

## МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗНОВОЗРАСТНОЙ ТРЕЩИНОВАТОСТИ В ГРАНИТАХ И ПЕГМАТИТАХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ВОЗРОЖДЕНИЕ» («КАВАНТСААРИ»), ВЫБОРГСКИЙ МАССИВ

М.А.ИВАНОВ, д-р геол.-мин. наук, заведующий кафедрой, *ivan@spti.ru*

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург, Россия

Уникальный размер монолитных блоков гранитов на месторождении «Возрождение» («Кавантсаари») объясняется устойчивостью этих пород в крутопадающей, вероятно, секущей части массива, где породы сохранили массивную текстуру и в наименьшей степени изменены на этапе образования в них редкометальных пегматитов. Форму и размеры монолитных блоков определяет система нарушений, в формировании которой ведущая роль принадлежит трем крутопадающим зонам тектонической трещиноватости северо-западного простирания с ореолами изменений в условиях низкотемпературного кислотного метасоматоза. Более поздние тектонические срывы по эти зонам привели к разрушению заключенных между ними блоков пород по сериям поперечных трещин, а также к субгоризонтальным разрывам пород, обусловленных, вероятно, гравитационной разгрузкой массива и действием покровного ледника. Для трещин всех направлений характерно распределение через равные расстояния («шаг»).

**Ключевые слова:** Выборгский массив рапакиви, монолитные блоки гранитов, пегматиты, типы трещин, закономерности распределения трещин, прогноз трещиноватости.

Серые рапакививидные граниты месторождения «Возрождение» («Кавантсаари»), привозимые в Санкт-Петербург с начала каменного строительства города, известны своей прочностью, значительными размерами монолитных блоков и «податливой» ломкостью, особо ценимой в каменотесном деле. Разработки этого камня, проводимые в наше время близ железнодорожной станции «Возрождение» (Ленинградская область), еще 10-15 лет назад могли поразить наблюдателя уникальной возможностью видеть в северной части главного карьера ошлифованные с поверхности до блеска ледником монолиты размером  $10 \times 15 \times 60$  м и более – без единой трещины. В настоящее время наиболее продуктивная часть месторождения на своем верхнем горизонте уже отработана и проблема надежной оценки перспектив освоения его флангов и более глубоких горизонтов не просто экономически актуальна для его разработчиков. Особые успехи старшего поколения геологов и горняков в разработке месторождения обязывают к большему. Тому свидетельство – извлеченный из недр месторождения гранитный монолит длиной 22,5 м и массой 2200 т, из которого изготовлен обелиск «Городу-герою Ленинграду», стоящий с 1981 г. в центре Санкт-Петербурга на площади Восстания.

Попытки приблизиться к решению проблемы путем бурения дополнительного числа разведочных скважин и привлечения специалистов по геофизическим методам исследования неоднородности пород столкнулись с трудностями методического характера и не привели к желаемым результатам. Вместе с тем, судя по материалам разведочных работ и опубликованным результатам научных исследований, собственно геологическая изученность самого месторождения остается на низком уровне и не позволяет аргументированно, на основе добротного фактического материала, определиться в решении ряда важнейших вопросов его строения и природы трещиноватости. Иными словами, возможности геологического подхода к изучению месторождения пока что не исчерпаны и важно сохранять и учитывать весь накопленный к настоящему времени фактический материал.

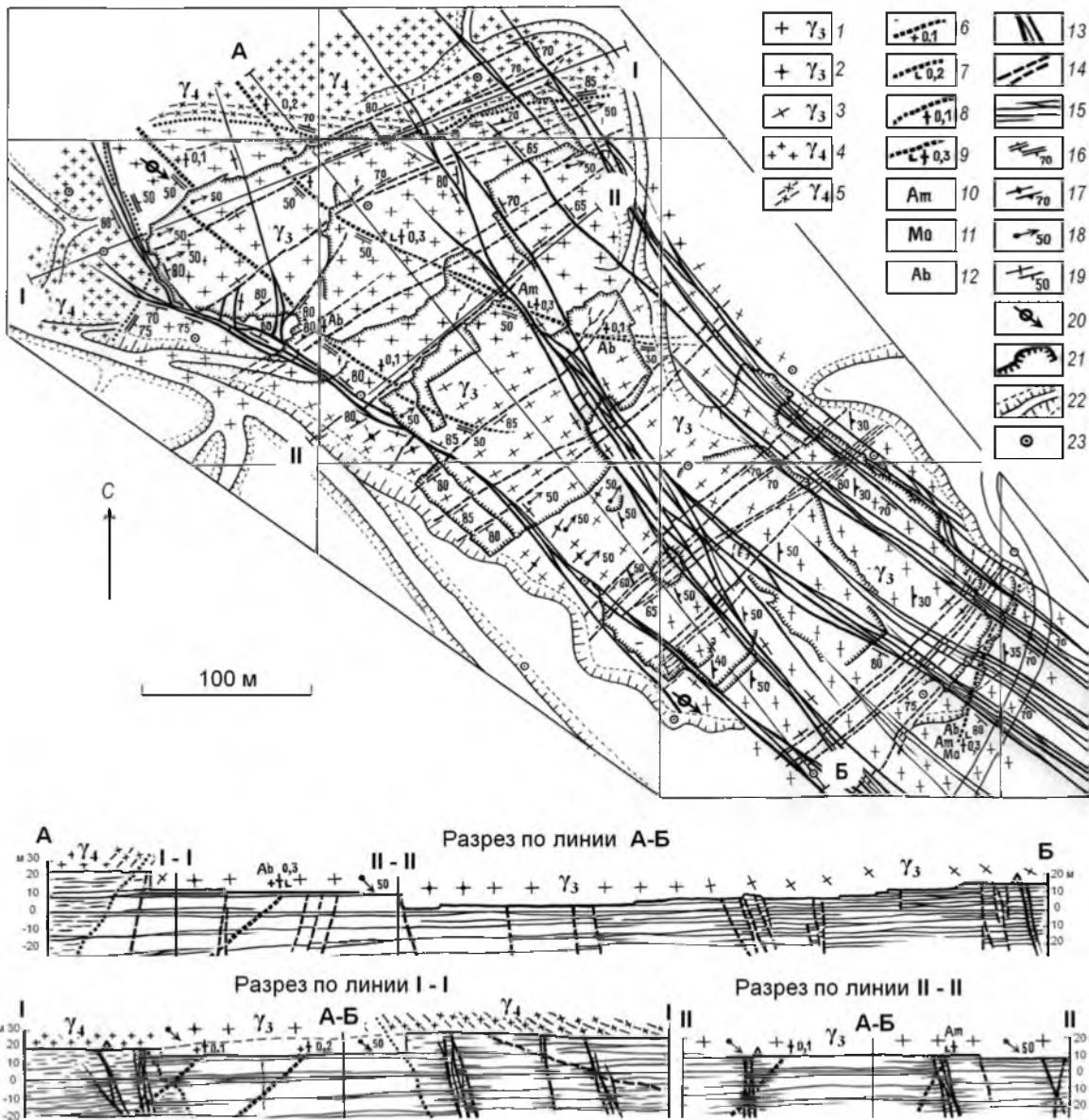


Рис.1. Схема геологического строения центральной части месторождения «Возрождение»  
(по материалам геологического картирования в масштабе 1:2000 [3])

1-3 – граниты рапакивидные с порфировидной основной массой, «серые» (1 – массивной текстуры, 2 – линейной текстуры, 3 – трахитоидной текстуры); 4, 5 – граниты рапакивидные с аплитовой основной массой, «розовые» (4 – массивной текстуры, 5 – полосчатой и шлировой текстуры); 6-9 – жильные тела с указанием мощности в метрах (6 – аплиты, 7 – пегматиты графической структуры; 8 – пегматиты пегматоидной структуры; 9 – пегматиты с сочетанием графической и пегматоидной структур); 10-12 – характерные минералогические особенности пегматитов (10 – с амазонитом, 11 – с молибденитом, 12 – с альбитом и морионом в пустотах выщелачивания); 13-15 – положение разновозрастных трещин (13 – трещины I возрастной группы, контролирующие проявления в гранитах низкотемпературного кислотного метасоматоза, повторно раскрытые в период образования трещин II возрастной группы; 14 – крутопадающие трещины II возрастной группы; 15 – субгоризонтальные трещины II возрастной группы); 16-19 – ориентировка структурных элементов (16 – контактов пород, 17 – плоскости трахитоидности гранитов, 18 – направления линейности гранитов, 19 – ориентировка трещин); 20 – направление ледниковой штриховки на скальной поверхности; 21 – борта карьера (по состоянию на 01.06.1998 г.); 22 – подъездные пути и откосы; 23 – разведочные скважины

В связи с этим представляется важным рассмотреть результаты детального геологического картирования месторождения, проведенного по традиционной («классической») методике в масштабе 1:2000 в 1998 г. [3]. Графические материалы в обобщенном виде представлены на рис. 1, 2.

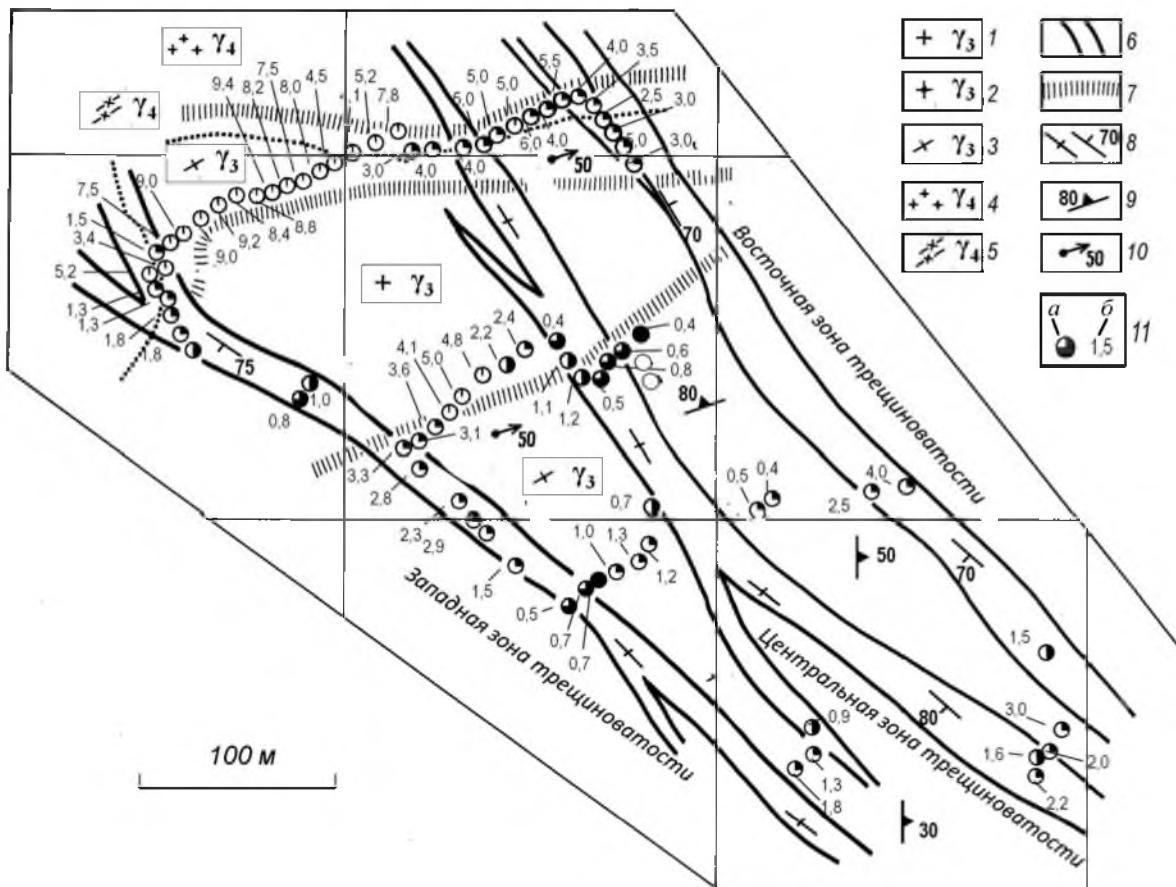


Рис.2. Геолого-структурная схема центральной части месторождения «Возрождение»)

1-3 – поля гранитов рапакивидных с порфировидной основной массой, «серых» (1 – массивной текстуры, 2 – линейной текстуры, 3 – трахитоидной текстуры); 4-5 – поля гранитов рапакивидных с аплитовой основной массой, «розовых» (4 – массивной текстуры, 5 – полосчатой и шлировой текстуры); 6 – зоны повышенной концентрации трещин I возрастной группы, контролирующие проявления в гранитах низкотемпературного кислотного метасоматоза, повторно раскрытые в период образования трещин II возрастной группы; 7 – области перехода гранитов одних текстур в граниты других текстур; 8-10 – ориентировка структурных элементов (8 – преобладающих трещин в зонах их повышенной концентрации, 9 – плоскости трахитоидности гранитов, 10 – направления линейности гранитов); 11 – графическое отображение частоты субгоризонтальных трещин в вертикальном разрезе: а – среднее число трещин, приходящихся на 1 м разреза ( $\odot$  – менее 1;  $\odot$  – 1;  $\odot$  – 2;  $\odot$  – 3;  $\odot$  – 4 трещины и более); б – цифрой указана наибольшая мощность монолита, заключенного между субгоризонтальными трещинами, в метрах

Месторождение представляет собой выходы на поверхность *серых* рапакивидных гранитов с крупнокристаллической порфировидной основной массой, относящихся к 3-й фазе Выборгского массива гранитов-рапакиви верхнерифейского возраста [1, 2]. Именно они представляют собой основную ценность месторождения и как блочный камень являются главным предметом разработки. В северной части карьера серые граниты контактируют с менее распространенными породами более поздней 4-й фазы Выборгского массива – *розовыми* рапакивидными гранитами с мелкокристаллической аплитовидной основной массой. Эти породы отличаются повышенной трещиноватостью, более «капризны» при раскалывании и как блочный камень представляют меньший практический интерес. Севернее 150 м от вскрытой части месторождения их выходы обрываются контактом с овощными рапакиви 2-й (основной) фазы Выборгского массива – выборгитами. Жильные образования представлены крутопадающими на запад субмеридиональными дайками мелкокристаллических гранит-аплитов и телами редкометалльных (амазонитовых) пегматитов, про-

странственно большей частью сопряженными с гранит-аплитами в сложных и неоднозначно трактуемых генетических взаимоотношениях [4].

Несмотря на хорошую обнаженность однозначно подтвердить более позднее образование розовых гранитов по отношению к серым не представляется возможным. Вблизи контакта они переслаиваются, в тех и других видны одноплановые текстуры течения и поэтому однозначно интерпретировать секущий характер контакта этих пород для вывода об их возрастном взаимоотношении невозможно. По-видимому, в зоне контакта пород имело место смешение расплавов или пластическое течение пород на этапе кристаллизации. Трахитоидность и линейность в серых гранитах выражены в закономерной ориентировке кристаллов калиево-натриевых полевых шпатов основной массы породы – уплощения по {010} и удлинения по [001] соответственно. В розовых гранитах признаки течения выражены шлировой текстурой и полосчатостью. И такие текстуры позволяют установить субширотное простирации контакта этих пород (с падением на север под углом 70°), а также направление течения пород в плоскости контакта по линии, наклоненной под углом 50° на восток.

Изучение текстур показало, что северная наиболее продуктивная часть месторождения представляет собой область выходов на поверхность серых гранитов массивного сложения. С северной стороны эта область ограничена контактом с розовыми гранитами, вдоль которого, как уже отмечено, развиты текстуры течения. К югу она переходит в поле серых гранитов трахитоидной текстуры, плоскостные и линейные элементы которых ориентированы с наклоном на восток под углом порядка 50°, а в самой южной части карьера выполняются до 30°. По мере выполаживания трахитоидность в породе наблюдается все более отчетливо. Все это указывает на изменение формы залегания пород: в северной части месторождения серые граниты, вероятно, слагают крутопадающую массивную часть интрузива, переходящую к югу в другую пологоориентированную и менее мощную его часть, в которой создавались более благоприятные условия для возникновения текстур течения.

*Полости выщелачивания* существенно не влияют на общее состояние монолитности пород центральной части месторождения. Они локально развиты преимущественно в пегматитах и обнаруживаются в их приконтактовых зонах (рис.3, а), в местах выклинивания кварцевых ядер (рис.3, б), в осевых частях пегматоидных зон, где кварцевое ядро оказалось большей частью или полностью растворенным (рис.3, в). Полости возникли на заключительном этапе развития пегматитового процесса и способ их образования и щелочной характер растворов устанавливается по явным признакам избирательного растворения кварца. По ряду признаков вместе с кварцем растворялся флюорит ранней генерации, а устойчивость к растворению сохраняли турмалин (шерл) и биотит. В микроклине частично растворялась только калиевая фаза, альбитовая фаза перититов сохранялась. Так что кристаллы микроклина в целом сохранили первоначальную идиоморфную форму на стенках полостей, образовавшихся за счет растворения участков кварцевого ядра (рис.4). Процесс выщелачивания сменился кристаллизацией кварца (мориона), индивиды ко-

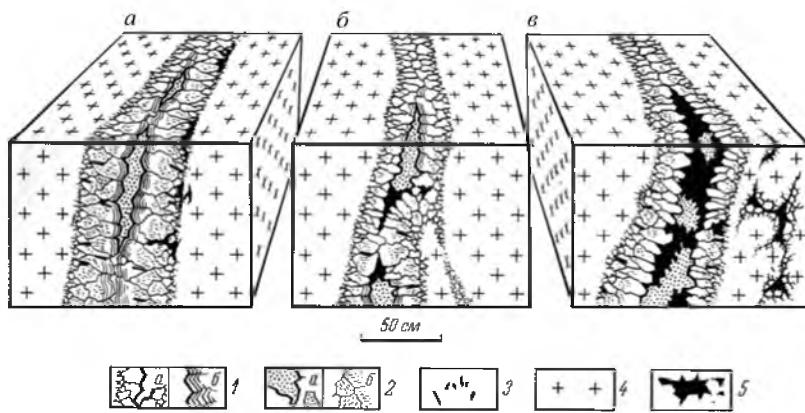


Рис.3. Положение полостей в пегматитовых тела (блок-схемы)

1 – полевые шпаты ( $\alpha$  – микроклин, олигоклаз,  $\beta$  – амазонит); 2 – кварц ( $\alpha$  – зернистые агрегаты,  $\beta$  – письменные вrostки в полевых шпатах); 3 – биотит; 4 – гранит рапакивидный; 5 – полости

чивость к растворению сохраняли турмалин (шерл) и биотит. В микроклине частично растворялась только калиевая фаза, альбитовая фаза перититов сохранялась. Так что кристаллы микроклина в целом сохранили первоначальную идиоморфную форму на стенках полостей, образовавшихся за счет растворения участков кварцевого ядра (рис.4). Процесс выщелачивания сменился кристаллизацией кварца (мориона), индивиды ко-

торого ориентированно зарождались на кварце, сохранившемся при образовании полостей. Кристаллизация мориона сменялась кристаллизацией альбита (клевеландита) и флюорита поздней генерации (рис.4).

На тех участках пегматитовых жил, где процессы выщелачивания проявились в наибольшей степени, происходило полное или частичное обесцвечивание амазонита по зонам деформаций, в которых кристаллы под действием растворов претерпевали конституционные изменения, подобные ранее описанным [7] (рис.5).

*Треугольники I возрастной группы* – крутопадающие, северо-западного простирания ( $320\text{--}330^\circ$ ) и протяженностью до сотен метров, рассекают с незначительным смещением как серые, так и розовые граниты вместе с аплитовыми дайками и пегматитами. Они протягиваются через всю вскрытую часть месторождения и концентрируются в пределах трех полос северо-западного простирания – западной, центральной и восточной зон повышенной трещиноватости (см. рис.1, 2, 6). Нарушения такого плана отмечаются в карьере западного участка месторождения, характерны для районов Выборга, Приозерска, наблюдаются на месторождениях Эркеля, Гаврилово и в региональном плане, по-видимому, фиксируют положение протяженных тектонических зон.

Первичные деформации пород в пределах указанных зон трещиноватости устанавливаются по тонким (1–5 мм) кварцевым прожилкам, которые сопровождаются ореолами метасоматического изменения пород. В наиболее мощных (до 5 см) прожилках сохранились пустоты с кристалликами горного хрусталя. Ореолы измененных пород характеризуются следующей метасоматической зональностью: кварц (в осевой части метасоматической зоны) – кварц + серицит (преимущественно по олигоклазу, биотит отсутствует) – хлорит + эпидот (по биотиту и олигоклазу) – минералы пелитового агрегата (по калишпату и олигоклазу) + дисперсные агрегаты гидроксидов железа (преимущественно по полевым шпатам в окружении биотита). Мощность внутренних подразделений таких ореолов колеблется от 1–5 см до 1 м, внешние прослеживаются до 10 м и более, что сказывается на цвете гранитов –

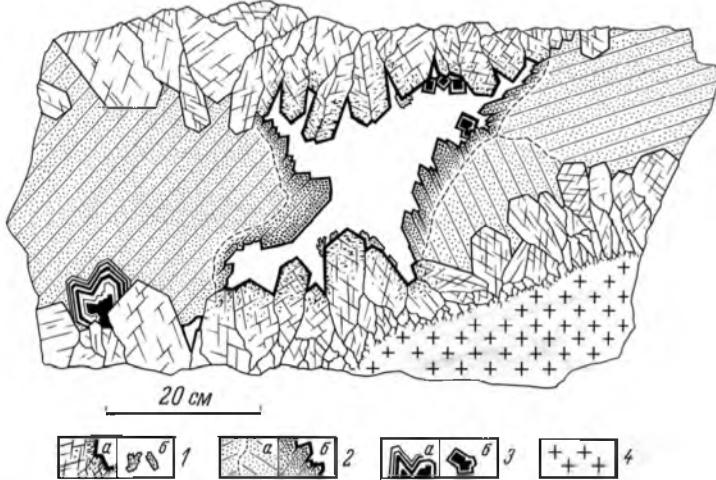


Рис.4. Зарисовка полости, образовавшейся в пегматитовом теле при растворении кварцевого ядра с последующей кристаллизацией кварца (мориона), альбита и флюорита

1 – полевые шпаты (а – микроклин с трещинами по спайности и микропористостью, образовавшейся при частичном растворении калиевой фазы перитита, б – альбит-клевеландит); 2 – кварц (а – кристаллы, составляющие кварцевое ядро пегматитового тела, б – кристаллы мориона); 3 – флюорит (а – ранней генерации, б – поздней генерации); 4 – гранит рапакивидный

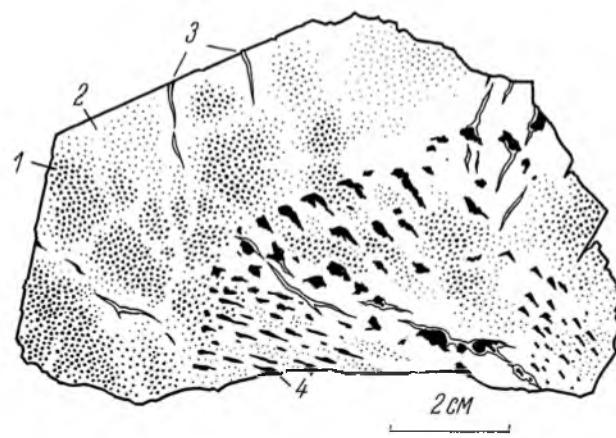


Рис.5. Зарисовка обломка кристалла калиево-натриевого полевого шпата из пегматитов с письменными вростками кварца (1), участками зеленой амазонитовой окраски (2), зонами преобразования с осветлением амазонитовой окраски (3) и прожилками кварца (4)

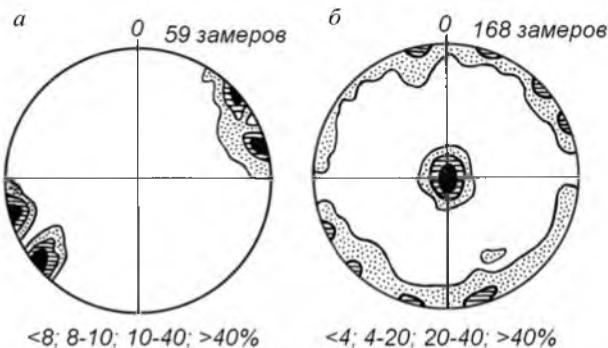


Рис.6. Стереографические проекции ориентировки трещин в гранитах месторождения «Возрождение»: а – трещины I возрастной группы; б – трещины II возрастной группы

венно наследует положение минерализованных трещин данной возрастной группы.

*Трещины II возрастной группы* – соответствуют трем системам ориентировки: а) круто-падающие северо-западного простирания ( $320\text{--}330^\circ$ ), представляющие собой протяженные срывы более ранних минерализованных трещин I возрастной группы в пределах трех выделенных зон повышенной трещиноватости (II-а); б) крутопадающие северо-восточного простирания ( $50\text{--}60^\circ$ ), рассекающие с шагом порядка 40-60 м блоки пород, заключенные между нарушениями северо-западного простирания, (II-б); в) субгоризонтальные, смыкающиеся с трещинами первых двух систем ориентировки и разделяющие блоки пород на пласти мощностью от 0,5 до 10 м (II-в) (см. рис.1, 2, 6).

Смещения стенок и зеркала скольжения характерны лишь для трещин II-а, что указывает на их преимущественно сколовый характер. Трещины II-б и II-в в большинстве случаев обрываются на трещинах северо-западного простирания, редко их пересекают и являются, по-видимому, преимущественно отрывными.

Трещины II возрастной группы всех трех систем ориентировки не сопровождаются существенными проявлениями наложенной минерализации. На отдельных участках они приоткрыты, нередко заполнены гипергенными агрегатами бурого железняка, кальцита и глинистого вещества. На их поверхности можно наблюдать лишь коррозионное замещение олигоклаза агрегатом глинистых минералов, а также преобразование биотита в гидробиотит.

Трещины II возрастной группы трех указанных направлений в совокупности составляют единую систему нарушений сплошности пород. Они определяют форму и размеры монолитных блоков. В этой системе трещины II-а, судя по развитию в них зеркал скольжения, играли ведущую роль в создании напряженного состояния массива и разделению пород, заключенных между ними, трещинами II-б. Вопрос о структурной позиции в этой системе субгоризонтальных трещин II-в, имеющий особое значение для оценки состояния нижних горизонтов месторождения, потребовал проведения специальных исследований.

С этой целью в 80 точках внешних и внутренних уступов главного карьера было определено число субгоризонтальных трещин, приходящихся на единицу вертикальной мощности вскрытой части гранитного массива. Оказалось, субгоризонтальные трещины в разрезе, чередующиеся примерно через равные расстояния («шаг»), пространственно тяготеют к круто-падающим зонам трещиноватости северо-западного простирания – трещинам II-а: по приближению к таким зонам частота трещин II-в в разрезе возрастает, а максимальная мощность монолитных блоков, заключенных между ними, соответственно, уменьшается. Установлены случаи S-образного отщепления субгоризонтальных трещин от вертикальных. Подобной закономерной связи трещин II-в с трещинами II-б не установлено.

усилении розового оттенка. Все эти минералогические особенности метасоматического изменения гранитов вполне соответствуют признакам аргиллизитовой минеральной ассоциации, характерной для проявлений в гранитоидах низкотемпературного кислотного метасоматоза [5].

Открытая трещиноватость северо-западного плана, наблюдаемая в пределах трех выделенных зон, не сопровождается таким проявлением метасоматоза, обусловлена более поздними подвижками и в основном пространственном наследует положение минерализованных трещин данной возрастной группы.

*Трещины II возрастной группы* – соответствуют трем системам ориентировки: а) круто-падающие северо-западного простирания ( $320\text{--}330^\circ$ ), представляющие собой протяженные срывы более ранних минерализованных трещин I возрастной группы в пределах трех выделенных зон повышенной трещиноватости (II-а); б) крутопадающие северо-восточного простирания ( $50\text{--}60^\circ$ ), рассекающие с шагом порядка 40-60 м блоки пород, заключенные между нарушениями северо-западного простирания, (II-б); в) субгоризонтальные, смыкающиеся с трещинами первых двух систем ориентировки и разделяющие блоки пород на пласти мощностью от 0,5 до 10 м (II-в) (см. рис.1, 2, 6).

Смещения стенок и зеркала скольжения характерны лишь для трещин II-а, что указывает на их преимущественно сколовый характер. Трещины II-б и II-в в большинстве случаев обрываются на трещинах северо-западного простирания, редко их пересекают и являются, по-видимому, преимущественно отрывными.

Трещины II возрастной группы всех трех систем ориентировки не сопровождаются существенными проявлениями наложенной минерализации. На отдельных участках они приоткрыты, нередко заполнены гипергенными агрегатами бурого железняка, кальцита и глинистого вещества. На их поверхности можно наблюдать лишь коррозионное замещение олигоклаза агрегатом глинистых минералов, а также преобразование биотита в гидробиотит.

Трещины II возрастной группы трех указанных направлений в совокупности составляют единую систему нарушений сплошности пород. Они определяют форму и размеры монолитных блоков. В этой системе трещины II-а, судя по развитию в них зеркал скольжения, играли ведущую роль в создании напряженного состояния массива и разделению пород, заключенных между ними, трещинами II-б. Вопрос о структурной позиции в этой системе субгоризонтальных трещин II-в, имеющий особое значение для оценки состояния нижних горизонтов месторождения, потребовал проведения специальных исследований.

С этой целью в 80 точках внешних и внутренних уступов главного карьера было определено число субгоризонтальных трещин, приходящихся на единицу вертикальной мощности вскрытой части гранитного массива. Оказалось, субгоризонтальные трещины в разрезе, чередующиеся примерно через равные расстояния («шаг»), пространственно тяготеют к круто-падающим зонам трещиноватости северо-западного простирания – трещинам II-а: по приближению к таким зонам частота трещин II-в в разрезе возрастает, а максимальная мощность монолитных блоков, заключенных между ними, соответственно, уменьшается. Установлены случаи S-образного отщепления субгоризонтальных трещин от вертикальных. Подобной закономерной связи трещин II-в с трещинами II-б не установлено.

Данная закономерность проявлена в масштабе всего месторождения, где и в настоящее время ведется разработка серых порфировидных гранитов-рапакиви. В южной части месторождения, где все три зоны повышенной трещиноватости северо-западного простирания сближаются и ветвятся, плотность субгоризонтальных трещин в заключенных между ними блоках пород возрастает (наибольшее расстояние – «шаг» – между трещинами 2-3 м). В северной части по мере расхождения северо-западных зон, наоборот, расстояние между субгоризонтальными трещинами возрастает до 8-9 м. Кстати, такая же закономерность в частоте чередования отмечается и в отношении трещин *II-б*.

Розовые порфировидные граниты-рапакиви отличаются своеобразием в отношении субгоризонтальной трещиноватости. Наряду с протяженными субгоризонтальными трещинами, разделяющими их на пласти, граниты-рапакиви, в отличие от серых гранитов, во всем объеме разбиты также небольшими по протяженности (0,2-0,5 м) субгоризонтальными трещинами, большая часть которых выявляется только при раскальвании. Связать возникновение такой отдельности с процессами, обусловившими образование трещин *II-а* и *II-б*, затруднительно.

Закономерная пространственная связь субгоризонтальных трещин с крутопадающими тектоническими зонами трещин *II-а*, безусловно, указывает на определенную связь их с неотектоническими процессами, проявившимися в регионе. Но как при этом объяснить отсутствие каких-либо смещений по ним, выдержанность ориентировки на больших площадях, а также S-образные отщепления от трещин *II-а*? К тому же хорошо известно, что системы горизонтальных трещин являются региональной особенностью как магматических, так и метаморфических пород кристаллического фундамента всего Карельского перешейка.

В качестве наиболее вероятных следует указать причины, обуславливающие известное явление субгоризонтального растрескивания (отдельность) пород, вызванное гравитационной разгрузкой в процессе их подъема к поверхности и сноса вышележащих пород [6]. Признаком этих явлений является не только выдержанность субгоризонтальной ориентировки отрывных трещин отдельности на больших площадях, но и зависимость их протяженности и удельной частоты в разрезе (числа трещин на единицу мощности разреза) от характеристик пород, определяющих их физико-механические свойства. В нашем случае реально наблюдаемые явления и установленные закономерности вполне соответствуют этим признакам: ориентировка субгоризонтальных трещин устойчива, а удельная плотность трещиноватости определенно зависит от структурно-текстурных характеристик пород. Для доказательства достаточно сравнить трещиноватость в серых и розовых гранитах. Частота чередования таких трещин в разрезе («шаг») зависела от параметров монолитных блоков, которые, в свою очередь, были обусловлены положением крутопадающих тектонически активных зон северо-западного простирания с оперяющим трещинным обрамлением – трещинами *II-а* и *II-б*.

Предположение о связи субгоризонтальной трещиноватости, с одной стороны, с крутопадающими зонами тектонических нарушений, а с другой – с явлением гравитационной разгрузки пород указывает на ее полигенность. По-видимому, гравитационные явления явились главной причиной возникновения субгоризонтальных трещин. Не исключено, что определенную роль при этом играло явление изостазии в связи с ледниковым фактором, признаки которого на месторождении известны (см. рис.1). Очевидно, что форма массива определенно сказалась на положении в нем активных тектонических зон, а те, в свою очередь, определили сеть крутопадающих трещин, в зависимости от которых оказались субгоризонтальные трещины отдельности, выделяющиеся в сети трещиноватости пород в особую генетическую группу.

## **Выводы**

Уникальная сохранность гранитов на месторождении обусловлена редким сочетанием обстоятельств его геологической истории. Во-первых, граниты и пегматиты в основной своей массе здесь претерпели лишь локальные и большей частью незначительные по интенсивности посткристаллизационные изменения и, благодаря сохранности первичного состава и структуры, не утратили высокие прочностные свойства. Во-вторых, на сохранность пород от тектонического воздействия повлияла форма залегания самого массива. Уходящая на глубину и, вероятно, секущая часть массива, составляющая северный фланг месторождения, в системе тектонических напряжений проявляла себя как относительно жесткий блок, наиболее устойчивый к разрушению. В-третьих, тектонические деформации регионально проявленного северо-западного плана и связанные с ними незначительные низкотемпературные метасоматические изменения пород на участке месторождения проявились в виде всего лишь трех пространственно разобщенных зон трещиноватости, что определило высокую сохранность заключенных между ними блоков пород и локальность развития процессов низкотемпературного гидротермального преобразования. В-четвертых, более поздние тектонические срывы по указанным тектоническим зонам привели к разрушению заключенных между ними блоков пород по сериям поперечных лестнично расположенных крутопадающих трещин, а также к субгоризонтальным разрывам пород – отдельности, обусловленной, вероятно, не столько тектоническими причинами, сколько гравитационной разгрузкой массива в процессе эрозии пород и действия ледника.

Независимо от высказанных суждений, приведенный фактический материал: минералогические данные, структурно-тектонические построения и выявленные эмпирические закономерности в распределении трещин, – может служить целям прогнозирования при производстве горных работ, а также быть методической основой для дальнейших геологических исследований как на данном объекте, так и на других месторождениях блочного камня.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Анортозит-рапакивигранитная формация: Восточно-Европейская платформа / Под ред. Д.А.Великославинского, Ф.П.Митрофанова; Институт геологии и геохронологии докембра, Академия наук СССР. Л., 1978. 296 с.
2. Великославинский Д.А. Петрология Выборгского массива рапакиви // Труды Лаборатории геологии докембра АН СССР. М.- Л., 1953. Вып.3. 142 с.
3. Иванов М.А. Методика прогнозирования трещиноватости пород уникального месторождения блочных и облицовочных гранитов «Возрождение» (Ленинградская область) // Минералогия месторождений камнесамоцветного и поделочного сырья: Тезисы докладов годичного собрания Минералогического общества при РАН, Санкт-Петербург, 22-24 мая 1996 г. СПб, 1996. С.69-70.
4. Иванов В.С. Первая находка амазонита в пегматитах Выборгского массива гранитов рапакиви / В.С.Иванов, А.Я.Вохменцев // Доклады АН СССР. 1989. Т.307. № 3. С.707-710.
5. Плющев Е.В. Металлогенез гидротермально-метасоматических образований / Е.В.Плющев, В.В.Шатов, С.В.Кашин / СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2012. 560 с. (Труды ВСЕГЕИ. Новая серия. Т.354).
6. Рамберг Х. Сила тяжести и деформации в земной коре. М.: Недра, 1985. 399 с.
7. Руденко С.А. Метаморфизм минералов – важное явление в истории их формирования / С.А.Руденко, М.А.Иванов, В.А.Романов // Записки Всесоюзного минералогического общества. 1978. Ч.107. Вып.6. С.697-710.

## **REFERENCES**

1. Anorthosit-rapakivigranitnaja formacija: Vostochno-Evropejskaja platforma (*Anorthosite-rapakivi granite formation: the East-European platform*). Ed. by D.A. Velikoslavinskij, F.P.Mitrofanov; Institut geologii i geohronologii dokembrija, Akademija nauk SSSR. Leningrad, 1978, p.296.
2. *Velikoslavinskij D.A. Petrologija Vyborgskogo massiva rapakivi (Petrology of the Vyborg rapakivi massif)*. Trudy Laboratorii geologii dokembrija AN SSSR, Moscow – Leningrad, 1953. Iss.3, p.142.

3. Ivanov M.A. Metodika prognozirovaniya treshchinovatosti porod unikal'nogo mestorozhdenija blochnyh i oblicovochnyh granitov «Vozrozhdenie» (Leningradskaja oblast') (*Methods of forecasting rock fracturing of granite blocks and facing blocks in the unique «Vozrozhdenie» deposit (the Leningrad region)*). Mineralogija mestorozhdenij kamnesamocvet-nogo i podelochnogo syr'ja: Tezisy dokladov godichnogo sobraniya Mineralogicheskogo obshchestva pri RAN, St Petersburg, 22-24 maja 1996 g. St Petersburg, 1996, p.69-70.

4. Ivanov V.S., Vohmencev A.Ja. Pervaja nahodka amazonita v pegmatitah Vyborgskogo massiva granitov rapakivi (*The first finding of amazonite in pegmatites of the Vyborg rapakivi granite massif*). Doklady AN SSSR. 1989. Vol.307. N 3, p.707-710.

5. Pljushev E.V., Shatov V.V., Kashin S.V. Metallogenija gidrotermal'no-metasomaticeskih obrazovanij (*Metallogeny of hydrothermal-metasomatic formations*). St Petersburg: Izd-vo VSEGEI, 2012. p.560. (Trudy VSEGEI. Novaja serija. Vol.354).

6. Ramberg H. Sila tjazhesti i deformacii v zemnoj kore (*Gravity and deformation in the Earth's crust*). Moscow: Nendra, 1985, p.399.

7. Rudenko S.A., Ivanov M.A., Romanov V.A. Metamorfizm mineralov – vazhnoe javlenie v istorii ih formirovaniya (*Metamorphism of minerals is an important phenomenon in the history of their formation*). Zapiski Vsesoyuznogo mineralogicheskogo obshchestva. 1978. Part 107. Iss.6, p.697-710.

---

---

## MINERALOGICAL CHARACTERISTICS AND SPATIAL DISTRIBUTION OF DIFFERENT AGE FRACTURES IN GRANITES AND PEGMATITES OF THE «VOZROZHDENIE» DEPOSIT («KAWANTSAAARI»), THE VYBORG MASSIF

**M.A.IVANOV**, Dr. of Geological and Mineral Sciences, Head of Department, *ivan@spmi.ru*  
National Mineral Resources University (Mining University), St Petersburg, Russia

The unique size of monolithic blocks of granite in the «Vozrozhdenie» deposit («Kawantsaari») is due to the stability of these rocks in the steeply dipping and probably crosscutting part of the massif, where the rocks have retained their massive texture and have been least modified at the stage of formation of rare-metal pegmatites. The shape and size of monolithic blocks are determined by the pattern of disturbances, in the formation of which the leading role belongs to three steeply dipping zones of tectonic fractures of the North-West strike with the haloes of changes in the conditions of low-temperature acidic metasomatism. Later tectonic disruptions in these zones led to the destruction of rock blocks between them within a series of transverse fractures and to subhorizontal discontinuities of rocks caused probably by gravitational unloading of the massif and glacier action. The distribution of fractures in all directions is characterized by equal spacing («step»).

**Key words:** the Vyborg rapakivi massif, monolithic blocks of granite, pegmatites, types of fractures, patterns of fracture distribution, fracture prediction.