрывов: надвиги, сдвиги и сбросы (Гинтов, 2005) (рис. 1).

Несмотря на упрощенность подхода и существование других классификаций деформационных режимов, для условий типизации месторождений блочного камня такой подход представляется наилучшим, поскольку, не используя дополнительных факторов, интересных для узкого круга геологов, изучающих структурные особенности горных массивов, позволяет с достаточной точностью описать основные понятия в этой области. Следует учесть, что при классификации технологических объектов, к которым относятся месторождения блочного камня, следует учитывать не

только их природные характеристики, но и технологические приемы, используемые при извлечении полезного ископаемого. Нужно отметить, что данная классификация не рассматривает случая, связанного с отколом в направлении, перпендикулярном горизонтальной поверхности. Поэтому мы ввели еще один тип, характерный для месторождений блочного камня, который показан на рис. 2. Это уточненная классификация разрывов, ориентированная на промышленность, занимающуюся добычей блоков, которая включает и случай плоского отрыва в поверхностных (до нескольких десятков метров) слоях массивов.

Принимая во внимания эти представления, на основании наблюдений за распределением трещиноватости на действующих месторождениях блочного камня сегодня можно выделить несколько типов трещиноватости, обусловленной тектонической историей и тектонофизическими условиями, сформировавшими современную систему трещин в массивах, учитывая технологическое проектирование на действующих карьерах блочного камня.

Типизация месторождений и их трещиноватости выполнена на основе требований к форме и размеру блока, главным образом действующих на крупных российских и зарубежных карьерах, а также технологии его извлечения в карьере.

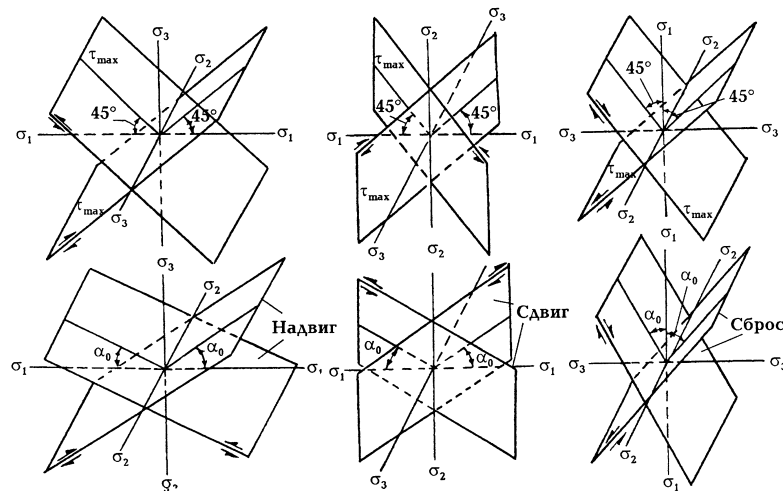
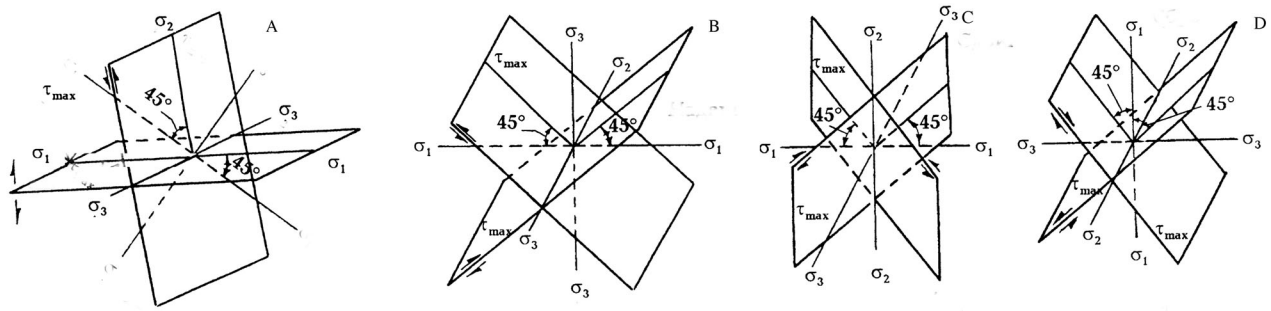
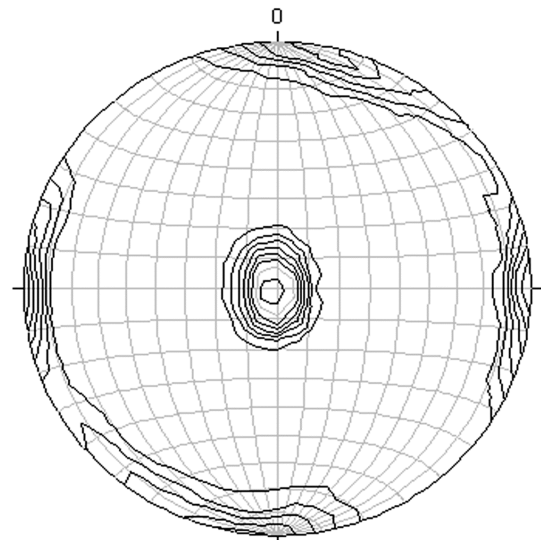


Рис. 1. Три типа разрывов по Е. М. Андерсону



**Рис. 2. Уточненная классификация типов разрывов:**

A – откол при горизонтальном сжатии; B – надвиг; C – сдвиг; D – сброс



**Рис. 3. Основные системы трещин на месторождении гранит-мигматитов Кашина Гора (а) и круговая диаграмма трещиноватости (б) (количество замеров 682, равноплощадная проекция, верхняя полусфера)**

Подразумевается, что разработка карьера всегда производится горизонтальными слоями, с отделением от них вертикальных блоков меньшего размера, его опрокидыванием и разделкой на окончательный продукт.

На основании предложенной классификации возможна типизация месторождений блочного камня.

### **Месторождения, приуроченные к пологим трещинам. Тип А**

Месторождения такого типа приурочены к массивам, расположенным в условиях, близких к литостатическому режиму или режиму, когда главными сжимающими напряжениями являются горизонтальные.

В качестве примера в Республике Карелия можно привести месторождение гранитов Кашина Гора, габбро – Авнепорог, габбродолеритов – Восход (рис. 3).

Месторождение Кашина Гора расположено в Пудожском районе Карелии, на правом берегу нижнего течения реки Водлы, в 8 км от ее устья. Для гранитов данного месторождения, как и района в целом, характерно средне-, крупнозернистое сложение, иногда

порфировидный облик, развитие гранобластовых, порфиробластовых структур, массивной и гнейсовидной текстуры.

По результатам замеров элементов залегания трещин на месторождении Кашина Гора выделяются три основные системы трещин.

Крутопадающие системы: I – с азимутом падения 20° и углом падения около 85°; II – с азимутом падения 90° и углом падения около 90°. Пологозалегающая система III субгоризонтальная, с падением на юг и углом падения около 5°. На диаграмме видно, что азимуты падения в системе I непостоянны и изменяются в пределах 40°. В субмеридиональной системе также наблюдаются отклонения в азимутах падения, но в данной системе они не столь значительны (рис. 4).

Несмотря на различный минеральный состав, преобладающими трещинами на месторождениях такого типа являются пологие, пересекаемые вертикальными трещинами иногда через все «слои», иногда разбивая лишь один слой. Для таких месторождений характерным является сложность оценки и выделения систем трещин с поверхности, поскольку наиболее важными здесь являются трещины горизонтальные.

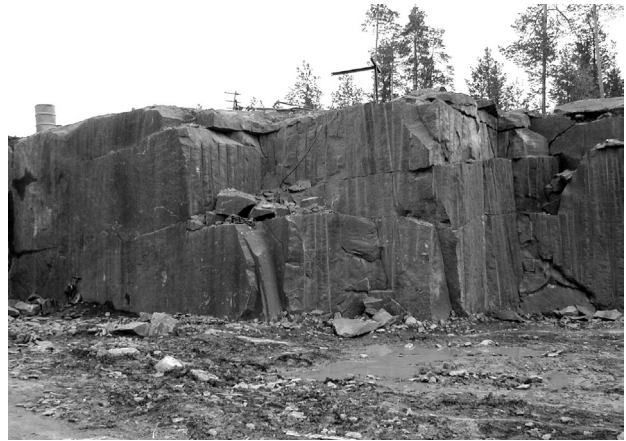


Рис. 4. Основные системы трещин на месторождениях габбродолеритов Восход (слева) и Авнепорог (справа)

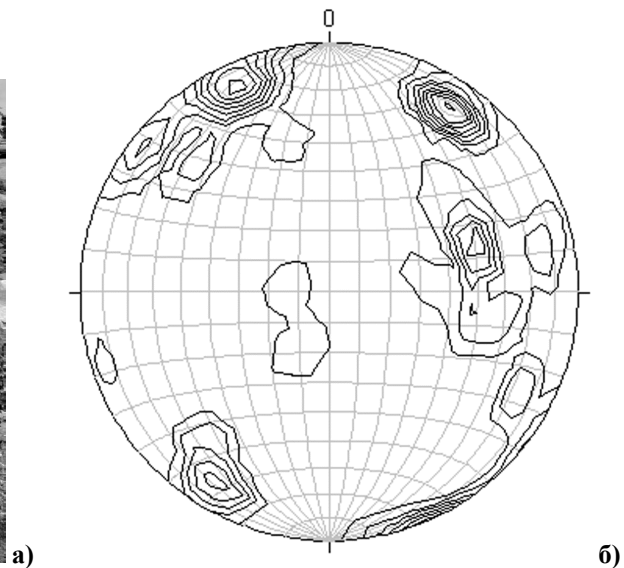


Рис. 5. Основные системы трещин на месторождении гранитов Сиговое (а) и круговая диаграмма трещиноватости (б) (количество замеров 190, равноплощадная проекция, верхняя полусфера)

С другой стороны, такой тип месторождений является предпочтительным с точки зрения его отработки, поскольку его отработку можно развивать с учетом пологих трещин, которые снижают расходы на раскрой месторождения и разделку больших блоков на товарные блоки, а также уменьшают выход окола при пассивровке.

Надо отметить, что месторождения такого типа сегодня наиболее распространены, поскольку с технологической точки зрения их отработка может быть организована оптимально, что позволяет получить большие экономические преимущества.

**Месторождения, приуроченные к субвертикальным и наклонным трещинам.  
Тип В, С, D**

Месторождения такого типа относятся к сдвиговым или сбросовым.

Такой тип месторождений характерен для районов, где происходили значительные сдвиговые или сбросо-

вые деформации, определившие системы трещин, характеризующиеся достаточно большим разбросом в падении наклонных до субвертикальных трещин и практически полным отсутствием пологих трещин.

Для условий Республики Карелия примерами могут являться изученные месторождения, приуроченные к различным структурам и имеющие различный генезис, а как следствие – минеральный состав. Месторождения гранитов Степанова Гора и Сиговое в Лоухском районе именно поэтому не были вовлечены в эксплуатацию, а месторождение габброноритов Северный Кейносет, расположенное в южной части Карелии в пределах Кааламского массива, по той же причине имеет весьма невысокие показатели как по качеству, так и по количеству производимой продукции.

Месторождение Сиговое находится в Лоухском районе в 34 км к западу от п. Чупа. Месторождение выявлено Северной экспедицией в 1992 г. при проведении поисковых работ на облицовочный камень (рис. 5).

Месторождение представляет собой возвышенность размером 0,8×1,2 км, расположенную в центральной части Ломакковаракской интрузии розовых и красных гранитов, вытянутую в субмеридиональном направлении.

Плаггиомикроклиновые нижнепротерозойские граниты залегают среди пород Тикшеозерской серии, представленных преимущественно разнообразными гнейсами и в меньшей степени кристаллическими сланцами и амфиболитами. Процессы мигматизации и гранитизации в породах проявлены слабо.

В структурном отношении месторождение расположено в центральной части полосы развития нижнепротерозойских гранитов от Колвоваракского (севернее горы Винга 4×2 км) на севере до Сигозерского (Ломакковарака 8×3,5 км) массива на юге.

Внутренняя структура гранитов параллельна контактам и сопряжена со складчатой структурой вмещающих пород.

Из круговой диаграммы (рис. 5, б) видно, что на месторождении проявлены две крутопадающие системы, одна пологозалегающая и одна наклонная. Крутопадающие системы: I – с азимутом падения 34° и углом падения 69°; II – с азимутом падения 334° и углом падения около 70°. Пологозалегающая система III – с азимутом падения 260° и углом падения 15°. Наклонная система IV – с азимутом падения 75° и углом падения 50°, причем азимут падения в данной системе изменяется до 100° и угол до 75°. Кроме того, трещины пологозалегающей системы также изменяют азимут падения с западного на юго-западный.

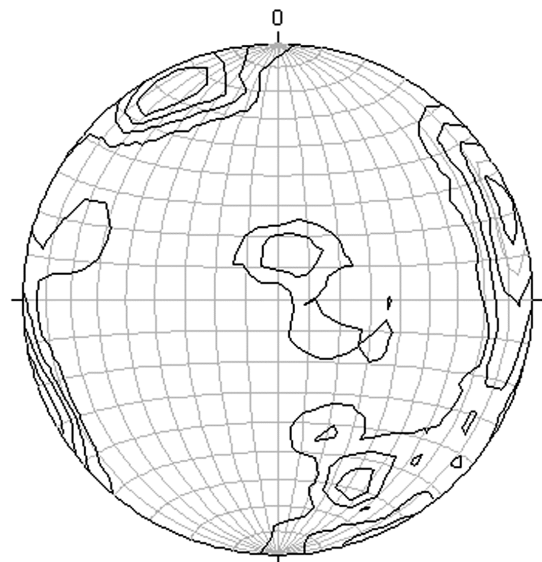
Месторождение Северный Кейносет расположено на территории, подчиненной Сортавальскому горсовету, в 30 км к северо-западу от г. Сортавалы, в пределах Кааламского массива основных пород.

Кааламский массив представляет собой интрузию основного, ультраосновного состава, приуроченную к пересечению субширотного и северо-западного разломов (Металлогения Карелии, 1999). Вмещающими породами являются биотитовые гнейсы и сланцы ладожской серии. Массив имеет зональное строение, выраженное в изменении слагающих его пород от центральной части к периферии, от норита, габбронорита, роговообманковых габбро до диорита и кварцевого диорита (Светов и др., 1990).

Месторождение Северный Кейносет расположено на территории, подчиненной Сортавальскому горсовету, в 30 км к северо-западу от г. Сортавалы, в пределах Кааламского массива основных пород.



а)



б)

Рис. 6. Основные системы трещин на месторождении габброноритов Северный Кейносет (а) и круговая диаграмма трещиноватости (б) (количество замеров 211, равноплощадная проекция, верхняя полусфера)

Из диаграммы видно (рис. 6, б), что на данном месторождении развиты три крутопадающие системы, одна пологозалегающая и две наклонные. Из крутопадающих наиболее развиты трещины систем: I – с азимутом падения 330° и углом падения около 80°; II – с азимутом падения 75° и углом падения 82°. Из пологозалегающих наиболее широко развиты трещины системы III с азимутом падения, близким к 10°, и углом падения около 15°. Кроме того, представлены трещины систем: крутопадающей – IV с азимутом падения 105° и углом падения около 80°; наклонных – V с азимутом падения 160° и углом падения около 70°; VI с азимутом падения 160° и углом падения около 50°.

Таким образом, хотя основных систем три – две крутопадающие и одна пологозалегающая, наличие трещин дополнительных трех систем говорит о значительной степени передробленности породы на данном участке.

#### Месторождения смешанной трещиноватости

Месторождения такого типа представляют собой сложное взаимодействие всех четырех типов. В худшем случае все четыре типа объединяются в одну массу. Такого сорта объекты заведомо непригодны для разработки и получения крупных блоков, хотя, например, на месторождении габбродолеритов

Другая Река-3 есть участки, которые в подобных условиях позволяют получать достаточно большие массивные куски, пригодные в качестве блочно-го камня. Но общее правило остается – сложное взаимодействие различных систем трещин значительно снижает выход блоков.

В случаях, когда объединяются не более двух групп разрывов, возможна добыча блоков, зависящая от интенсивности тектонических процессов и, как следствие, передробленности массивов.

На рис. 7 приведена фотография такого рода участка для габбродолеритов месторождения Другая Река-3.

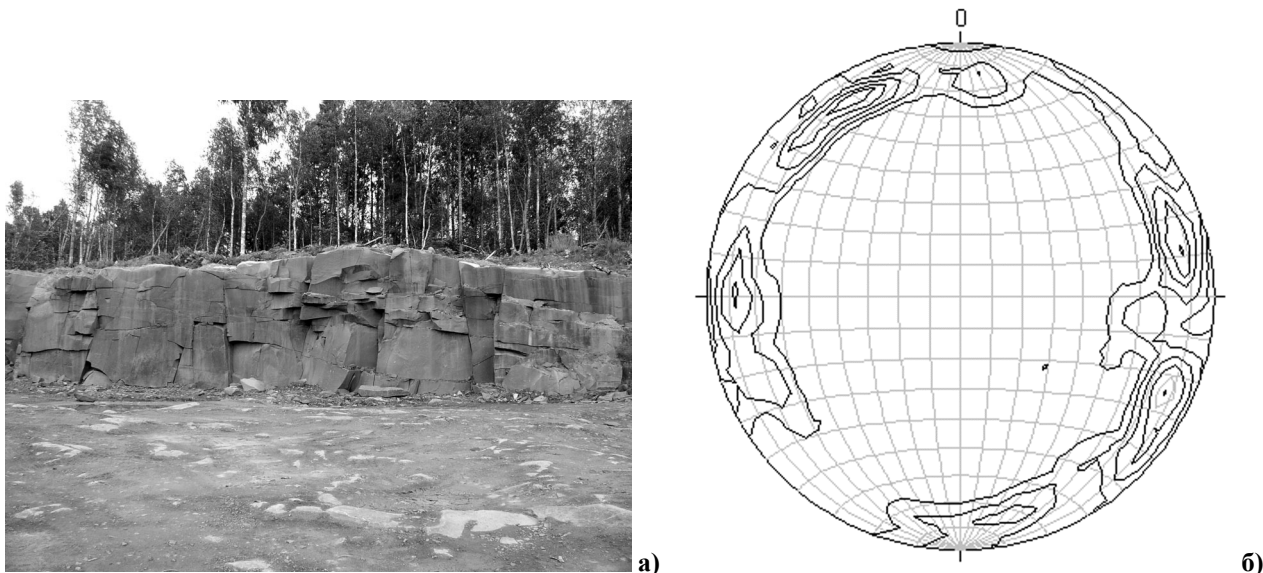


Рис. 7. Основные системы трещин на месторождении габбродолеритов Другая Река-3 (а) и круговая диаграмма трещиноватости (б) (количество замеров 211, равноплощадная проекция, верхняя полусфера)

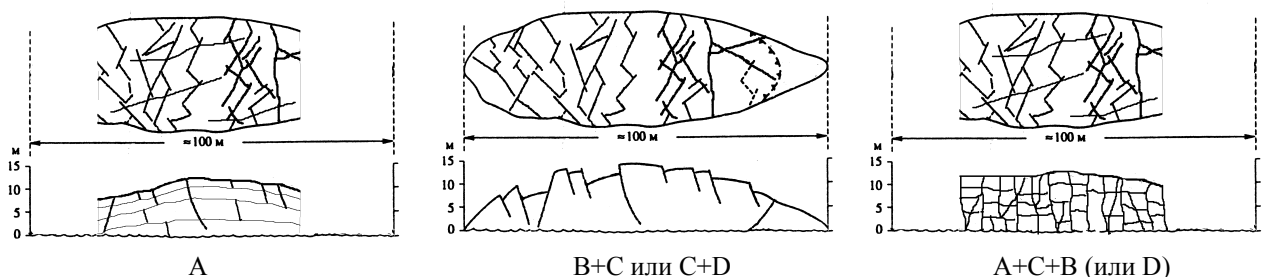


Рис. 8. Классификация месторождений блочного камня с учетом тектонофизических факторов

Месторождение Другая Река-3 расположено в 110 км к югу от г. Петрозаводска, в пределах мощного (до 200 м) силла габбродолеритов палеопротерозойского возраста.

Круговая диаграмма построена по замерам элементов залегания крутопадающих и субвертикальных трещин, без учета пологих трещин, которые также присутствуют на месторождении в значительном количестве.

Из диаграммы видно, что на месторождении развиты как минимум четыре крутопадающие системы, формирующие полигональный характер субвертикальной трещиноватости.

#### Классификация месторождений

Диаграммы трещиноватости в большинстве случаев хорошо отражают суммарную трещиноватость

массива, но совершенно не учитывают их генетических особенностей, что не позволяет классифицировать месторождения по этому признаку.

Однако, принимая во внимание классификацию групп разрывов с учетом уточнений, приведенных выше, можно предложить следующую геометризованную классификацию месторождений блочного камня, основанную на учете четырех вариантов ориентации главных осей нормальных напряжений.

Важной особенностью такого подхода является понимание того, что параметры трещин, наблюдаемые с поверхности, во многих случаях не позволяют относить месторождения к тому или иному типу. Это можно наблюдать на рис. 8 – основную фактуру месторождения определяют параметры трещины в слое, а не их пересечение с поверхностью. Этот факт свидетельствует еще и о том, что поверхностное изучение элементов залегания трещин не всегда отража-

ет реальную картину трещиноватости массива, особенно при отсутствии вертикального уступа, позволяющего оценить пологие трещины.

Месторождения различного типа на практике имеют свои особенности и при применении соответствующей технологии их отработки, что можно будет учесть уже при оценке месторождения на стадии его геологического изучения. Таким образом, типизация месторождений блочного камня позволяет планировать и соответствующую технологию выемки блоков из массива.

Предложенный подход позволяет приурочить месторождение блочного камня к той или иной

специфической провинции, где в процессе формирования и эволюции земной коры наведенные поля напряжений обусловили развитие трещинной тектоники определенного типа. Исходя из этого, можно выделить поисковый признак, позволяющий путем реконструкции палеонапряжений на выбранной территории прогнозировать наличие того или иного типа месторождений блочного камня и уже с учетом их декоративных, технологических, инфраструктурных характеристик принимать решение о возможности их использования.

## ЛИТЕРАТУРА

*Гинтов О. Б.* Полевая тектонофизика и ее применение при изучении деформаций земной коры Украины. Киев, 2005. 572 с.

*Металлогения Карелии* / Отв. ред. С. И. Рыбаков, А. И. Голубев. Петрозаводск, 1999. 340 с.

*Светов А. П., Свириденко Л. П., Иващенко В. И.* Вулкано-плутонизм свекокарелид Балтийского щита. Петрозаводск, 1990. 320 с.

*Anderson E. M.* The dynamics of faulting. Edinburg, 1951. 206 p.