ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(СПбГУ)
Институт наук о Земле
кафедра геологии месторождений полезных ископаемых

Мельникова Валерия Александровна

Особенности технологической оценки гранатового сырья

Магистерская диссертация
по направлению 05.04.01 "Геология"

«К ЗАЩИТЕ»
Научный руководитель:
к.г.-м.н.
доц. Петров С. В.

_____
«__»_____2016

Зав. кафедрой:
к.г.-м.н.
доц. Алексеев И. А.

_____
«__»_____2016

Санкт-Петербург
2016 г.

Оглавление

Введение.....3
1. Абразивное гранатовое сырье (литературный обзор).....4
1.1. Зачем нужен гранат.....4
1.2. Мировые компании по добыче гранатового сырья.....5
1.3. Месторождения граната.....8
1.4. Геология Лапландского гранулитового пояса.....13
1.5. Четвертичные отложения.....21
2. Физико-географическая и ландшафтная характеристика района исследования.....23
3. Особенности геологического строения района исследования.....28
3.1. Геологические строение.....28
3.2. Стратиграфия.....31
3.3. Тектоника.....35
3.4. Полезные ископаемые.....37
3.4. Район участка Явр.....39
4. Технические требования к гранатовому абразивному сырью.....42
5. Результаты исследования.....45
5.1. Гранулометрические характеристики песков.....45
5.2. Результаты магнитного фракционирования классов крупности песков.....46
5.3. Содержание граната во фракциях крупности песков.....48
5.4. Содержание граната в пробах гранатсодержащих песков.....53
5.5. Попутные компоненты в пробах песков.....53
5.6. Технологические свойства гранатсодержащих песков.....54
5.7. Состав гранатовых фракций.....60
5.8. Исследование коренных пород Лапландского гранулитового комплекса.....61
Заключение.....74
Список литературы.....75

Введение

В настоящее время гранатовое абразивное сырье востребовано в различных областях, от промышленности до строительства. Потребность в гранатовом сырье растет год от года. На российский рынок сырье поступает в основном из Австралии и Индии. В данной работе будет рассмотрено месторождение реки Явр (Мурманская область), как альтернатива зарубежному сырью.

Цель работы:

Определение возможности получения гранатовых концентратов для абразивных нужд из четвертичных отложений долины реки Явр (Мурманская область).

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучение геологического строения долины реки Явр, с определением геоморфологических особенностей.
2. Отбор проб четвертичных отложений на террасах реки Явр.
3. Исследование вещественного состава песков.
4. Исследование свойств и состава минералов, слагающих тяжелую фракцию песков.
5. Проведение технологических тестов, направленных на получение концентратов, требуемого качества.

1. Абразивное гранатовое сырье (литературный обзор)

1.1. Зачем нужен гранат

Прозрачные разновидности некоторых гранатов относятся к драгоценным (пироп, альмандин, демантоид, цаворит). Уваровит, не смотря на сочно-зелёный цвет и высокую твёрдость, в ювелирном деле не применяется, так как никогда не даёт достаточно крупных кристаллов, которые можно было бы огранить. Пиропы и альмандины известны и ценимы с глубокой древности. В наши дни гранаты добываются всё чаще специально как декоративно-коллекционный материал в виде эффектных кристаллов, друз и кристаллических щёток. (http://mindraw.web.ru/mineral2.htm)

Гранатовый абразивный песок (Garnet) - это химически неактивный, гомогенный, неметаллический природный минерал, состоит из гранул граната Альмандина, является крайне жестким и тяжелым абразивом с плотностью примерно 4,1-4,3 г/см3. Гранатовый песок не является канцерогенным и не токсичен, однако, являясь природным минералом может иметь различный уровень радиоактивности от 1 до 4 группы включительно. (http://www.watermash.ru)

Кубические кристаллы граната имеют угловато-округлую форму грануляции. Из-за большой твердости (7 - 8 Моос), связанной с их кристаллическим строением, обеспечивается высокое сопротивление к разрушению. Поэтому гранатовый песок разных фракций используют в качестве абразива во многих областях промышленности.

Области применения гранатовых абразивных песков:

- Очистка поверхностей оборудования, сооружений (в том числе. от радиоактивного загрязнения) и материалов струйными агрегатами (в 5-7 раз эффективней кварца, в 2-3,5 раза уменьшается расход материала по сравнению с кварцем, более равномерная обработка поверхностей с увеличением скорости обработки от 1,7 до 5 раз).
- «Тонкая» очистка сточных и питьевых вод, вина от механических примесей. Гранат обладает более высокой степенью смачиваемости и фильтрацией по сравнению с кварцем.
- Очистка масел и нефтепродуктов (идеальный фильтр).
- Гидроабразивная резка различных материалов (бетон, метал, камень, стекло) под большим давлением (4000 атм) с помощью воды и гранатового абразивного песка, с минимальной толщиной распила до 1 мм при толщине материала до 120 мм.

- Традиционные абразивы - наждачно-шлифовальная бумага, абразивные круги, бруски и т.п.
- Щадящие абразивы и пасты для шлифовки и полировки точной оптики, зеркал, кожи, бумаги, ценных пород дерева и т.д.
- Инертный наполнитель, композит при работе с керамикой, электрокерамикой, художественная керамикой.
- Нефтяная промышленность (повышение нефтеотдачи нефтяных пластов на 15-20 %, очистка отложений, смол и парафинов на магистральных нефтепроводах).
- Точное литье (увеличение количества отливок в 20-40 раз по сравнению с кварцевым субстратом).

Гранатовый абразивный песок (garnet) фракции Mesh80 (180микрон) используется в основном при работе станков и оборудования гидроабразивной резки. (http://www.watermash.ru)

1.2. Мировые компании по добыче гранатового сырья

Мировые ресурсы технического граната большие, минерал встречается в самых разнообразных породах и геологических обстановках. Из граната состоят, в частности, некоторые разновидности гнейсов и сланцев, здесь это породообразующий минерал.

Гранат формируется в контактовых метаморфических месторождениях (скарнах), пегматитах, серпентинитах и жильных месторождениях. Кроме того, наиболее значимые и используемые в горном бизнесе – россыпи аллювиального и прибрежно-морского граната, где минерал часто входит в состав комплексных титан-циркониевых месторождений. Эти месторождения встречаются по всему миру.

В 1995 г. в США повысился спрос на гранат, что было связано с принятием в этой стране Акта «О чистой воде». После принятия акта в США гранатами сталт заниматься следующие предприятия:

- Emerald Creek Garnet (ECG) Corporation – один из наиболее крупных производителей граната в Фернвуде Идахо. Разрабатываются гранатовые россыпи Кристалл Пик в Британской Колумбии (Канада). Россыпи представляют собой продукты выветривания гранатсодержащих песчаников. На фабрике производится до 26 тыс. т гранатового концентрата в год.
- Barton Mines Corporation – очень влиятельная компания, осуществляющая политику создания совместных предприятий с зарубежными компаниями, что подчеркивает

импорт из Австралии. Компания разрабатывает коренные гранатовые месторождения, в частности, месторождение Маунтейн. Годовое производство оценивается на уровне 20–25 тыс. т.

- NYCO Minerals Inc получает гранатовый продукт попутно с производством волластонита. Гранат, разрабатываемый этой компанией, относится к андрадиту. Компания известна как крупнейший производитель волластонита. Производство открыто в Вилсборо (штат Нью-Йорк). Годовая производительность по гранату составляет 10–12 тыс. т.
- International Garnet In имеет обогатительную фабрику в Кисевиллэ (штат Нью-Йорк). Половину выпускаемой продукции продает на международном рынке. Ранее была подобная фабрика в Луизиане производительностью 15 тыс. т в год, но проведенные расчеты, связанные с охраной окружающей среды, стали основной причиной закрытия фабрики.
- Patterson Materials Corporation вошла в гранатовый рынок с 1994 г. Гранатовое производство открылось на существующем щебеночном заводе в Уйнгдейл (штат Нью-Йорк). Альмандин стал извлекаться попутно из щебня.
- Затем появились новые производители граната: Cominco Resources International Ltd, Bitteroot Resources Ltd and Stralak Resources Inc – Emerald Isle Resources Inc j-v.
- Тенденция к усилению спроса на гранат на рынке прослеживается на примере результатов новой американской компании Western Garnet International Ltd. Компания добывает и производит гранатовую продукцию в Идахо. По данным, опубликованным в журнале «Industrial Minerals», доход Western Garnet International Ltd от гранатового производства за один квартал составляет $ 2,5-2,8 млн. В 2001 г. эта компания объявила стратегическое партнерство с индийской компанией Beach Mineral Co (крупнейшим производителем промышленного граната в Индии). Между этими компаниями заключено соглашение о том, что Western Garnet International Ltd будет для Beach Mineral Co агентом на рынках Европы и Северной Америки. Western Garnet International Ltd добывает и обогащает гранатовую руду в Идахо (США) и Тамил Наду (Индия). Общие запасы по руде со- ставляют 1,75 млн. т.

Австралийская GMA Garnet Pty Ltd ввела в эксплуатацию новую фабрику по переработке гранатовых песков близ Порт Грегори (Западная Австралия). Компания инвестировала около австралийских $ 4,5 млн. в строительство фабрики с технологической линией мокрой сепарации. Инвестиции GMA рассчитаны на

производительность по переработке 200 тыс. т гранатовых песков ежегодно. GMA является совместной собственностью австралийской компании Hancock &Core Ltd (HGL) и американской компании Barton Mines Corporation.

На Украине существует несколько разведанных месторождений граната, как правило, попутного с другими полезными компонентами. В последние годы проявлен резкий интерес к развитию месторождений гранатовых руд Украины. В первую очередь, это касается Ивановско-Слободского месторождения (самое крупное из известных) в Винницкой области и Завальевского месторождения в Кировоградской области (O'Driscoll, 1997). Гранатовый продукт этих двух объектов испытывался на Запорожском абразивном комбинате. В результате испытаний установлена возможность его использования как пескоструйного продукта, в водоструйной резательной технологии, в производстве шлифовальных шкурок. Интерес проявили иностранные компании, включая ведущую американскую компанию Western Garnet International Ltd. В конечном итоге компания Aurora Pacific Consulting and Development Corp, зарегистрированная в Ванкувере, совместно с Ивановским специализированным карьером создали совместное предприятие j-v Granat Joint-Venture (GJV). При этом собственность GJV следующая – Aurora Pacific Consulting and Development Corp – 49%, Ивановский специализированный карьер – 51%. В дальнейшем в середине 1998 г. американская компания Europa Resources Inc. приобрела 49% акций Aurora Pacific Consulting and Development Corp и 25% акций Ивановского специализированного карьера от общего количества акций j-v Granat Joint-Venture. GJV имеет лицензию сроком на 20 лет, позволяющую добывать и производить абразивный гранат и кварц-полевошпатовый материал на площади 16 км2. Компания имеет собственные строения, коммунальные сооружения, людские ресурсы, горное и дробильно-измельчительное оборудование. Руды Ивановского месторождения являются комплексными: в их состав входит гранат (альмандин), кварц и полевой шпат. Месторождение расположено в 400 км к югу от Киева. С 1965 г. оно разрабатывалось на щебень. Карьер был приватизирован. Производительность щебеночного карьера составила 1,2 млн. т в год. Содержание граната в руде 12–35%, среднее – 27%, запасы оценены в 15 млн. т. Размеры зерен граната от 0,15 до 6 мм, крупность обогащенного граната 0,15–0,4 мм. Опытный завод приобретен в компании Swiss International Abrasives и рассчитан на производство 14 тыс. т гранатовой продукции в год при 98% извлечении граната различной размерности. Потенциальный покупатель – европейские страны. Новый источник граната будет, несомненно, иметь определенное значение на мировом рынке.

Гранатовая продукция Завальевского месторождения периодически поступает на рынок в небольших партиях.

В Чехии имеется небольшое по масштабам гранатовое производство.

Норвежский гранат из гранатсодержащих эклогитов юго-западной части страны попал в поле зрения нескольких компаний и Геологической Службы Норвегии. В эклогитах содержится альмандин-пироповый гранат до 80%, который может стать попутным продуктом при разработке и добыче эклогитов на рутил или на щебень. Компания Novemco AS попросила в концессию месторождение близ Волда (юго-западная Норвегия) и планирует добывать 20 тыс. т ежегодно. (В. В. Щипцов, Л.С. Скамницкая, выпуск 52002)

1.3. Месторождения граната

Среди типов месторождений в наибольшей степени эксплуатируются россыпные объект (прибрежно-морские россыпи), именно они обеспечивают до 85% поставок сырья на международные и внутренние рынки. Остальное количество минерала добывается из коренных месторождений метаморфического и скарнового генезиса.

Технический гранат из прибрежно-морских месторождений является более технологичным вследствие комплексности исходного сырья (попутное извлечение титановых, циркониевых и иных минералов, низкая себестоимость добычи и первичного обогащения) и высокого качества материала (окатанность зерен граната, отсутствие вредных примесей и т.д.). Многочисленные месторождения коренного (горного) граната, распространенные по миру, заключают огромные ресурсы труднообогатимого технического граната, поскольку эти месторождения содержат вместе с гранатом минералы групп амфиболов и пироксенов. Эти минералы являются наиболее трудно удаляемыми из минеральных смесей с гранатом.

Месторождение Hutton (Канада)

Месторождение находится в Канаде, на полуострове Лабрадор. (Рис.1)

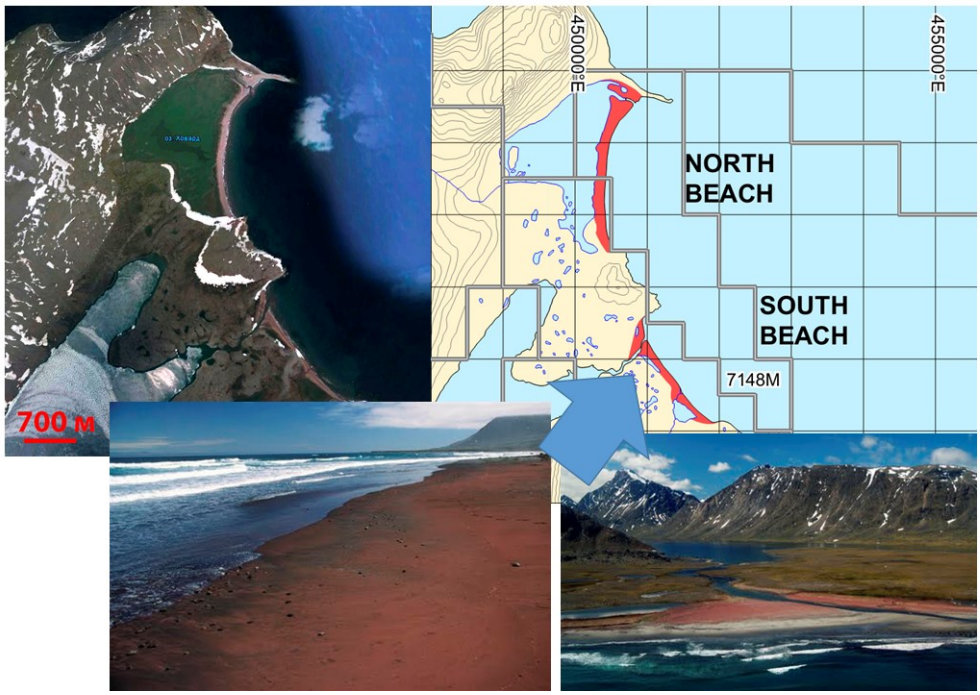


Рис. 1. Схема расположение месторождения Хаттон и вид пляжей

Океанические условия привели к чрезвычайно хорошо отсортированным песчаным отложениям с высокой концентрацией тяжелых минералов. Пляжи имеют горизонтальную стратификацию, песок крупнозернистый. Песок осаждался, скорее всего, под влиянием береговых течений с юго-востока. Основные породы в этом регионе архейские гнейсы, в основном с гранат-клинопироксен-гранулитовой фацией. Гранат является основным породообразующим минералом, скалы содержали до 75 % граната. После схода ледников, гранатсодержащие и тяжелые минералы под воздействием волн накапливались вдоль линии берега, создавая при этом пляжи. Океанические отложения также являются гранат содержащими. Ресурсы Южного пляжа оцениваются как 512,150 тонны граната (при средней мощности около 2 метров, 60% граната, содержание составляет 2,3 т/м^3). Ресурсы на Северном пляже оцениваются как 266,900 тонн гранат (при средней мощности около 2 метров, 25% граната, 1,8 т/м^3). Морские ресурсы оцениваются в 348,750 тонн граната. (при мощности около 1 метра, длина шельфа около 500 метров, содержание 1,8 т/м^3). Разновидности гранатов представлены серией альмандин-пироп. Гранат Hutton в основном бледно-розового до оранжевого альмандин ($Fe_3Al_2Si_3O_{12}$) и состоящий из 28,6% Fe_2O_3, 21,5% Al_2O_3, 8,06% MgO и 4,90% CaO. (Zdenek D. Hora, 2004)

Governor Broome (Австралия)

Месторождение Governor Broome находится в юго-восточной части Западной Австралии.

Рис.2. Расположение месторождения Governor Broome

Месторождение минеральных песков Governor Broome, а также другие месторождения представлены на геологической карте. (Рис.3) (https://www.aro.com.au)

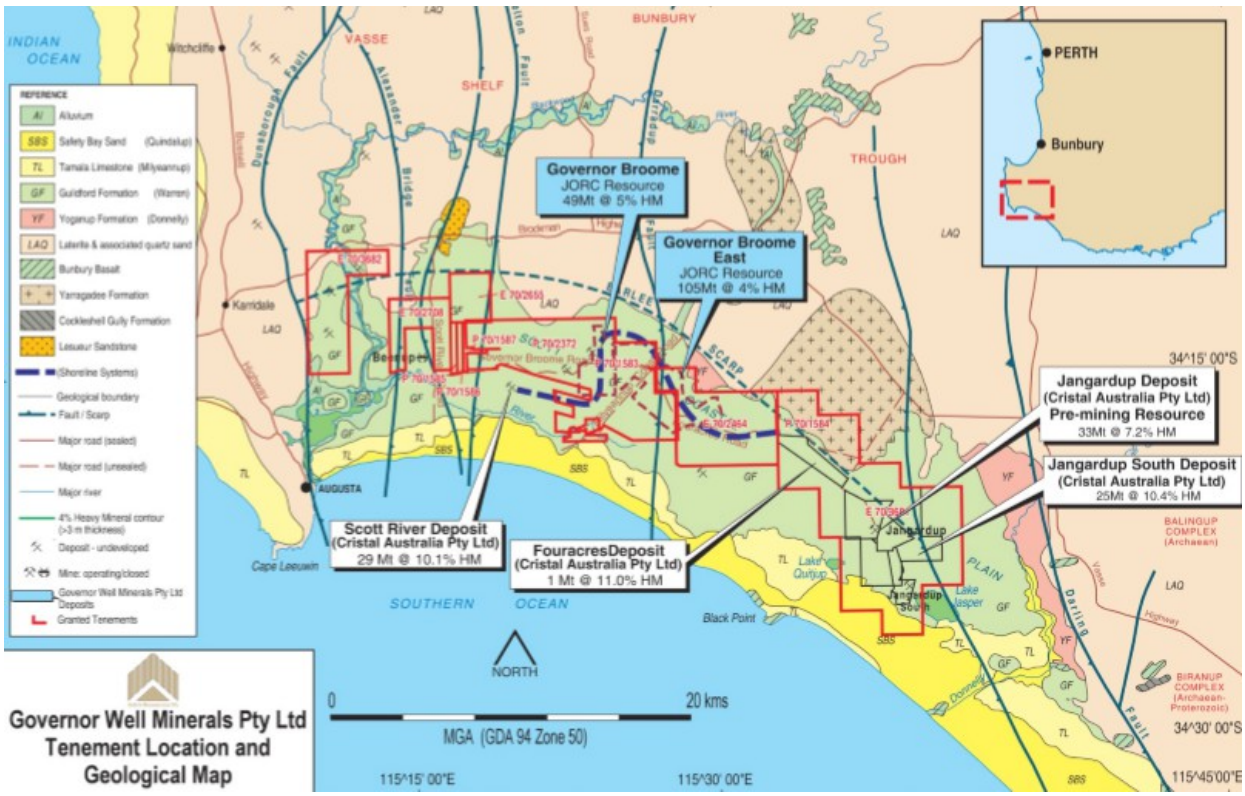


Рис.3.Геологическая карта месторождения

12 февраля 2015 года были представлены последние данные об оценки ресурсов (Табл.1.)

Таблица 1

Участки месторождения	**Категория**	**Тоннаж (Mt)**	**Тяжелая минеральная фракция (%)**	**Шлам (%)**	**Негабаритные (%)**
Северное	разведанные	30	4,9	12	8,2
	прогнозные	2	4,5	16	6,3
	Общие	31	4,9	12	8,0
Южное	прогнозные	26	5,0	14	10
Восточное	прогнозные	110	3,7	14	5,5
Юго-Восточное	прогнозные	32	4,6	15	12
	разведанные	30	4,9	12	8,1
	прогнозные	170	4,0	14	7,4
	Общие	200	4,2	14	7,5

Минеральный состав песков представлен на рисунке (Рис.4):

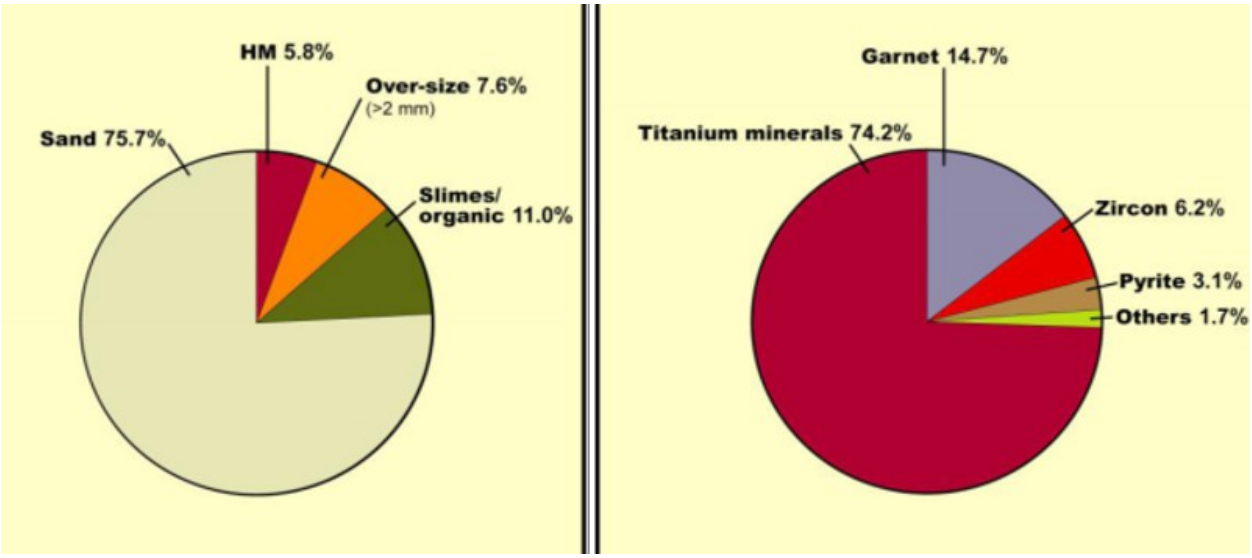


Рис.4. Процентное содержание тяжелой фракции и ее минеральный состав

Tormin (ЮАР)

Месторождение представлено рутил-циркониевыми песками. Тормин находится на западном берегу ЮАР, в 400 км от Кейптауна (Рис. 5). Месторождение представляет собой пляж протяженностью около 12 км и шириной около 100 м, с максимальной мощностью 12 м. (Рис. 6.) Преобладающие минералы: гранат, с цирконом, рутилом, а также ильменит и лейкоксен.

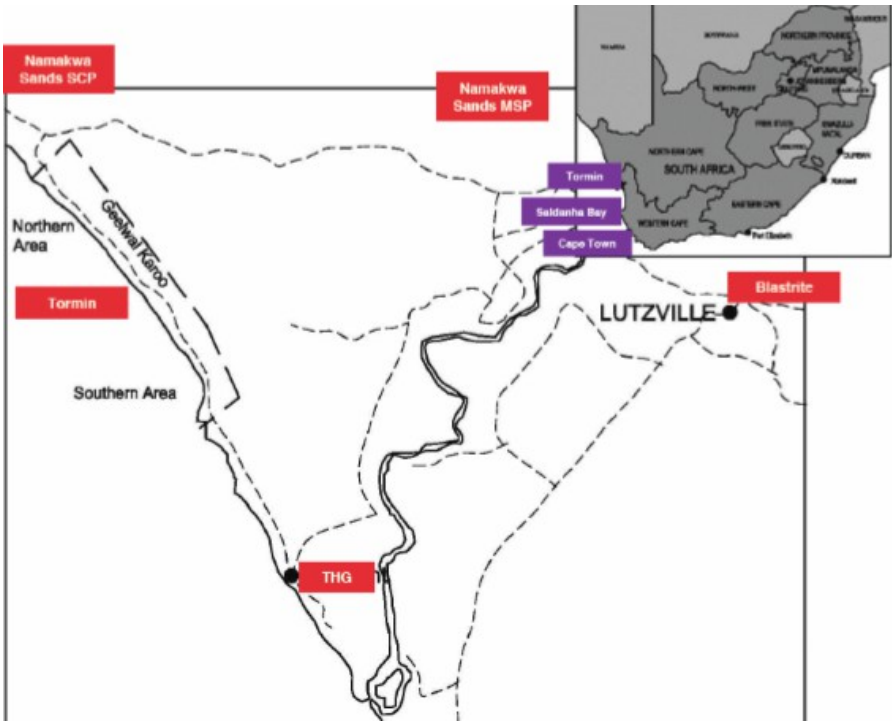


Рис.5. Схема расположения месторождения Тормин

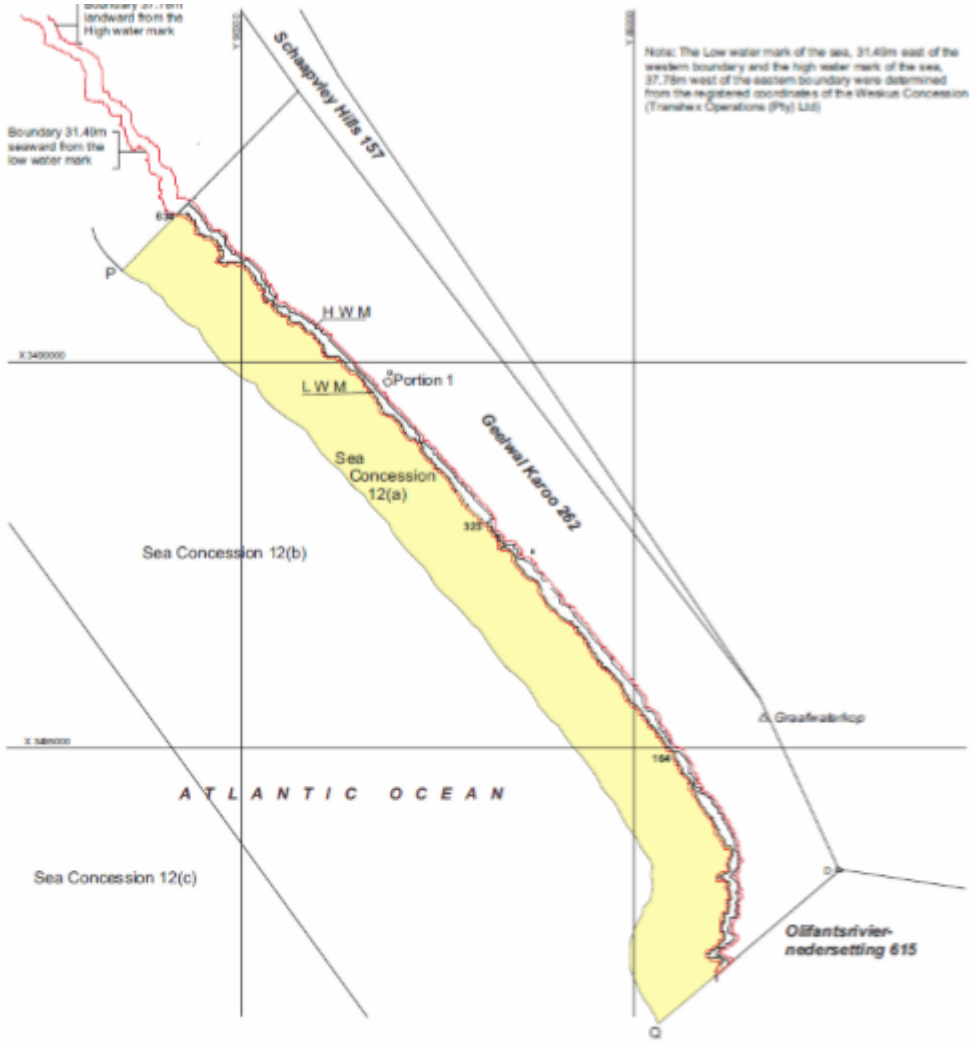


Рис.6. Схема месторождения Тормин

Данный пляж является активной средой, за счет постоянной приливной транспортировки песков из прибрежных глубоких вод. Экологическое разрешение на добычу было получено в 2012 году. В том же году было получено разрешение на разведку акватории, прилегающей к пляжу. По данным разведки (Табл.):

Таблица 2

Общее содержание (Mt)	Из них тяжелых минералов (%)	Ильменит (%)	Рутил (%)	Циркон (%)	Гранат (%)
5.0	41,3	8,5	0,5	2,6	16,4

(https://www.mirabaud.com)

1.4. Геология Лапландского гранулитового пояса

Лапландский пояс входит в состав Лапландско-Колвицкого гранулито-гнейсового пояса, общая протяженность которого в пределах Балтийского щита составляет примерно 700 км. Северо-западное окончание этого пояса перекрыто тектоническими покровами

Норвежских каледонид, а в юго-восточном направлении он прослеживается по геофизическим данным под акваторией Кандалакшкского залива Белого моря и далее - под чехлом Русской платформы. Лапландский гранулитовый пояс имеет дугообразную форму и расположен между Карельским кратоном и кратоном Инари. Протяженность пояса около 300 км при ширине до 100 км.

Вдоль южного и частично западного контактов гранулиты ограничены тектоническим поясом Тана (Tanaelv). Под углами от 12° до 60° он падает под Лапландский гранулитовый комплекс на север (Россия и восточная часть Финляндии) и восток (Норвегия и СВ Финляндия). Пояс Тана, или Tanaelv, тектонически отделяет Лапландский комплекс от Карельского кратона, представленного здесь деформированными породами Беломорского комплекса. Северный контакт Лапландского комплекса с кратоном Инари круто падает к северу. В строении Лапландского комплекса принимают участие следующие основные типы пород:

1. основные гранулиты и связанные с ними эндербиты;
2. кислые гранулиты и связанные с ними гранатовые тоналиты и плагиограниты;
3. метагаббро-анартозиты и подстилающие их гранатовые амфиболиты. (Рис.7)

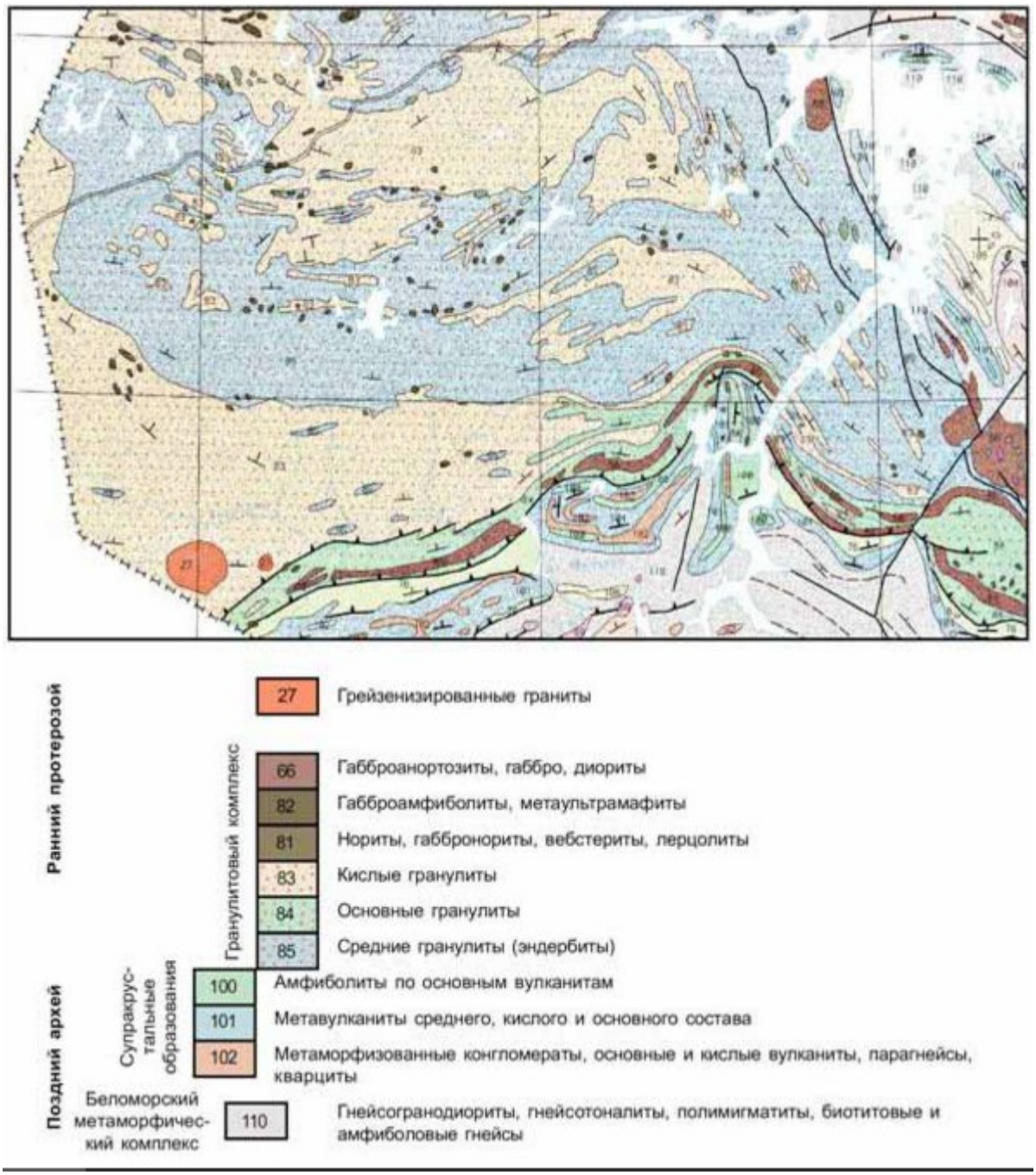


Рис. 7. Геологическое строение территории

Кислыми основными гранулитами образованы незакономерно чередующиеся в разрезе тела. Метагаббро-анартозиты совместно с подстилающими их гранатовыми амфиболитами слагают подошвенный комплекс, который располагается в основании Лапландского пояса. Местами метагабброиды превращены в эклогитоподобные кристаллосланцы.

По структурно-вещественным признакам в пределах Лапландского пояса выделяются четыре зоны: Левайок-Инари, Лоттинская, Сальных Тундр и Главного хребта.

1. Зона Левайок-Инари располагается в пределах Норвежско-Финской части пояса и сложена в основном кислыми гранулитами с резко подчиненным количеством тел основных гранулитов и эндербитов. Подошвенный комплекс в этой зоне представлен изолированным массивом Васкойки.

2. Лоттинская зона, охватывающая интервал от государственной границы России до р.Нотта, в приблизительно равных пропорциях сложена кислыми и основными гранулитами. Подошвенный комплекс здесь постоянно прослеживается в основании разреза.

3. Зона Сальных Тундр представляет собой своеобразный "структурный нос", зажатый между гранито-гнейсовыми куполами. Она сложены метагаббро-анартозитами подошвенного комплекса и основными гранулитами при крайне ограниченном участии кислых гранулитов.

4. Зона Главного хребта отвечает одноименному крупнейшему на Кольском полуострове массиву габбро-анартозитов, сопровождаемому небольшим количеством основных и кислых гранулитов.

Протолит метаморфических пород Лапландского пояса был образован тремя основными составляющими:

1. Первая составляющая, отвечающая кислым гранулитам (хондалитам), возможно была представлена терригенными осадками с включением органического материала. По оценке Е.В.Бибиковой с соавторами, химический состав кислых гранулитов свидетельствует о невозможности образования их протолита только за счет эррозии протолита основных гранулитов и о необходимости дополнительного внешнего источника сиалического вещества. Эти выводы базируются на более тяжелом изотопном составе кислорода в кислых гранулитах по сравнению с основными. Согласно оценке П.Барбье и М.Райтса низкие содержания CaO свидетельствуют о о зрелом характере осадков и, следовательно, о глубоком выветривании источника сноса. Наличие карбонатных и кварцитовых линз указывает на относительно мелководные условия осадконакопления по крайней мере в некоторые его периоды.

2. Вторая составляющая протолита отвечает основным гранулитам и имеет магматическую природу. Петрохимический состав большинства основных гранулитов отвечает известково-щелочной серии.

3. Третья составляющая дометаморфического субстрата отвечает расслоенным интрузиям габбро и габбро-анартозитов.

Тектонический пояс Тана сложен преимущественно гранатовыми амфиболитами и двуслюдяными кианитовыми гнейсами. Он рассматривается как сильно деформированная толща, подстилающая Лапландский гранулитовый комплекс и тектонически перекрывающая относительно слабо деформированные породы Беломорского комплекса. (Бибикова и др., 1993б)

Абсолютный возраст. Е.В.Бибикова определила U-Pb и Pb-Pb возраст Лапландского гранулитового метаморфизма в пределах 1916-1925+1 млн. лет. Для магматогенных цирконов из биотитовых гранито-гнейсов возраст получился чуть моложе, 1884+18 млн. лет (Pb-Pb метод). Комплексными исследованиями разных изотопных систем (U-Pb, Pb-Pb, Sm-Nd, Rb-Sr) метаморфические события древнее 1900-2000 млн. лет не обнаружены. Для цирконов из пород Лапландского гранулитового комплекса С.Дейли и С.Богданова определили возраст 1870 млн. лет. Эта цифра, вероятно, соответствуют наиболее поздней стадии метаморфизма и деформаций пород в условиях низов гранулитовой - верхов амфиболитовой фации. Таким образом, 1870 мил. лет тому назад были завершены процессы гранулитового метаморфизма пород Лапландского комплекса. Возраст протолита Лапланского комплекса оценивается как допротерозойский. Так, возраст интрузивного размещения тел габбро-анартозитов в этом протолите сотавляет 2450-2460 млн. лет.

Множество изотопных данных по амфиболитам и гранулитам восточной части Тана свидетельствуют о его длительном и сложном формировании в период ~2450-1850 млн. лет. В его западной части, в Фенноскандии, определен возраст 1900 Ga. Для ставролит-кианитовых сланцев О.И. Володичев приводит цифру 1910 млн. лет. При этом он отмечает, что сланцы относятся к Беломорскому комплексу, тектонически подстилающему Лапландские гранулиты. Эти сланцы, вероятно, входят в состав корва-тундровой серии пояса Тана. Таким образом, изотопные данные показывают, что Лапландские гранулиты и слюдистые сланцы пояса Тана имеют близкий возраст, ~ 1900 млн. лет. Следовательно, метаморфизм слюдистых сланцев корва-тундровой серии пояса Тана протекал в нижнем протерозое синхронно со становлением Лапландского гранулитового комплекса.

Породы Беломорского комплекса, тектонически подстилающие сланцы пояса Тана, существенно более древние, ~2900 -2700 млн. лет. Породы Карельского кратона и кратона Инари имеют возраст метаморфизма около 2600-3100 млн. лет и более. В целом можно заключить, что гранулитовый метаморфизм Лапландского комплекса имел место намного позднее завершения процессов кратонизации Карельского зеленокаменного протолита

Тектоническое строение (Рис.8) Общая оценка геологической структуры региона позволяет утверждать, что Лапландский пояс представляет собой гранулито-гнейсовый покровно-надвиговый ансамбль, надвинутый на породы обрамления в юго-западном и южном направлениях. Суммарная мощность этого ансамбля, оцениваемая на основе геофизических данных, достигает около 20 км в пределах зоны Левайок-Инари и около 15 км в пределах Лоттинской зоны. Пояс характеризуется напряженной изоклинальной сладчатостью с западным направлением опрокидывания. Складчатость сопровождается развитием сланцеватости в осевой плоскости. Наиболее интенсивные деформации наблюдаются вблизи границ комплекса с породами кратонов, где гранулиты характеризуются интенсивной сланцеватостью и линейность. При этом наилучшая сохранность безводных гранулитовых парагенезисов фиксируется вблизи западной (подошвенной) части комплекса, где они не затронуты последующими процессами мигматизации и гидратации.

Подстилающие гранулито-гнейсовый комплекс породы пояса Тана интенсивно дислоцированы в ходе размещения покровно-надвигового ансамбля. Значительную роль здесь играют динамосланцы и бластомилониты, включающие порфиробласты ротационного граната, местами с характерной структурой "снежного кома". Такие структуры свидетельствуют о кристаллизации минералов в условиях интенсивных сдвиговых деформаций. В структурном плане пояс Тана представляет собой зону интенсивного тектонического меланжа и нередко содержит линзовидные тела метаанортозитов и метагаббро-анартозитов. Породы пояса Тана отделены от основных гранулитов подошвенного комплекса непрерывными узкими зонами пластических и сколовых деформаций.

Породы Беломорского комплекса, подстилающие покровно-надвиговый ансамбль, представляют собой систему относительно маломощных пластин и чешуй. При этом гранито гнейсовые купола в южном обрамлении Лапландского пояса деформируют как породы Беломорской серии так и гранулито-гнейсовый комплекс. Южная граница Лапландского пояса почти на всем протяжении представляет собой отчетливо структурно и вещественно выраженный фронт покровно-надвигового ансамбля в незначительной степени деформированного гранито-гнейсовыми куполами. Наиболее значительный разворот этой границы связан с размещением Нотоозерских куполов, ответственных за воздымание подошвы ансамбля в интервале между Сальными Тундрами и Главным хребтом.

Морфология и строение северной (тыловой) границы пояса почти на всем протяжении определяется поздними деформациями, связанными с всплыванием реметаморфизованных пород парааутохтона и формированием свода Инари и более мелких купольных структур Хихнаярви-Аллареченского района. Деформации и частичное "протыкание" тектонических покровов куполами являются наиболее типичными соотношениями. Вместе с тем, некоторые купола диоритов и гранито-гнейсов деформированы и имеют линзовидную форму, вписывающуюся в структуру Лапландского пояса. Следовательно подъем куполов был частично совмещен по времени с размещением покровно надвигового ансамбля и часть куполов была вовлечена в латеральные перемещения. О достаточно высокой пластичности материала Лапландского пояса в ходе движения говорит и значительная деформированность подошвы ансамбля гранито-гнейсовыми куполами, частично сформированными в ходе движения гранулитов.

Наиболее полный разрез и наиболее сложное чередование гранулитовых ассоциаций предсталены в пределах Лоттинской зоны. Индивидуальные тектонические пластины, участвующие в строении Лапландского пояса разделены зонами тектонического меланжа, образованными породами с интенсивно проявленными гнейсовидностью и сланцеватостью. В случае преобладания кислых гранулитов в пределах зон меланжа они включают линзовидные будинированные тела основных гранулитов. Напротив при преобладании основных гранулитов будины образованы кислыми гранулитами. К некоторым зонам меланжа приурочены линзовидные тела эндербитов, гранатовых тоналитов и плагиогранитов. Мощность индивидуальных тектонических пластин обычно варьирует от 2 до 5 км, для некоторых пластин не превышает 1 км. Пластины и меют в целом ограниченные размеры и выклиниваются по простиранию. Особенно резкое изменение мощностей отдельных пластин приходится на район сочленения Лоттинской зоны с зоной Левайок-Инари. Здесь к западу резко выклиниваются все покровы образованные. (Минц и др., 1996)

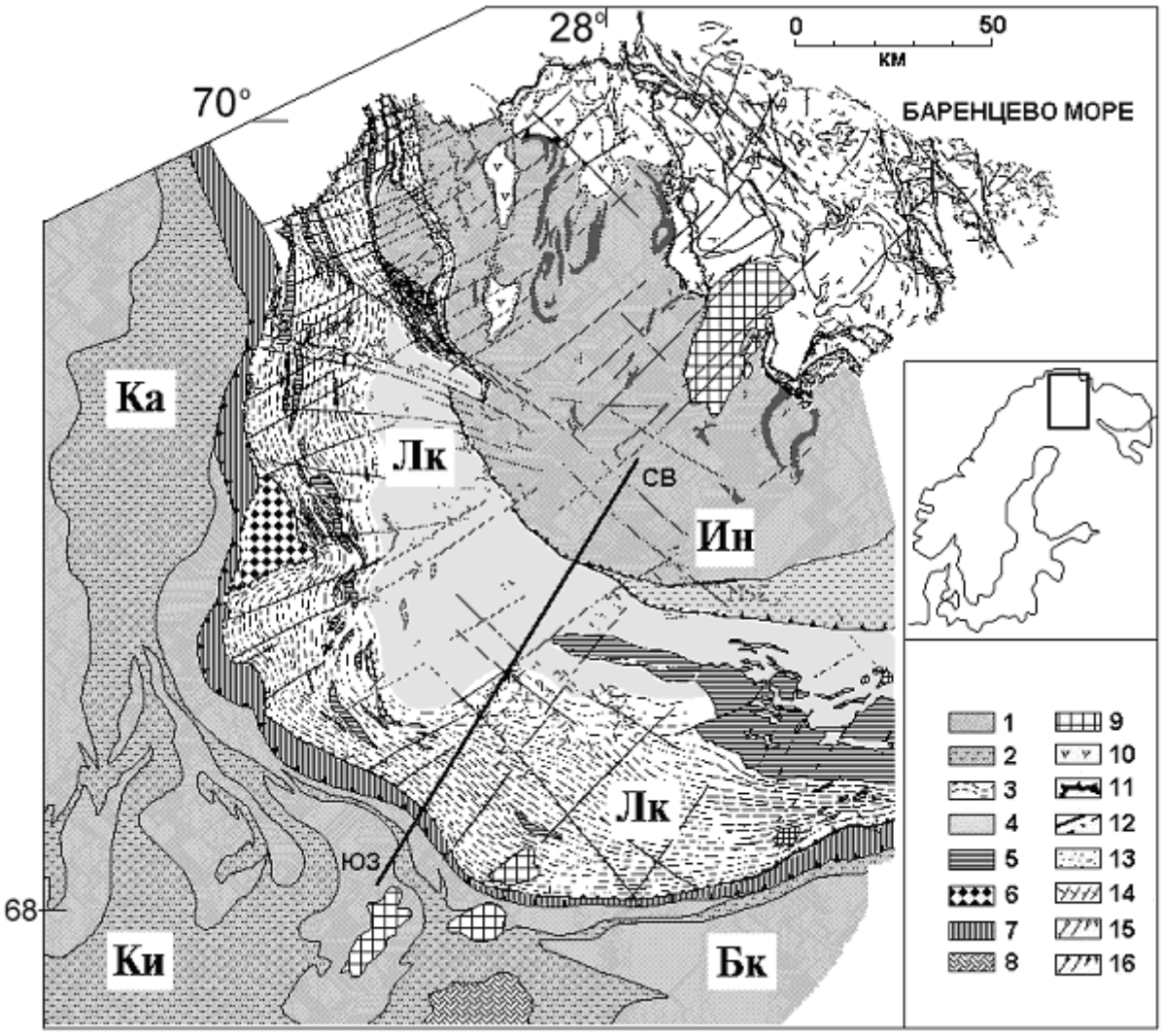


Рис. 8. Схематическая структурно-геологическая карта Лапландского комплекса

Условные обозначения: 1,2 - породы зеленокаменных поясов, 1 - биотит-амфиболовые гнейсы (серые гнейсы); 2 - безгранатовые метабазиты и метакоматииты (амфиболитовая фация); 3-6 - породы Лапландского комплекса, 3,4 - кислые гранулиты, 3 - кондалиты, 4 - гранат-силлиманит-кордиеритовые диатекситы, 5,6 - основные гранулиты, 5 - гранат пироксеновые, пироксен-плагиоклазовае, двупироксеновые гнейсы, 6 - метаанортозиты; 7 - породы тектонического обрамления Лапландского комплекса (пояс Тана) - амфибол-клинопироксеновые гнейсы, гранат-клинопироксеновые амфиболиты, двуслюдяные сланцы; 8-10 - нижнепротерозойские интрузии, 8 -габбро, 9 -граниты, 10 - диориты; 11-13 - тектонические элементы, 11 - региональные зоны нарушений, 12 - разломы, 13 - сдвиговые зоны; 14-16 - структурные элементы, 14 - сланцеватость с углом падения <30о, 30-60о, >60о и 90о, соответственно, 15 - оси складок с углом погружения <30о, 30-60о, >60о и 90о, соответственно, 16 - линейность с углом погружения <30о, 30-60о, >60о и 90о, соответственно. Буквами в прямоугольниках

обозначены различные структурно-вещественные комлексы: Ка, Ки - пояс Карасек-Киттила, Бк - Беломорский комплекс, Лк - лапландский комплекс, Ин - кратон Инари.

1.5. Четвертичные отложения

Четвертичные отложения на Кольском полуострове имеют широкое распространение. Мощность отложений может достигать порядка 100м, в зависимости от рельефа коренных пород. Четвертичные отложения представлены частично морскими, но в большей степени континентальными отложениями, с преобладанием ледниковых. Сводная геологическая карта четвертичных отложений Кольского полуострова представлена на Рис.9.(Лаврова М.А., 1960)

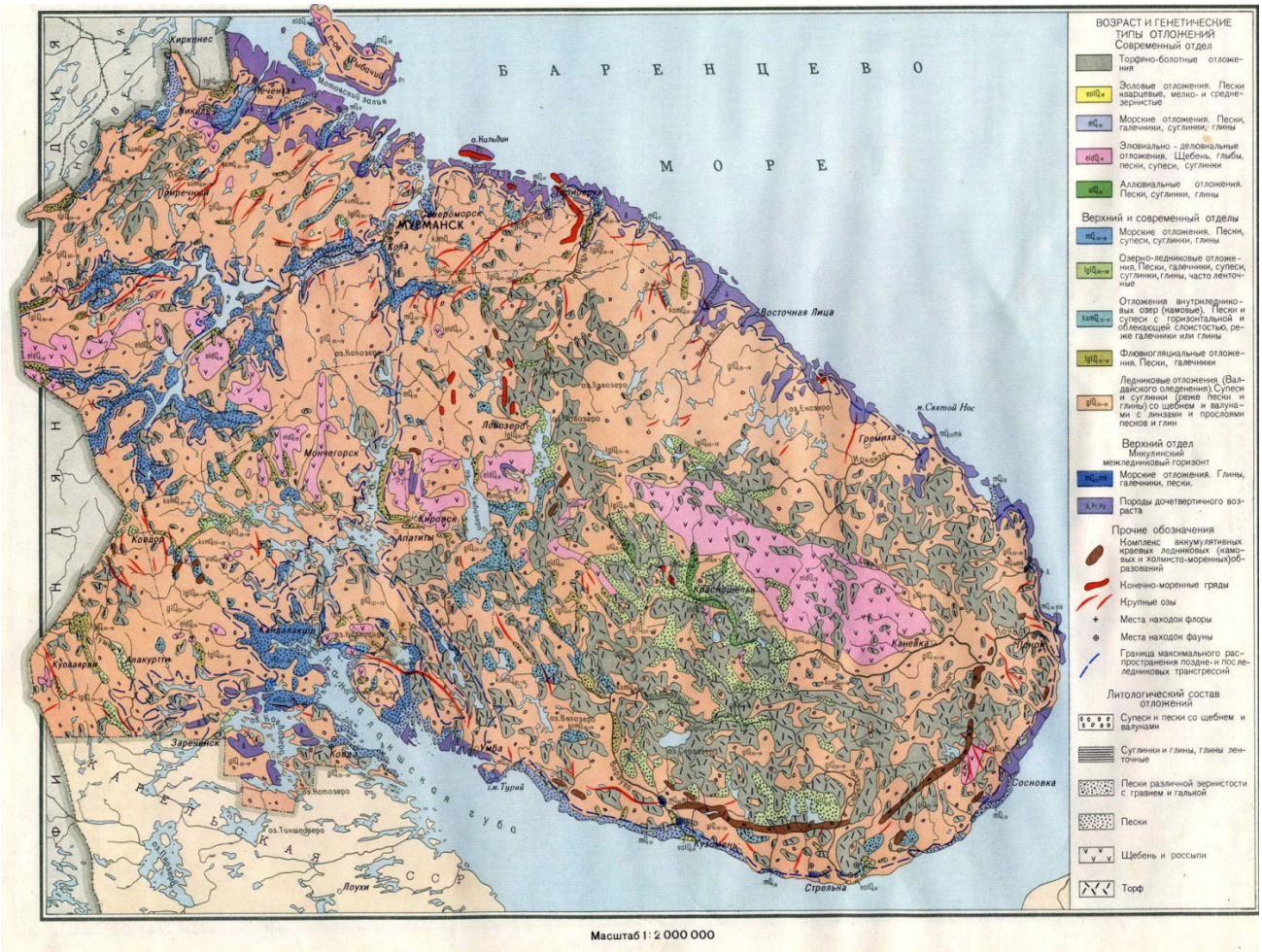


Рис. 9. Карта четвертичных отложений Кольского полуострова

В четвертичный период (0-1.8 млн лет) территория Лапландского заповедника, равно как и смежных с ним районов, подвергалась неоднократным оледенениям. Ледники зарождались в эпохи значительных похолоданий и стаивали в тёплые периоды

межледниковий. В результате этих явлений происходило опускание территории под влиянием нагрузки льда, которое сменялось гляцио-изостатическими поднятием при снятии этой нагрузки. Формирование четвертичных отложений было предопределено в основном жизнедеятельностью ледников. Среди них наибольшее распространение имеют ледниковые (морена) и водно-ледниковые отложения последнего Скандинавского оледенения. Морена состоит из обломочного материала, отложенного непосредственно деятельностью сухопутных льдов. Она представлена преимущественно несортированными, часто неслоистыми разнообразными отложениями - от валунов до суглинков и глин. Водно-ледниковые отложения (флювиогляциальные) часто слагают озовые гряды узкой извилистой формы, реже - камы (песчаные холмы) или флювиогляциальные дельты. Состав этих отложений песчано-галечно-валунный. Небольшим распространением пользуются озерно-ледниковые осадки, состоящие из песков, алевритов и глин. Более молодые отложения представлены речным аллювием, склоновым коллювием (обломочный материал, смещенный вниз по склону под действием силы тяжести), биогенными и озерными отложениями.

2. Физико-географическая и ландшафтная характеристика района исследования

Кольский полуостров расположен на северо-западе России (Рис. 10) площадь составляет 89 тыс. кв. км. Восточная, полуостровная часть отделена от западной .глубокой впадиной, ытянутой в меридиональном направлении от Кандалакшского до Кольского залива через реку Ниву, систему озер, включая крупнейшее на севере Европы озеро Имандра и долину реки Колы. С севера и северо-востока полуостров омывается Баренцевым морем, с востока и юго-востока – Белым морем и Кандалакшским заливом (А.А.Киселев, А.В. Шевченко, 1995).

Рис. 10. Карта Мурманской области

Кольский полуостров имеет границы на западе и северо-западе Финляндией и Норвегией, на юге – с Карелией. Протяженность российско-финской границы в пределах полуострова составляет приблизительно 360 км, российско-норвежской – 196 км. Крайние точки : западная точка полуострова расположена около озера Инари (68º56’ с.ш., 28º22’ в.д.), самая восточная – вблизи устья реки Поной (67º02 с.ш’., 41º24’ в.д.), северная

крайняя точка находится у оконечности полуострова Рыбачий (70º с.ш., 31º54’ в.д.), южная – на Терском берегу вблизи села Тетрино (66º05’ с.ш., 38º18’ в.д.). Большая часть Кольского полуострова расположена за полярным кругом. В сочетании с другими географическими факторами (влиянием незамерзающего Баренцева моря, разнообразием рельефа и пр.) это определяет особенности его климата, погоды, ландшафтов, растительного и животного мира (Г.Д. Рихтер, 1946г.).

Климат имеет ряд особенностей, связанных с комплексом физико-географических факторов:

- расположение области за Полярным кругом;
- влияние теплого Мурманского течения;
- взаимодействие двух разнородных типов воздушных масс (холодных и сухих из Арктики и влажных из Атлантики);
- значительная пространственная протяженность области в сочетании с неоднородностью рельефа.

Так как полуостров почти целиком расположен за Полярным кругом, на его территории наблюдаются полярный день и полярная ночь. На широте Мурманска полярный день длится в среднем 59 суток (с 24 мая по 21 июля), а полярная ночь - 42 суток (со 2 декабря по 12 января). Большая протяженность полярного дня по сравнению с полярной ночью связана с влиянием рефракции (искривления пути светового луча в атмосфере из-за ее оптической неоднородности). Расположение области в высоких широтах (66º-70º с.ш.) обуславливает также низкую полуденную высоту солнца над горизонтом. Еще одним следствием высокоширотного положения является несовпадение времен года с календарными сезонами других широт. Если летний сезон (июнь - август) здесь совпадает с общепринятым, то весна и осень на месяц короче обычных. Зима продолжается 5 месяцев (с ноября по март).

Положение Кольского полуострова определяет исключительно высокую интенсивность атмосферной циркуляции. Циклоны преобладают в холодный период года (октябрь - апрель), антициклоны - в теплый (май - сентябрь). Среднегодовая температура для всей области близка к 0 градусов. Продолжительность вегетационного периода 80-90 дней. Годовая испаряемость составляет 250-400 мм., поэтому вся территория избыточно увлажнена, богата реками, озерами и болотами. Снег ложится уже в конце сентября - начале октября, в ноябре глубина его в отдельных долинах более 0,5 м. Реки замерзают в середине или конце ноября. Толщина льда на реках и озерах 70-110 см. (Б.А. Яковлев, 1961).

Кольский полуостров омывается Баренцевым морем, Белым морем, Мотовским, Кольским, Святоносским заливами. Речная сеть Кольского полуострова составляет 63 тыс. км. Крупные реки: Поной, Иоканга, Воронья, Варзуга, Печенга, Тулома, Кола. Реки небольшие по протяженности, но полноводны. Кольский полуостров относится к одному из самых озерных районов России. По его территории разбросаны тысячи озер. К крупным озерам относятся: Имандра, Умбозеро, Ловозеро. (И. Павлов, 1974)

На территории полуострова развито 4 основных типа почв: тундровые, подзолистые, дерновые и болотные. Тундровые почвы развиваются на глинах и суглинках. Типичная растительность: мохово-лишайниковые и мохово-кустарничковые ассоциации. Почва малопродуктивна. Подзолистые почвы, наиболее распространенные. образовались на песках, супесях. Также являются малоплодородными. Дерновые почвы развиваются преимущественно в долинах рек на речных отложениях (долинах рек Тулома, Ура, Варзуга, Поной). Наиболее плодородные почвы. На больших площадях распространены болотные почвы. Они занимают впадины, широкие плоские равнины, встречаются на пологих склонах и даже вершинах гор. (М.А. Глазовская, А.Н. Геннадиев, 1995)

В пределах Кольского полуострова выделяют три зоны: тундра, лесотундра, северная тайга.

1. В тундрах наряду с лишайниками и мхами распространены вечнозеленые кустарнички - багульник, голубика, брусника, водяника и др., из кустарников - карликовая береза и ива. Из животных представителей характерны северный олень, песец, лемминг, тундряная куропатка и сова; много водоплавающих птиц, прилетающих сюда на теплый сезон.
2. Для лесотундры характерно присутствие древесных пород, образующих рощи на водоразделах Лесотундровые комплексы представлены преимущественно березовым редколесьем. В поймах рек располагаются разнотравные и осоковые заболоченные луга. Среди животных необходимо отметить норвежского лемминга, голубого песца, по обрывистым берегам характерны птичьи базары.
3. Особенно большую площадь занимает тайга- 1,2 млн. км^2, площадь ее лесов равна примерно 60 млн. га. В тайге широко распространены ельники-зеленомошники, включающие ельники-кисличники, ельники-брусничники, ельники-черничники. Характерными животными являются лось, бурый медведь, волк, лисица, заяц-беляк, горностай, белка, глухарь, рябчик, белая куропатка, кулик; много водоплавающих - уток и гусей. (http://www.studfiles.ru/preview/3544669/)

В Мурманской области находится 61 особо охраняемая природная территория (ООПТ) общей площадью 122,4 тыс. га (8,44% площади области), в которую входят 3 заповедника (363,6 тыс. га), 11 государственных природных заказников (854,4 тыс. га) и 47 памятников природы (4,4 тыс. га). Мурманская область имеет Кандалакшский государственный природный заповедник,Лапландский биосферный заповедник, "Пасвик" государственный природный заповедник. (http://trasa.ru/region/murmanskaya_zapov.html)

Проявления россыпного граната Явр находятся в юго-западной части Кольского полуострова вблизи государственной границы с Финляндией. Административно территория объекта относится к Печенгскому району Мурманской области, в 120 км к северо-западу от города Ковдор. (Рис. 11)

Рис. 11. Обзорная карта территории участка

В данном районе наблюдается сочетание холмисто-моренного и мелкогорного рельефа. Большая часть высот имеет куполовидные вершины, плавные очертания склонов

и покрыта четвертичными отложениями. На участке Явр исключения составляют г. Юов-Воайв (645,6 м) и Учабю-Воайв (469,8 м). Первая из них, от вершины и почти до основания, покрыта осыпями крупноглыбового делювия, среди которых выступают остроугольные скальные выходы гранитов. Склоны довольно крутые, несколько выполаживающиеся к подножью. Почти такой же характер рельефа имеет и главная вершина горы Учабю-Воайв.

Гидрографическая сеть района месторождения слагается левыми и правыми притоками реки Яурийоки (Явр), протекающей с запада на восток. Это довольно многочисленные ручьи и небольшие речки, ориентированные почти в меридиональном направлении.

Климат района довольно суровый. Лето короткое, обычно прохладное дождливое ($+5^{o}$ – $+ 16^{o}$). Зима продолжительная, умеренно холодная, снежная ($- 13^{o}$ – -23^{o}), иногда с оттепелями в январе-феврале, сменяющимися морозами в 35-40°С. Среднегодовое количество осадков достигает 480 мм. Примерно половина из них выпадает зимой в виде снега.

Залесенность района составляет около 80% его площади. По берегам реки Яурийоки преобладает березово-еловый лес, на остальной территории – сосновый с кустарниково-зеленомошечной подстилкой. Лес растет по склонам гор до абсолютной отметки 300 м. Часть лесов вырублена.

Район месторождения не заселен и экономически не освоен.

3. Особенности геологического строения района исследования

3.1. Геологические строение

Для удобства территорию Мурманской облсти подразделяют на два геологических района: Кольский и Беломорский. (Рис. 12)

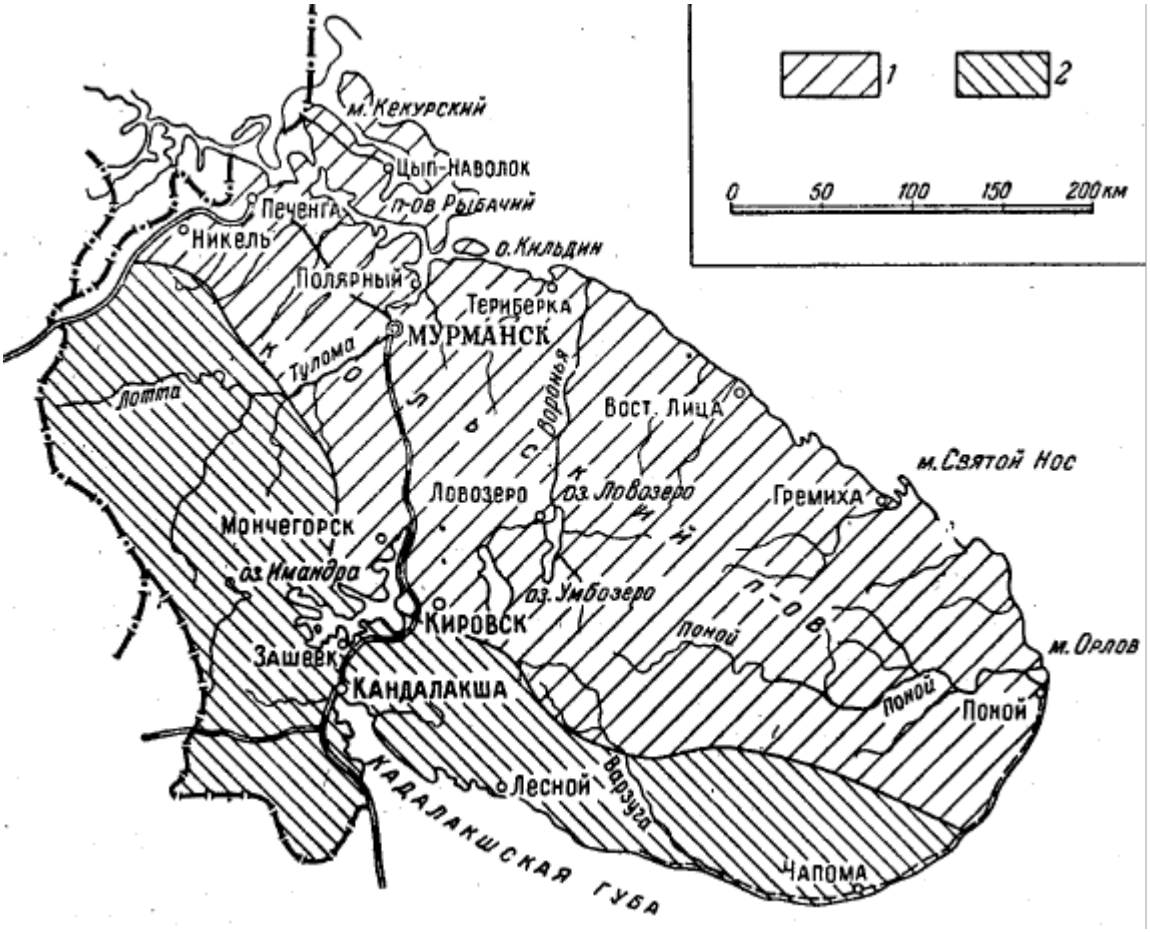


Рис. 12. Геологические районы (1 – Кольский, 2 – Беломорский)

Геология Кольского полуострова представлены четырьмя большими разновозрастными группами пород: архейской, протерозойской, палеозойской и кайнозойской (отложения четвертичной системы). (Рис. 13, 14)

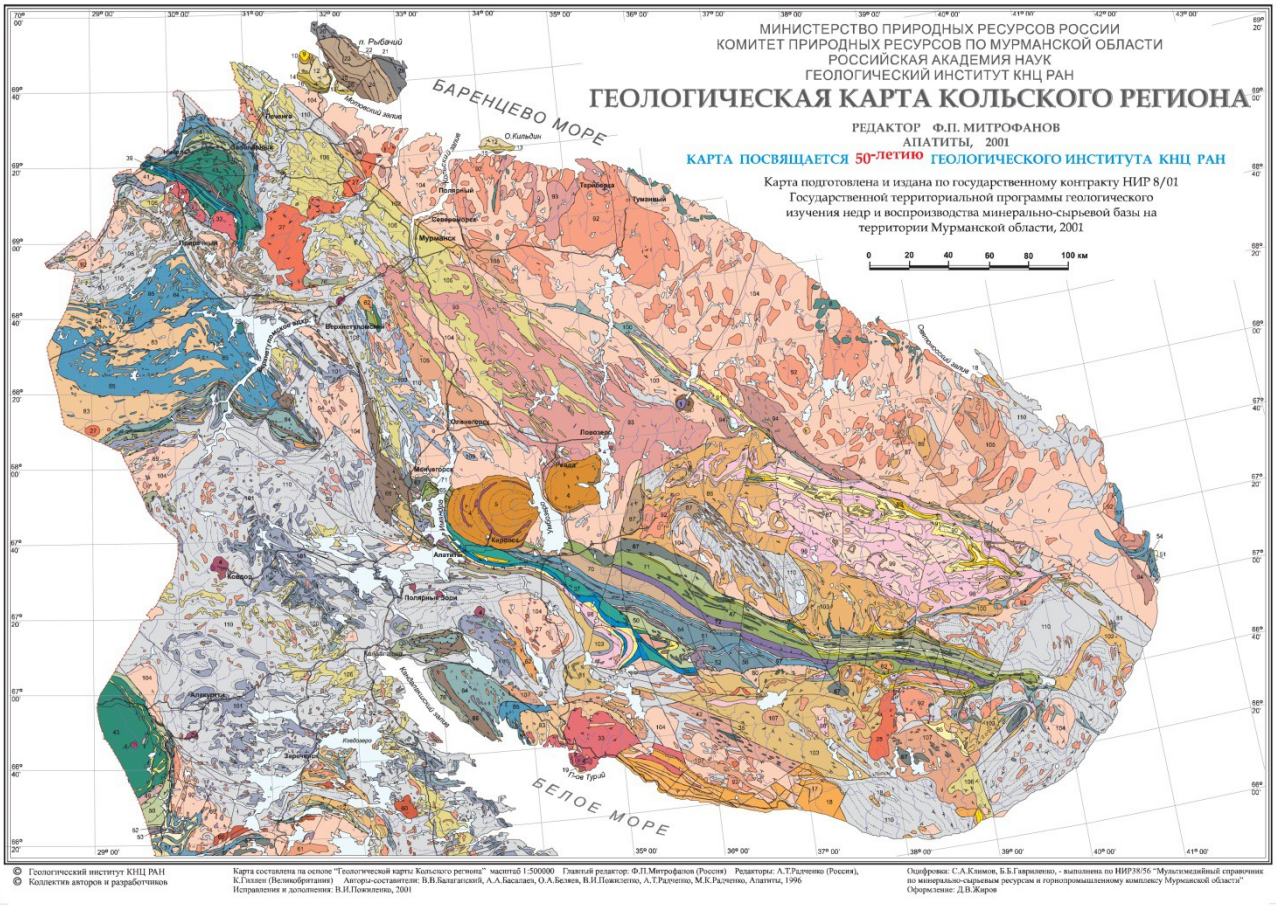


Рис. 13. Геологическая карта Кольского полуострова

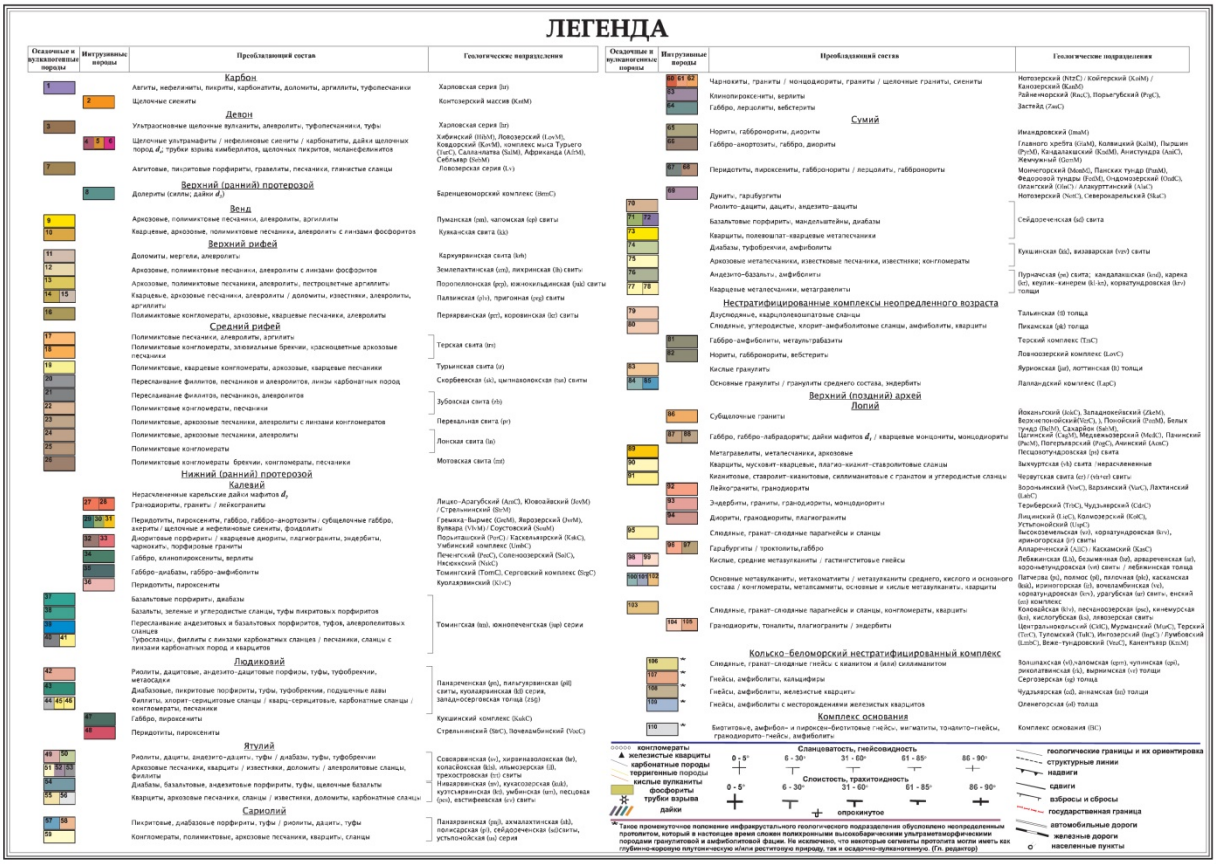


Рис. 14. Легенда к геологической карте Кольского полуострова

Архейские породы широко распространены и являются фундаментов для более молодых образований. Породы представлены сильно метаморфизованными, складчатыми парагнейсами, различными амфиболитами и прорывающими их комплексами интрузивных пород от ультраосновных до кислых. Из интрузивных пород в большей степени - граниты и гранодиориты. Ультраосновные и основные интрузии представлены перидотитами, пироксенитами, габбро-амфиболитами и гиперстеновыми диоритами.

Геологические образования имеющие *протерозойский возраст* (гуронские или карельские) имеют подчиненное, по сравнению с архейскими породами, распространение. На территории Кольского района протерозойские породы залегают в виде сравнительно узких вытянутых преимущественно в северо-западном направлении полос — зон:

1) Печенгско-Варзугской (образована осадочными, вулканическими и интрузивными породами, развитыми в Печенгском районе, в районе гряды тундр Кеулик—Кингерем, Главного хребта Волчьих, Монче- и Чуна-тундр и породами, слагающими широкую полосу, протягивающуюся от озера Имандры на восток до озера Бабьего. К этой же зоне относятся породы, развитые в устье реки Снежница.
2) Кольско-Кейвской (объединяет породы протерозоя, развитые на Вороньих тундрах (Охмыльк, Лешая, Полмос), в пределах Кейвской гряды центрального водораздела Кольского п-ова и в районе устьев рек Поноя и Качковки).

Палеозойские образования имеют сравнительно небольшое площадное распространение. К ним относятся эокембрийские отложения полуостровов Рыбачьего и Среднего, о. Кильдина, нижне- или эокембрийские отложения и изверженные породы Турьего мыса и о. Телячьего в Кандалакшском заливе, осадочные и вулканические отложения предположительно ордовикского возраста и никеленосные ультраосновные породы свиты печенга-кучин, предположительно девонские песчаники Терского берега и других прибрежных частей Кольского полуострова, а также верхнедевонские отложения, развитые в кровле Ловозерского массива нефелиновых сиенитов, и прорывающие их интрузии Хибинского и Ловозерского массивов нефелиновых сиенитов. Предположительно к палеозою относятся довольно многочисленные интрузии ультраосновных и щелочных пород, щелочные граниты и дайки диабазов и порфиритов. Среди палеозойских образований особое место в геологической структуре Мурманской области занимают, метаморфизованные осадочные эокембрийские отложения полуостровов Среднего и Рыбачьего и о. Кильдина.

Наиболее молодые геологические образования Кольского полуострова представлены ледниковыми отложениями и отложениями морских трансгрессий четвертичного времени, обусловленных эпейрогеническими движениями. (Геология СССР, том XXVII, 1958)

3.2. Стратиграфия

Схема стратиграфического подразделения в архее

Таблица 3

	Беломорский район	**Кольский район**
Интрузии свекофенской складчатости	Микроклиновые граниты Габбро-нориты, перидотиты, анортозиты (друзиты)	Микроклиновые граниты Гиперстеновые диориты, нориты, габбро-анортозиты. (Комплекс гранулитов)
Верхний архей	не установлен	Железорудные магнетит-амфиболовые сланцы и магнетитовые кварциты
Интрузии саамской складчатости	Олигоклазовые гнейсо - граниты. Амфиболиты	Олигоклазовые гнейсо-граниты. Гиперстеновые диориты Габбро-амфиболиты
Нижний Архей	Комплекс беломорских гнейсов, амфиболитов, мигматитов: а) гранато-кианитовые гнейсы; л) амфиболовые гнейсы; в) плагиобиотитовые гнейсы	Комплекс слюдяных н гранатовых гнейсов и мигматитов

Схема стратиграфического подразделения в протерозое

Таблица 4

Верхний Протероз ой	Основные и ультраосновные интрузии (II фаза посткарельского диастрофизма)	Основные и ультраосновные никеленосные интрузии (Монче-, Чуна-, Волчьих, Ловно-, Подас-, Федорова, Панских, Застейд- и других тундр)
Нерасчле ненный	Свита имандра-варзуга	Кварцевые порфиры и кератофиры. Нерасчлененные эффузивные диабазы, их туфы и

Протерозой			аггломераты, интрузивные диабазы. Карбонато-хлоритовые, серицито-карбонатные, графитистые сланцы, кварцево-серицитовые сланцы и филлиты. Доломитизированные известняки (мраморы), кварциты, песчаники, аркозы. Конгломераты Щучьей губы, тундры Ельнюнь, Ручья Травяного
Нижний протерозой	I фаза посткарельского Диастрофизма	Кислые интрузии	Аплиты и пегматиты Монче-и Чуна-тундр Порфировидные граниты тундр Ара, Поррьяс, северной окраины гряды Кейв, рр. Умбы, Кузреки, пегматоидные граниты Вороньих тундр, микроклиновые граниты реки Явр. Существенно микроклиновые граниты и гнейсо-граниты рр. Лебяжьей, Западной Лицы, Поноя
		Основные интрузии нижнего протерозоя	Пирокеениты, перидотиты и габбро (Сальные тундры, Колвицкий массив) Габбро, габбро-нориты и лабрадориты главного хребта Волчьих, Чуна-, Монче-тундр, анортозиты и амфиболиты Кейв, Цаги и др. Возможно, сюда же относятся лейкократовые габбро и лабрадориты гранулитовой формации
	Нижнепротерозойские осадочно-вулканические образования	Свита кейв	Ставролито-слюдяные сланцы, кварциты и резко подчиненные им карбонатные породы. Кианитовые и кианито-ставролитовые сланцы. Биотито-гранатовые и подчиненные им амфиболовые Гнейсы
		Тундровая свита	Комплекс сланцеватых амфиболитов и подчиненных им гнейсовых сланцев Толпьвыд-, Кеулик-, Терма. Карека-тундр, района к югу от Печенгских тундр, Тикшозера.-Вороньих тундр, устья рек Поноя, Качковки, Снежницы. Комплекс гнейсов и сланцев: тундры Корва, Тикш-озера, Тальи, Кислой губы, Вите п-ова, горы Арваренч

Схема стратиграфического подразделения в палеозое

Таблица 5

Средний палеозой	Верхний девон	Интрузивные породы		Нефелиновые сиениты Хибин и Ловозера
		Осадочные и вулканические образования	Ловозерская свита	Авгит-порфириты, кварциты, песчаники, сланцы, роговики с флорой
Нижний палеозой (?)	Ордовик (?)	Интрузивные породы		Дайковая формация габбро-диабазов и порфиритов Габбро, габбро-пироксениты и перидотиты (серпентиниты) Печенги
		Осадочные и вулканические образования	Свита печенга-кучин	Плагиопорфириты (метаандезиты). Серия покровов авгитовых диабазов, переслаивающихся с глинистыми и туфоген-ными сланцами. Конгломераты. Филлиты, с подчиненными углистыми филлитами, туффиты и туфосланцы. Метадиабазы и метапорфириты, агломера-товые туфы и туфосланцы. Доломиты, переслаивающиеся с кварцитами и сланцами. Метадиабазы, метапорфириты,альбитофиры, кератофиры. Конгломераты, красные аркозовые песчаники, кварциты, известковые кварциты и доломиты с остатками фауны. Диабазовые и порфиритовые зеленокамен-ные породы. Базальные конгломераты и аркозы

Нижний палеозой		Интрузивные породы		Комплекс щелочных гранитов и сиенитов щелочных пироксенитов, габбро-сиенитов и ийолит-уртитов. Дайковая формация щелочных базальтов (щелочные граниты Кейв и др. основные и ультраосновные интрузии Африканды, Хабозера, Ковдоры, Озерной и Лесной вараки. Салма горы. Турьего мыса и Кандалакши)
		Осадочно-вулканические образования	Терская свита	Конгломераты, красноцветные песчаники и глинистые сланцы
			Свита Турьего мыса	Конгломераты и кварцито-песчаники Телячьего острова и Турьего мыса
	Эокембрий	Осадочные породы	Свита Рыбачьего полуострова	Глинистые и песчано-глинистые сланцы, песчаники, конгломераты.
			Свита о. Кильдина и Среднего полуострова	Глинистые сланцы и доломиты с Collenia песчаники и глинистые сланцы. Глауконитовые песчаники

Сводный стратиграфическое подразделение четвертичных отложений Кольского полуострова можно представить в следующем виде:

I. Отложения максимального оледенения Q_{II} (днепровского). Нижняя морена glQn (Д).

II. Отложения последнего межледникового века Q_{II} (днепровско-валдайского):

1) Морские отложения бореальной трансгрессии rnQ_{III} (бор) (нижнему палеозой (ордовик ?)).

2) Аллювиальные (дельтовые) отложения alQ_{III}.

3) Морские отложения беломорской трансгрессии mQ_{III} (бел).

III. Отложения последнего ледникового века Q_{III} (валдайского):

1) Верхняя основная морена glQ_{III} .

2) Флювиогляциальные отложения $fglQ_{III.}$

3) Озерно-ледниковые отложения $lglQ_{III.}$

4) Гляциально-морские отложения m-glQ_{III} . '

5) Позднеледниковые морские отложения mQ_{III}.

IV. Послеледниковые отложения Q_{IV} :

1) Послеледниковые морские отложения m$Q_{IV.}$

2) Озерные отложения lQ_{IV} .

3) Аллювиальные отложения alQ_{IV}.

4) Торфяно-болотные отложения hQ_{IV} .

5) Элювиальные отложения elQ_{IV}.

6) Делювиальные отложения dQ_{IV}.

7) Эоловые отложения eolQ_{IV}. (Геология СССР, том XXVII, 1958)

3.3. Тектоника

По возрасту слагающих пород и по времени основных тектонических движений изучаемый регион может считаться древнейшим ядром Балтийского щита. Здесь проявились архейская (беломорская) складчатость. В пределах территории выделяются 2 основные мегазоны, вытянутые с северо-запада на юго-восток: Кольский мегасинклинорий, Беломорский мегантиклинорий. К Кольскому мегасинклинорию на северо-востоке примыкает Мурманский блок (Рис. 15)

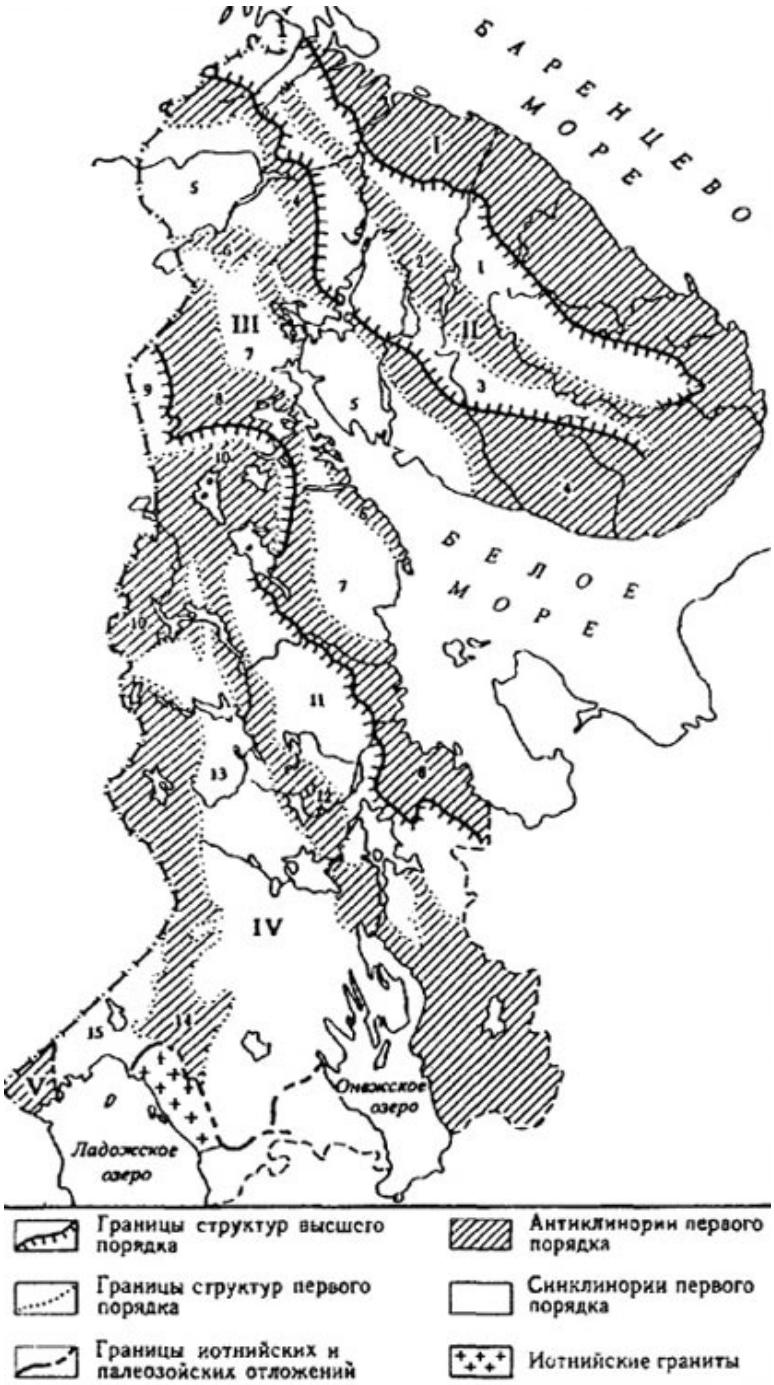


Рис. 15. Тектоническая схема Кольского полуострова и Карелии (по С.И. Макиевскому)

Тектонические структуры: I — Мурманский блок; II — Кольский мегасинклинорий — 1 — Кольско-Кейвский синклинорий, 2 — Центральнокольский антиклинорий, 3 — Печенгско-Варзугский синклинорий; III — Беломорский мегантиклинорий — 4 — Терекe-Нотозерский антиклинорий, 5 — Сальнотундрово-Колвицкий синклинорий, 6 — Кандалакшский антиклинорий, 7 — Енско-Лоухский синклинорий, 8 — Ковдозерский антиклинорий; IV — Главная синклинорная зона карелид — 9 — Северокарельский синклинорий, 10 — Северокарельский антиклинорий, 11 — Восточнокарельский синклинорий, 12 — Фенно-Карельский (Центральнокарельский) антиклинорий, 13 — Западнокарельский синклинорий, 14 — Восточнофинляндский антиклинорий, 15 — Восточнофинляндский синклинорий; V — Свеко-Феннский блок

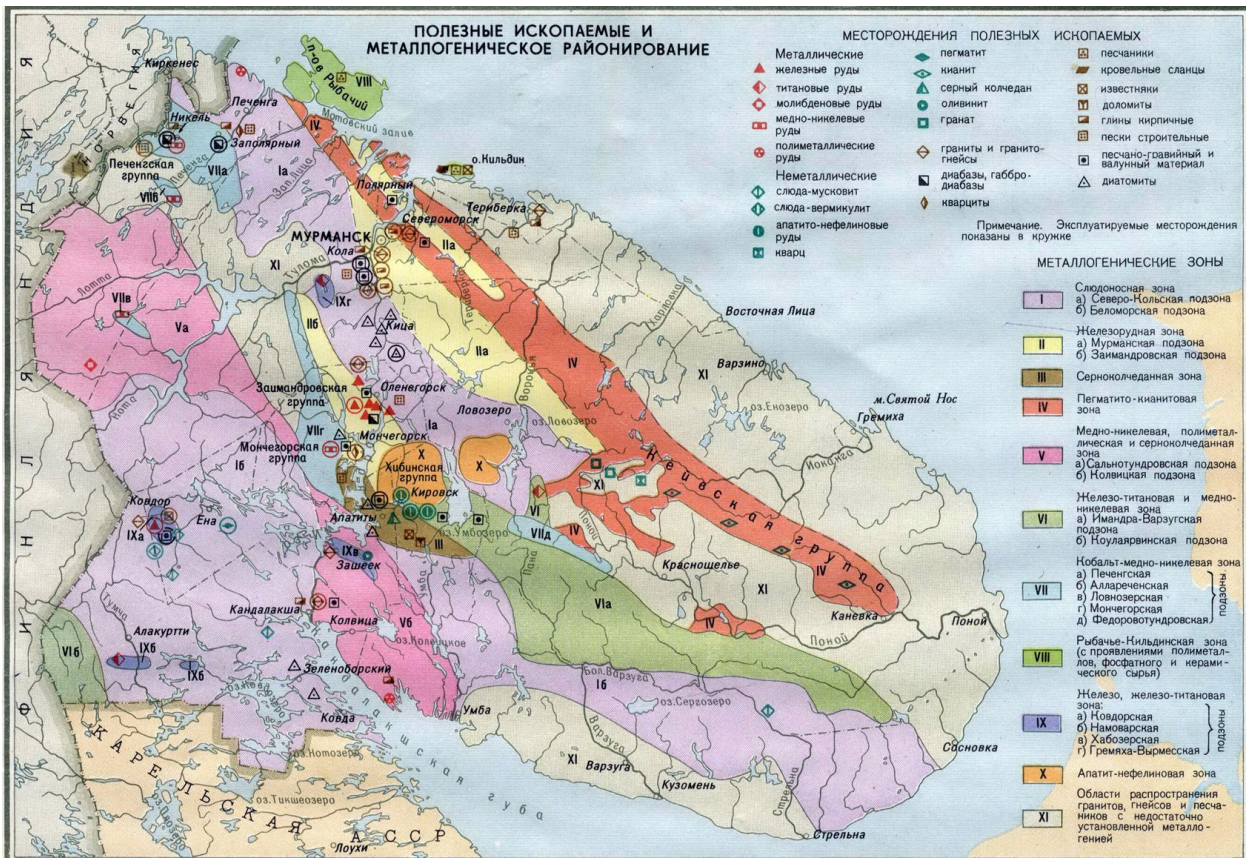
Беломорский массив является наиболее древним участком территории, где завершающей была архейская складчатость. Антиклинальные и синклинальные структуры здесь сложены породами архея. В Кольской и Карельской мегазонах складкообразование протекало в несколько фаз карельской складчатости и закончилось в среднем протерозое. В их строении выделяются два структурных яруса: основание — глубоко метаморфизованные и интенсивно дислоцированные комплексы архейских пород и карелиды — структурные образования, относящиеся к карельскому тектоно-магматическому циклу. Они представлены несогласно залегающими на архейских толщах менее метаморфизованными и дислоцированными нижне- и среднепротерозойскими отложениями, выполняющими ряд синклинориев, синклиналей и впадин. Формирование складчатых структур сопровождалось разломами и интенсивным вулканизмом. Преимущественно к сиклинориям и их краевым зонам приурочены крупные интрузивные массивы и эффузивные поля основных, ультраосновных и щелочных пород, а отложения приобретают здесь осадочно-вулканогенный характер. Наряду с протерозойскими отложениями в этих мегазонах на поверхность выхолят и породы нижнего структурного яруса (архейские), слагающие антиклинальные структуры. Археем сложены и окраинные блоки — Мурманский и Свеко-Феннский.

3.4. Полезные ископаемые

На территории Мурманской области обнаружено около 1000 минералов, что составляет почти 1/3 всех известных на Земле минералов. Примерно 150 минералов не встречаются больше нигде.

Полезные химические элементы в промышленных значениях: водород (вода); фтор (апатит); алюминий (нефелин, кианит; натрий (нефелин); кремний (нефелин, кварц); фосфор (апатит, саамит); сера (сульфиды); калий (нефелин, полевой шпат); кальций (известняк); титан (сфен, лопарит, кнопит, титаномагнетит); ванадий (эгирин, титаномагнетит); кобальт (сульфиды); медь (халькопирит); селен (в сульфидах), железо (магнетит), иттрий и редкие земли (апатит, ловчоррит, лопарит); тантал и ниобий (лопарит); палладий и платина (в сульфидах); магний (оливин, доломит); железо (эгирин); стронций (апатит); цирконий (эвдиалит); вольфрам (щелочные граниты); цинк (сфалерит); свинец (галенит); бериллий (нефелин, берилл); углерод (графит); фтор (флюорит, виллиомит); хром (хромит); галлий (нефелин); германий (сфалерит); молибден

(молибденит); серебро; олово (касситерит), теллур (сульфиды Мончи); барий (барит); гафний (эвдиалит); рений (молибденит); золото; торий (ловчоррит, лопарит, уранинит).



масштаб 1:3000000

Рис.16. Карта полезных ископаемых Мурманской области

Полезные горные породы: гранит, гнейс, лестиварит, нефелиновый сиенит, оливинит, известняк, доломит, кварцит, кварцевый песок, нефелиновый песок, глины, торф, сапропелит.

Полезные минералы: алмаз, графмит, самородное серебро и золото.

Сульфиды цветных мтеллов: пирротин, халькопирит, пентландит, галенит, сфалерит.

Соли галоидов: плавиковый шпат, хлористый натрий.

Окислы: магнетит, кварц, диатомит, апатит

Нерудные полезные ископаемые: нефелин, мусковит, полевой шпат, кианит, силлиманит, гранат абразивный (альмандин), барит.

Руды редких металлов: молибденит, титаномагнетит, сфен, кнопит, перовскит, эгирин, лопарит, эвдиалит, ловчаррит, мурманит. (Ферсман А. Е., 1941)

3.4. Район участка Явр

Район участка Явр расположен в южной части Лапландской подзоны Лапландско-Колвицкой зоны гранулитов Сальнотундровского метаморфического комплекса (L_2-K_1^{1st}), вблизи ее границы с Беломорским блоком.

Район сложен с севера на юг в основном породами подкомплекса глиноземистых гнейсов (ggL_2 –K_1^{1st}) – гнейсы гранат-биотитовые, часто с силлиманитом и (или) с кианитом (кислые гранулиты), и породами подкомплекса основных кристаллосланцев – кристаллосланцы пироксен-плагиоклазовые (psL_2 –K_1^{1st}), гранат-пироксен-плагиоклазовые ($gpsL_2$ –K_1^{1st}), амфиболиты и гранатовые амфиболиты (gaL_2 –K_1^{1st}). Кроме того, в районе закартированы пластовые тела метагаббро и метаанортозитов Яврозерского комплекса ($\upsilon\eta K_1^4 jo$) и штоки и жилы гранитов, грейзенезированных и кварцевых порфиров Юовайского комплекса ($\gamma K_2 jn$).

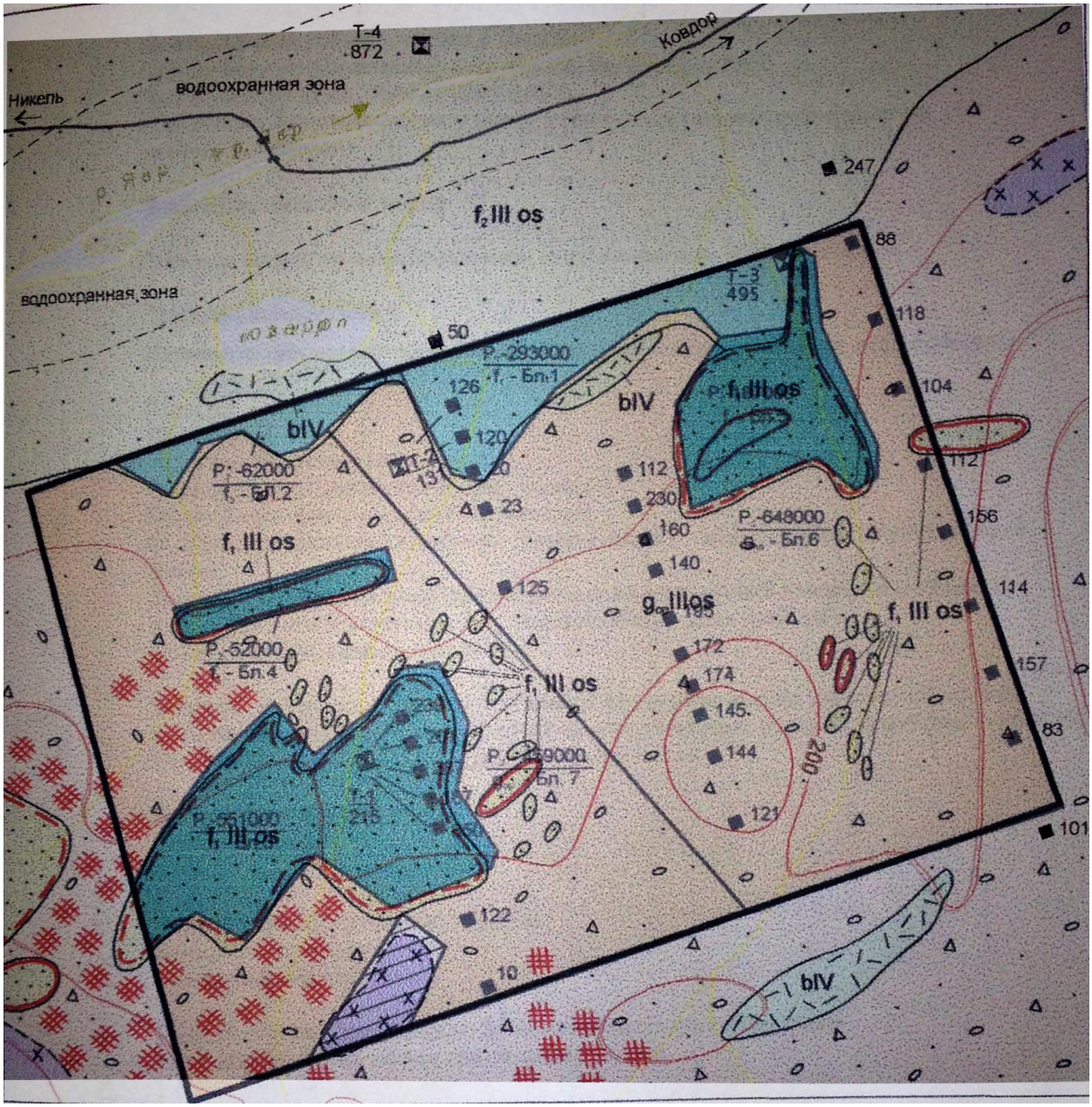
В геоморфологическом плане район работ приурочен к пологим склонам долины реки Явр (с отм. 100-250 м). Площадь района почти полностью перекрыта четвертичными отложениями с развитием аккумулятивных форм рельефа (моренные холмы, камы, озы). Редко отмечены отдельные выходы кристаллических дочетвертичных пород и элювиально-делювиальные развалы (кислые гранулиты). Выше, в приводораздельной части и на сопках, выходы и глыбовые развалы развиты значительно.

Дочетвертичные образования в пределах участка перекрыты практически сплошным чехлом моренных отложений осташковского оледенения (gIIIos), представленных песчано-супесчаной мореной буровато-коричневого цвета с валунно-галечно-гравийным материалом. Гравийно-галечного материала 12-58% , валунов порядка 10%, иногда до 20-30%, редко до 50% (визуальная оценка). В пределах обследованной части участка гранат в моренных отложениях развит повсеместно. Содержание граната в породе 1,40-10,36%, в единичных случаях до 16,60% (содержания граната приведены с учетом количества гравийно-галечного материала в породе), преобладают

фракции +0,071 мм и выше. Мощность моренных отложений в пределах участка предварительно оценивается в 2,5-5 м.

Помимо отложений основной морены, описанной выше, в пределах участка отмечаются образования краевой морены (g_kIIIos), имеющие ограниченное распространение. В рельефе представлены грядами высотой 1*n-10 м, протяженностью первые сотни метров и субширотным простиранием. \

Вдоль русла р. Явр отмечаются выходы морских отложений (mIIIos-H), залегающие на моренных отложениях. Область распространения морских отложений ограничена абсолютными отметками рельефа в диапазоне от 130-135 м (на западе) до 105-110 м (на востоке). Судя по изменению высотных отметок морские отложения формировались в период регрессии морского бассейна. Ширина выходов морских отложений составляет



порядка 1-1,7 км.

Рис 17. Схематическая геологическая карта участка месторождения

В пределах участка Явр в его центральной (район моста через р.Яурийоки) и западной частях выходы морских отложений представлены в виде узких (шириной от n*10 м до 150-200 м) прерывистых полос вдоль его южной границы. Большая часть морских

отложений расположена в пределах водоохраной зоны р. Явр и за линией инженерных сооружений вдоль Госграницы. Наибольшие по площади выходы морских отложений в пределах участка Явр отмечаются в его восточной части – на левом берегу р. Явр к западу от её левого притока р. Кессемкуетскйоки, где они представлены на площади около 3 км^2.

В русле р. Явр отмечаются аллювиальные отложения (aIIIos-H), представленные гранатсодержащими песками и валунно-галечно-гравийно-песчаными отложениями, в зависимости от того какие породы размывались, моренные отложения или морские.

В пределах развития низкогорного рельефа вершины возвышенностей и склоны вблизи них закрыты чехлом элювиально-делювиальных отложений (edIII-H), представленных глыбами, отломами, щебнем, супесчано-суглинистыми отложениями с неокатанным обломочным материалом, по составу отвечающего коренным (дочетвертичным) породам.

Вдоль русел ручьев, на пониженных участках рельефа развиты болотные отложения (plH), представленные торфяниками (ориентировочно мощностью до 1 м), залегающие на моренных и морских отложениях.

Полезные ископаемые – молибден Яуриокского проявления, россыпное проявление граната (Явр), находки благородного корунда и рубина.

4. Технические требования к гранатовому абразивному сырью

Общие требования

1. Продукция должна соответствовать требованиям настоящих технических условий, технического регламента и изготавливаться по технологической документации, утвержденной в установленном порядке.
2. Исходные материалы, применяемые для производства продукции, должны иметь документ о качестве от предприятий-поставщиков, подтверждающие соответствие их качества требованиям нормативной документации.
3. Внесение изменений в технологическую документацию должно производиться в установленном порядке.
4. Качество применяемого сырья должно быть подтверждено отметкой технического контроля изготовителя в эксплуатационной документации.
5. Остаток песка на сите, % в зависимости от размера гранул с сеткой с размерами ячейки сита от 600 до 100 должен соответствовать значениям, указанным в таблице 5. (http://www.r-garnet.ru)

Таблица 6

Размер гранул	Размеры ячейки сита, мкм			
	50 Mesh (600-200)	60 Mesh (400-200)	80 Mesh (300-150)	120 Mesh (200-100)
600	2	-	-	-
425	10	1	-	-
300	50	30	10	-
250	78	70	60	-
121	95	90	85	8
180	100	98	95	55
150	-	100	100	90
125	-	-	-	99
106	-	-	-	100

Химический состав гранатового абразива

Таблица 7

Всего SiO2	31%
Свободный SiO2	0,03%
Cl	23,4 частей на миллион
S04	Следы
Al2O3	21,6%
Fe2O3	37%

TiO2	0,55%
CaO	1,84%

*на примере индийского граната

Физические свойства

Таблица 8

Твердость по шкале Мооса	>7
Удельная масса	4,10
Температура плавления	1260 оС
Форма естественных гранул	Угловатые

Минеральный состав

Таблица 9

Гранат	95,6-97,8%
Ильменит	1,1-3,4%
Кварц	0,4-0,7%
Другое	0,3-0,4%

Дополнительные сведения

Должны быть сведения о следующих данных:

- минералого-петрографический состав с указанием пород и минералов, относимых к вредным компонентам и примесям;
- пустотность;
- содержание органических примесей;
- истинную плотность зерен гранатового абразива.

Соответствие гранатового абразива требованиям стандартов или ТУ должно подтверждаться сертификатами или протоколами испытаний по методикам и в объеме, предусмотренным стандартами на соответствующий материал

Требования безопасности

- Гранатовый абразив относится к негорючим материалам в соответствии с ГОСТ 30244-94 (Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть)
- Удельная эффективная активность естественных радионуклидов Аэфф в продукции должна быть не более 740 Бк/кг, в соответствии "Едиными санитарно-эпидемиологическими и гигиеническими требованиями, применяемыми к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю)", и СП 2.6.1.

798-99 (Обращение с минеральным сырьем и материалами с повышенным содержанием природных радионуклидов)

- Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должны быть выше приведенных по ГОСТ 12.1.005-88 (ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны). Нормирование вредных веществ в воздухе рабочей зоны проводят по ГН 2.2.5.1313-03 (Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны). Нормирование вредных веществ в атмосферном воздухе проводят по ГН 2.1.6.1338-03 (Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест).

Сорта граната

Таблица 10

MESH	MM	BLASTING GRADES				WATER JET GRADES			
		12/25	20/40	20/60	30/60	#60	#80	#100	#120
12	1,680	0-2							
16	1,190	15-30							
18	1,000	20-30							
20	0,841	25-40	**1-3**	0-1					
25	0,707	10-25	**5-10**	3-7					
30	0,595	5-15	**10-20**	5-10	0-1	0			
40	0,420		**45-60**	10-20	10-20	0-2	0		
50	0,297		**5-15**	50-60	45-65	40-65	**5-15**	0	
60	0,250			10-20	20-35	30-50	**25-45**	0-5	0
80	0,177			5-10	0-10	5-15	**35-55**	70-90	0-20
100	0,150						**0-10**	5-15	45-60
120	0,125							0-5	15-30
									0-10

*с сайта компании IOGS http://www.iogsgarnet.com/garnet.html

5. Результаты исследования

5.1. Гранулометрические характеристики песков

1. Содержание фракции крупнее 1 мм

Таблица 11

Выход фракции +1 мм

№ проб	Выход фракции

	+1 мм, мас.%
ТП-5	0,59
ТП-6	0,66
ТП-7	1,81
ТП-8	5,10
ТП-9	1,29

Содержание фракции крупнее 1 мм в песках варьирует по данным исследования технологических проб от 0,6% до 5,1 мас.%.

2. Гранулометрический состав песка фракции -1+0 мм

Таблица 12

Гранулометрический состав фракции песков -1+0 мм

	ТП-5	ТП-6	ТП-7	ТП-8	ТП-9
-1+0,5	15,90	28,55	24,73	30,67	14,56
-0,5+0,4	10,22	21,60	19,29	22,25	10,67
-0,4+0,315	25,70	28,04	27,25	25,68	11,28
-0,315+0,25	19,94	12,31	7,93	12,13	13,97
-0,25+0,2	11,90	6,83	7,00	6,61	17,75
-0,2+0,18	4,50	1,16	5,16	1,27	13,14
-0,18+0,14	4,93	0,76	4,06	0,76	9,26
-0,14+0,125	0,49	0,13	1,00	0,11	1,87
-0,125+0,1	2,66	0,36	2,18	0,30	4,73
-0,1+0,071	1,79	0,18	1,05	0,16	1,97
-0,071+0	1,96	0,07	0,37	0,07	0,80
Сумма	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Пески достаточно крупнозернистые, содержание мелких и тонких фракций крайне низкое, так выход фракции менее 0,071 мм не превышает 2 мас% (проба ТП-5), а некоторых пробах – менее 0,1 мас.% (ТП-6 и ТП-8). Выход фракции менее 0,14 мм в этих пробах – менее 0,8 мас.%, но в других пробах повышается до 5-9 мас.%.

Доля крупных фракций в составе проб велика – крупнее 0,315 мм во всех пробах более 50 мас.%, а в пробах ТП-6 и ТП-8 – вообще более 90%.

Форма кривых распределения частиц песков по размерам близкая (Рис. 18), но распределение в пробах ТП-5 и ТП-9 несколько смещено в сторону мелких классов.

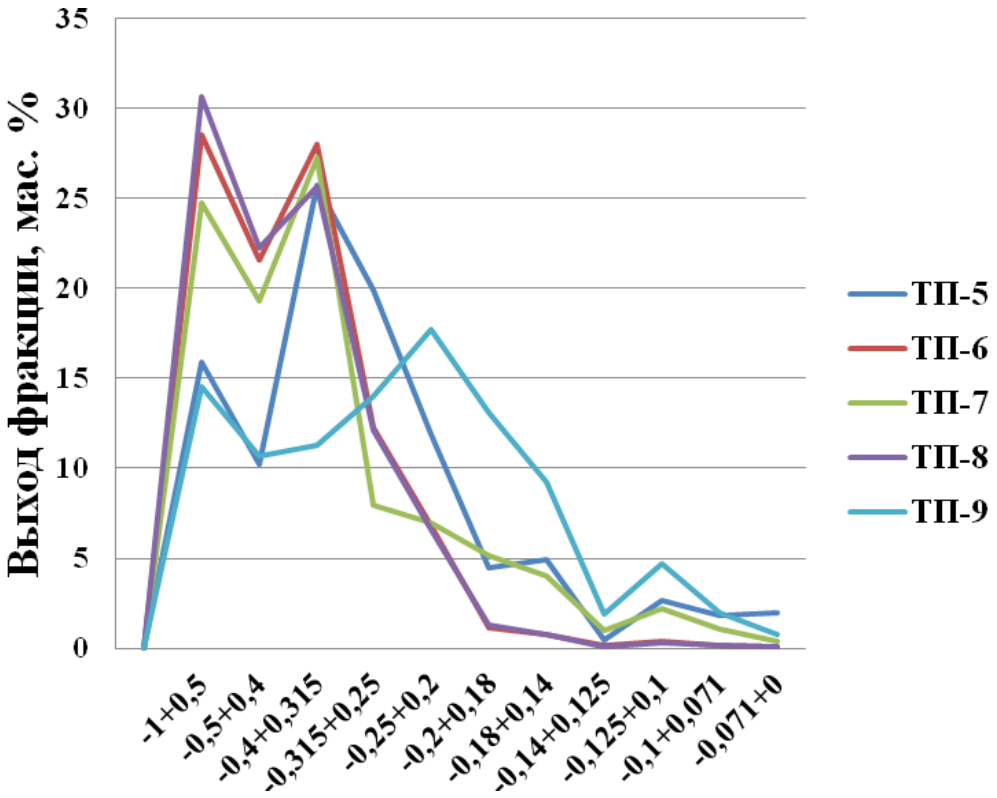


Рис. 18. Распределение гранатового песка по фракциям в диапазоне -1+0 мм.

5.2. Результаты магнитного фракционирования классов крупности песков

Каждый класс крупности песков был фракционирован в магнитом поле 2200 Э (175 кА/м, индукция 220 мТл) с целью получения магнитной фракции и, затем, для выделения парамагнитной фракции при напряженности магнитного поля около 13000 Э (1030 кА/м, индукция 1300 мТл). Для выделения магнитных фракций использован лабораторный магнитный сепаратор ЭВС.

Результаты сепарации в слабых полях показали, что выход сильномагнитной фракции в целом очень мал – от 0,22% (ТП-6) до 0,76% (ТП-9) (Табл. 13). Среди сильномагнитных минералов резко преобладает магнетит, кроме того, встречается техногенное железо (стружка, шарики и пр.)

Для проб гранатсодержащих песков характерен высокий выход парамагнитной фракции, для все проб этот выход близок к 40% (колеблется от 37,5% до 47%) (Табл. 13).

Таблица 13

Результаты магнитного анализа проб

		Содержание, масс.%	Выход фракции абсолютный, масс.%

Грануло-метрические классы, мм	Выход классов %	МФ	ПМ	НФ	Сумма	МФ	ПМ	НФ	Сумма
Проба ТП-5									
-1+0,5	15,90	0,00	12,12	87,88	100,00	0,000	1,93	13,97	15,90
-0,5+0,4	10,22	0,43	29,06	70,51	100,00	0,044	2,97	7,21	10,22
-0,4+0,315	25,70	0,36	34,20	65,44	100,00	0,092	8,79	16,82	25,70
-0,315+0,25	19,94	0,48	56,50	43,02	100,00	0,095	11,27	8,58	19,94
-0,25+0,2	11,90	0,71	60,22	39,07	100,00	0,084	7,16	4,65	11,90
-0,2+0,18	4,50	0,82	70,15	29,04	100,00	0,037	3,16	1,31	4,50
-0,18+0,14	4,93	0,82	65,67	33,51	100,00	0,040	3,24	1,65	4,93
-0,14+0,125	0,49	0,37	61,42	38,20	100,00	0,002	0,30	0,19	0,49
-0,125+0,1	2,66	1,10	49,52	49,38	100,00	0,029	1,32	1,31	2,66
-0,1+0,071	1,79	0,20	39,55	60,25	100,00	0,004	0,71	1,08	1,79
-0,071+0	1,96	0,19	23,55	76,26	100,00	0,004	0,46	1,50	1,96
Итого	100,00	0,43	41,30	58,26	100,00	0,431	41,30	58,26	100,00
Проба ТП-6									
-1+0,5	28,55	0,02	10,85	89,13	100,00	0,005	3,10	25,44	28,55
-0,5+0,4	21,60	0,05	32,60	67,35	100,00	0,010	7,04	14,55	21,60
-0,4+0,315	28,04	0,06	48,63	51,31	100,00	0,016	13,64	14,39	28,04
-0,315+0,25	12,31	0,10	63,11	36,79	100,00	0,012	7,77	4,53	12,31
-0,25+0,2	6,83	0,80	66,84	32,36	100,00	0,055	4,56	2,21	6,83
-0,2+0,18	1,16	5,15	54,08	40,77	100,00	0,060	0,63	0,47	1,16
-0,18+0,14	0,76	4,58	53,59	41,83	100,00	0,035	0,41	0,32	0,76
-0,14+0,125	0,13	7,69	46,15	46,15	100,00	0,010	0,06	0,06	0,13
-0,125+0,1	0,36	1,37	53,42	45,21	100,00	0,005	0,19	0,16	0,36
-0,1+0,071	0,18	2,78	83,33	13,89	100,00	0,005	0,15	0,02	0,18
-0,071+0	0,07	6,67	46,67	46,67	100,00	0,005	0,03	0,03	0,07
Итого	100,00	0,22	37,58	62,20	100,00	0,218	37,58	62,20	100,00
Проба ТП-7									
-1+0,5	24,73	0,01	8,91	91,08	100,00	0,003	2,20	22,52	24,73
-0,5+0,4	19,29	0,32	41,60	58,08	100,00	0,062	8,02	11,20	19,29
-0,4+0,315	27,25	0,20	52,19	47,61	100,00	0,055	14,22	12,97	27,25
-0,315+0,25	7,93	0,89	63,72	35,40	100,00	0,070	5,05	2,81	7,93
-0,25+0,2	7,00	0,65	49,12	50,23	100,00	0,045	3,44	3,51	7,00
-0,2+0,18	5,16	0,97	50,17	48,86	100,00	0,050	2,59	2,52	5,16
-0,18+0,14	4,06	0,99	41,32	57,69	100,00	0,040	1,68	2,34	4,06
-0,14+0,125	1,00	1,25	48,62	50,13	100,00	0,013	0,49	0,50	1,00
-0,125+0,1	2,18	0,46	20,06	79,48	100,00	0,010	0,44	1,73	2,18
-0,1+0,071	1,05	0,72	52,68	46,60	100,00	0,008	0,55	0,49	1,05
-0,071+0	0,37	1,37	61,43	37,21	100,00	0,005	0,23	0,14	0,37
Итого	100,00	0,36	38,90	60,73	100,00	0,361	38,90	60,73	100,00

Продолжение таблицы 13

Грануло-метрические классы, мм	Выход классов %	Содержание, масс.%				Выход фракции абсолютный, масс.%			
		МФ	ПМ	НФ	Сумма	МФ	ПМ	НФ	Сумма
Проба ТП-8									
-1+0,5	30,67	0,02	19,82	80,17	100,00	0,005	6,08	24,59	30,67
-0,5+0,4	22,25	0,16	48,55	51,29	100,00	0,036	10,80	11,41	22,25
-0,4+0,315	25,68	0,27	48,80	50,94	100,00	0,068	12,53	13,08	25,68
-0,315+0,25	12,13	0,83	56,41	42,76	100,00	0,101	6,84	5,18	12,13
-0,25+0,2	6,61	0,66	50,51	48,83	100,00	0,044	3,34	3,23	6,61
-0,2+0,18	1,27	3,48	49,97	46,55	100,00	0,044	0,63	0,59	1,27
-0,18+0,14	0,76	4,43	55,09	40,48	100,00	0,034	0,42	0,31	0,76
-0,14+0,125	0,11	12,77	55,33	31,90	100,00	0,014	0,06	0,04	0,11
-0,125+0,1	0,30	4,77	74,69	20,55	100,00	0,014	0,23	0,06	0,30
-0,1+0,071	0,16	6,08	66,84	27,09	100,00	0,010	0,11	0,04	0,16
-0,071+0	0,07	14,37	50,31	35,31	100,00	0,010	0,03	0,02	0,07
Итого	100,00	0,38	41,07	58,55	100,00	0,380	41,07	58,55	100,00
Проба ТП-9									
-1+0,5	14,56	0,25	10,42	89,33	100,00	0,036	1,52	13,00	14,56
-0,5+0,4	10,67	0,39	23,75	75,86	100,00	0,042	2,53	8,10	10,67
-0,4+0,315	11,28	0,53	35,28	64,19	100,00	0,059	3,98	7,24	11,28
-0,315+0,25	13,97	0,68	61,73	37,59	100,00	0,095	8,63	5,25	13,97
-0,25+0,2	17,75	0,67	68,03	31,30	100,00	0,119	12,08	5,56	17,75
-0,2+0,18	13,14	0,72	60,64	38,63	100,00	0,095	7,97	5,07	13,14
-0,18+0,14	9,26	1,28	56,39	42,32	100,00	0,119	5,22	3,92	9,26
-0,14+0,125	1,87	1,59	64,76	33,65	100,00	0,030	1,21	0,63	1,87
-0,125+0,1	4,73	1,64	56,86	41,51	100,00	0,077	2,69	1,96	4,73
-0,1+0,071	1,97	3,93	45,92	50,15	100,00	0,077	0,90	0,99	1,97
-0,071+0	0,80	1,41	47,80	50,79	100,00	0,011	0,38	0,40	0,80
Итого	100,00	0,76	47,11	52,13	100,00	0,761	47,11	52,13	100,00

5.3. Содержание граната во фракциях крупности песков

Поскольку гранат является парамагнитным минералом, он концентрируется в парамагнитной фракции. Содержание в парамагнитной фракции может достигать 65-72 мас. %. С другой стороны, в немагнитной фракции содержание граната значительно ниже – в большинстве фракций оно меньше 1 мас. %, и только в самых мелких фракциях повышается до 5-10 мас. % (табл. 14).

Содержание граната в классах крупности имеет тенденцию к повышению от крупных классов к мелким (рис. 18). Исключение составляют только пробы ТП-5 и ТП-9, у которых наблюдается резкое обеднение тонких и мелких классов крупности песков.

Таблица 14

Содержание граната во фракциях песков

Грануло-метрические классы, мм	Содержание граната, масс.%			Распределение,%	
	ПМФ	НМФ	в гран. классе	ПМФ	НМФ
Проба ТП-5					
-1+0,5	11,4	0,2	1,56	0,887	0,113
-0,5+0,4	25,7	0,6	7,89	0,946	0,054
-0,4+0,315	26,7	1,2	9,92	0,921	0,079
-0,315+0,25	33,8	0,4	19,27	0,991	0,009
-0,25+0,2	43,6	0,7	26,53	0,990	0,010
-0,2+0,18	44,5	0,8	31,45	0,993	0,007
-0,18+0,14	58,3	1,2	38,69	0,990	0,010
-0,14+0,125	64,4	1,1	39,98	0,989	0,011
-0,125+0,1	33,6	1,9	17,58	0,947	0,053
-0,1+0,071	34,9	3,8	16,09	0,858	0,142
-0,071+0	42,6	7,8	15,98	0,628	0,372
Проба ТП-6					
-1+0,5	10,1	0,12	1,20	0,911	0,089
-0,5+0,4	28,9	0,55	9,79	0,962	0,038
-0,4+0,315	33,3	1,1	16,76	0,966	0,034
-0,315+0,25	37,4	1	23,97	0,985	0,015
-0,25+0,2	42,5	0,9	28,70	0,990	0,010
-0,2+0,18	53,8	0,65	29,36	0,991	0,009
-0,18+0,14	62,6	1,1	34,01	0,986	0,014
-0,14+0,125	64,4	1,5	30,42	0,977	0,023
-0,125+0,1	48,8	1,7	26,84	0,971	0,029
-0,1+0,071	49,5	2,9	41,65	0,990	0,010
-0,071+0	50,5	6,7	26,69	0,883	0,117
Проба ТП-7					
-1+0,5	9,26	0,1	0,92	0,901	0,099
-0,5+0,4	34,4	0,6	14,66	0,976	0,024
-0,4+0,315	37,9	0,77	20,15	0,982	0,018
-0,315+0,25	38,6	1,3	25,06	0,982	0,018
-0,25+0,2	42,7	1,4	21,68	0,968	0,032
-0,2+0,18	49,6	0,92	25,33	0,982	0,018
-0,18+0,14	54,5	0,67	22,90	0,983	0,017
-0,14+0,125	64,2	1,1	31,77	0,983	0,017
-0,125+0,1	59,7	1,9	13,48	0,888	0,112
-0,1+0,071	60	3,7	33,33	0,948	0,052
-0,071+0	61,4	7,3	40,43	0,933	0,067

Проба ТП-8					
-1+0,5	19,7	0,22	4,08	0,957	0,043
-0,5+0,4	32,8	0,7	16,28	0,978	0,022
-0,4+0,315	48,5	0,65	24,00	0,986	0,014
-0,315+0,25	44,6	1,1	25,63	0,982	0,018
-0,25+0,2	44,7	1,2	23,16	0,975	0,025
-0,2+0,18	52,1	1,1	26,55	0,981	0,019
-0,18+0,14	57,8	0,7	32,13	0,991	0,009
-0,14+0,125	67,1	0,85	37,40	0,993	0,007
-0,125+0,1	63,3	3,9	48,08	0,983	0,017
-0,1+0,071	62,4	5,8	43,28	0,964	0,036
-0,071+0	55,6	9,6	31,36	0,892	0,108
Проба ТП-9					
-1+0,5	17,56	0,2	2,01	0,911	0,089
-0,5+0,4	35,6	0,7	8,98	0,941	0,059
-0,4+0,315	49,3	0,7	17,84	0,975	0,025
-0,315+0,25	57,5	0,2	35,57	0,998	0,002
-0,25+0,2	63,2	1,3	43,40	0,991	0,009
-0,2+0,18	66,5	0,3	40,44	0,997	0,003
-0,18+0,14	72,4	0,7	41,12	0,993	0,007
-0,14+0,125	64,1	0,3	41,61	0,998	0,002
-0,125+0,1	47,1	1,2	27,28	0,982	0,018
-0,1+0,071	52,5	2,7	25,46	0,947	0,053
-0,071+0	43,4	5,6	23,59	0,879	0,121

Распределение граната по классам крупности весьма показательное. В трех пробах оно практически идентичное (ТП-6, ТП-7, ТП-8) (Табл. 15), оно характеризуется одним интенсивным максимумом в области гранулометрического класса -0,4+0,315 мм.

В пробе ТП-5 максимум распределения граната несколько ниже – в области 0,315+0,2 мм, а в пробе ТП-9 еще ниже – в классе -0,25+0,18 мм (Табл. 15).

Пробы показывает значительный выход ликвидных марочных фракций песка для пескоструйной обработки – в пробах ТП-6, 7 и 8 выход фракций 20/60 или 30/60 составляет 67-85 мас.% (Табл. 16). В пробах ТП-5 и ТП-9 выход этих фракций менее 50% (28-49 мас.%). С другой стороны, в этих пробах ТП-5 и ТП-9 более высокий выход фракции 80 меш для гидроабразивной резки материалов (от 55% до 65%), в остальных пробах выход фракции 80 меш от 30% до 40% (Табл. 16).

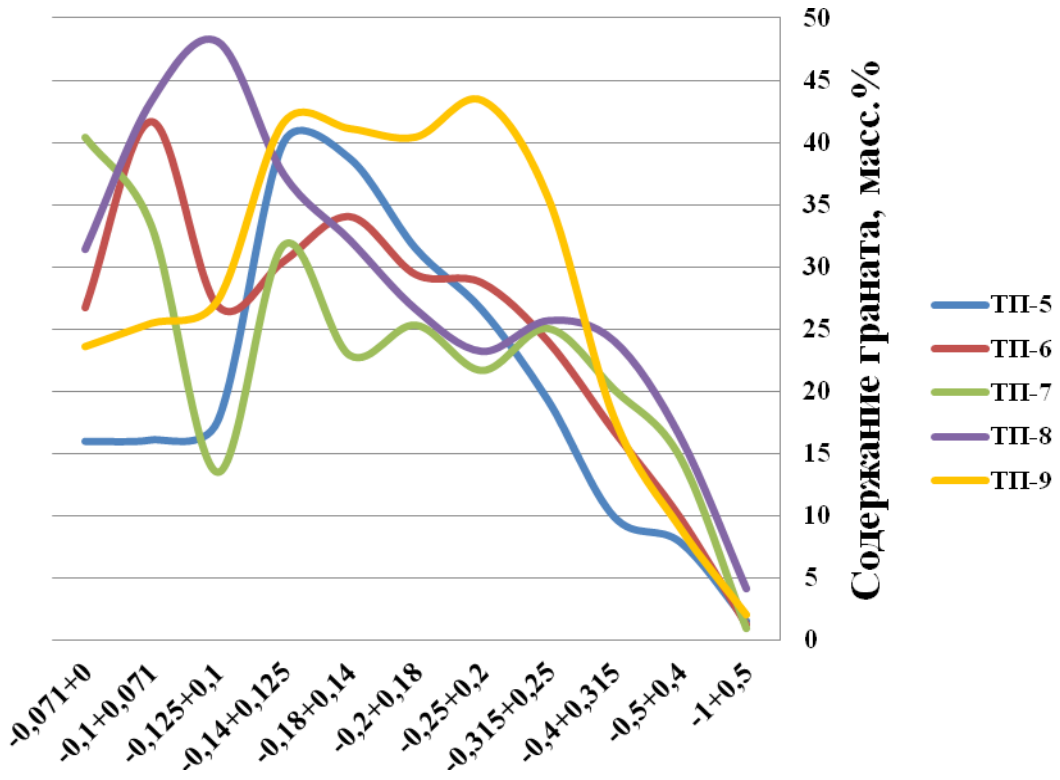


Рис. 19. Изменение содержание граната по классам крупности песков.

Таблица 15

Распределение граната по классам крупности

Классы крупности, мм	ТП-5	ТП-6	ТП-7	ТП-8	ТП-9
-1+0,5	1,6	2,7	1,5	7,6	1,1
-0,5+0,4	5,3	16,4	18,4	21,9	3,4
-0,4+0,315	16,8	36,4	35,7	37,3	7,2
-0,315+0,25	25,3	22,9	12,9	18,8	17,9
-0,25+0,2	20,8	15,2	9,9	9,3	27,7
-0,2+0,18	9,3	2,6	8,5	2,0	19,1
-0,18+0,14	12,6	2,0	6,0	1,5	13,7
-0,14+0,125	1,3	0,3	2,1	0,3	2,8
-0,125+0,1	3,1	0,8	1,9	0,9	4,6
-0,1+0,071	1,9	0,6	2,3	0,4	1,8
-0,071+0	2,1	0,2	1,0	0,1	0,7

Примечание: желтым отмечено положение максимумов кривых распределления.

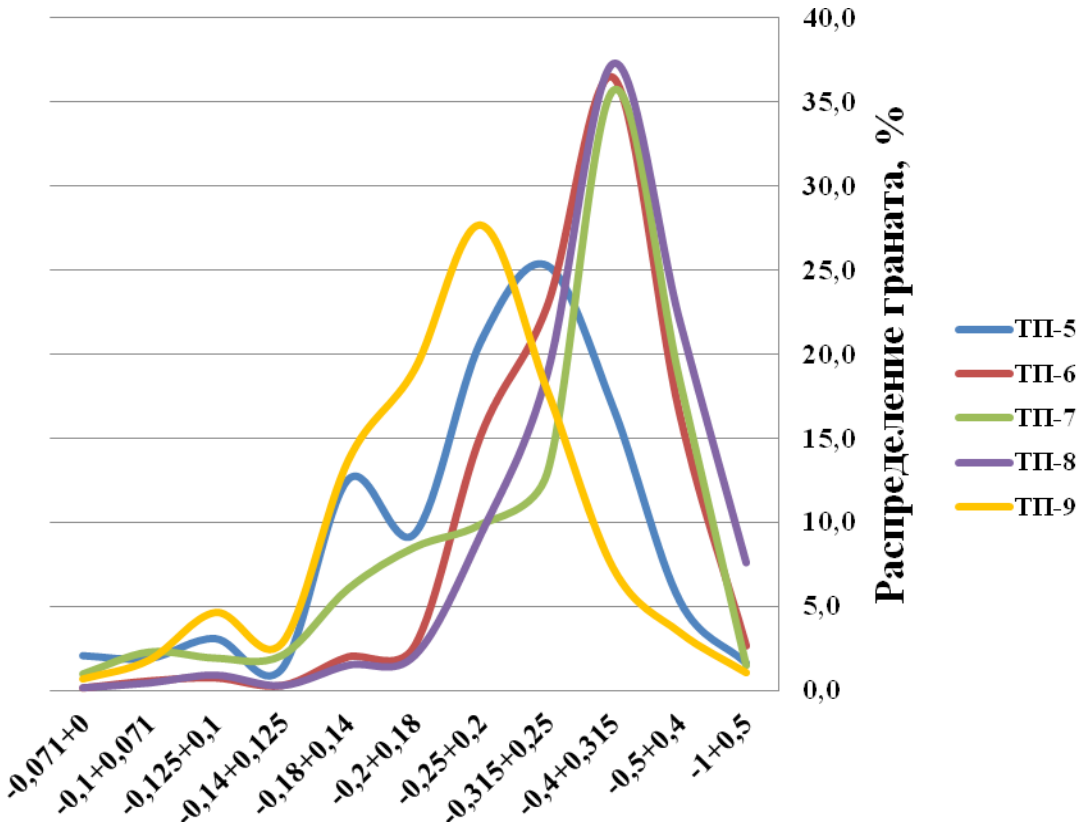


Рис. 19. Распределение граната по классам крупности песков

Таблица 16

Выход марочных продуктов из материала технологических проб

Марка гранатового песка	Диапазон размеров зерен, мм	ТП-5	ТП-6	ТП-7	ТП-8	ТП-9
Для пескоструйной очистки						
20/40	0,85/0,425	6,9	19,1	19,8	29,5	4,5
20/60	0,85/0,25	49,0	78,4	68,4	85,6	29,6
30/60	0,6/0,25	47,4	75,7	67,0	78,0	28,5
Для гидроабразивной резки						
80 mesh	0,315/0,18	55,4	40,7	31,3	30,1	64,7
100 mesh	0,25/0,15	42,7	19,8	24,4	12,8	60,5
60 mesh	0,4/0,25	42,1	59,3	48,6	56,1	25,1
50 mesh	0,6/0,25	47,4	75,7	67,0	78,0	28,5
120 mesh	0,14/0,125	7,6	1,3	5,1	1,0	9,6
<120 mesh	<0,125	7,0	1,5	5,1	1,4	7,1

5.4. Содержание граната в пробах гранатсодержащих песков

Среднее содержание граната в пробах вычислено по результатам минералогического анализа гранулометрических фракций парамагнитной и немагнитной фракций песков (табл. 7).

Объемный вес проб определен по ранее установленной зависимости от содержания граната в пробах песков:

Об. вес = 0,0053 Сгран.+1,505

Перевод от массовых содержаний в мас.% в кг/м^3 осуществлялся с применением вычисленного объемного веса (Табл. 17).

Таблица 17

Среднее содержание граната в пробах

№ проб	Среднее содержание в пробе,		Объемный вес, г/см^3	Распределение граната по фракциям, д. ед.	
	мас.%	кг/м^3		ПМФ	НМФ
ТП-5	15,19	240,9	1,586	0,953	0,047
ТП-6	12,90	203,0	1,573	0,973	0,027
ТП-7	15,39	244,2	1,587	0,975	0,025
ТП-8	16,53	263,3	1,593	0,980	0,020
ТП-9	27,82	459,7	1,652	0,988	0,012

5.5. Попутные компоненты в пробах песков

Среди минералов, представляющих интерес для промышленного использования, обнаружены рутил, циркон и кианит (Табл. 18).

Таблица 18

Среднее содержание попутных компонентов в пробах песков

№ проб	Рутил		Циркон		*Рутил /Циркон*	Кианит	
	мас.%	кг/м^3	мас.%	кг/м^3		мас.%	кг/м^3
ТП-5	0,33	5,23	0,080	1,28	*4,10*	2,65	42,0
ТП-6	0,31	4,88	0,059	0,94	*5,21*	3,42	53,8
ТП-7	0,35	5,55	0,095	1,51	*3,68*	4,02	63,8
ТП-8	0,394	6,27	0,099	1,58	*3,98*	3,42	54,5
ТП-9	0,56	9,25	0,132	2,18	*4,25*	4,44	73,4

Указанные минералы концентрируются в немагнитной фракции гравитационных концентратов, откуда могут быть извлечены после выделения гранатовых продуктов. (Рис. 21)

5.6. Технологические свойства гранатсодержащих песков

Технологические исследования проведены с целью определения основных технологических показателей:

- извлечение граната в концентрат по гравитационно-магнитной схеме;
- выход рабочих фракций граната 20/60 и 80 меш;
- качество конечных продуктов;
- качество концентратов попутных минералов.

Схема обогащения представлена на Рис. 20, 21.

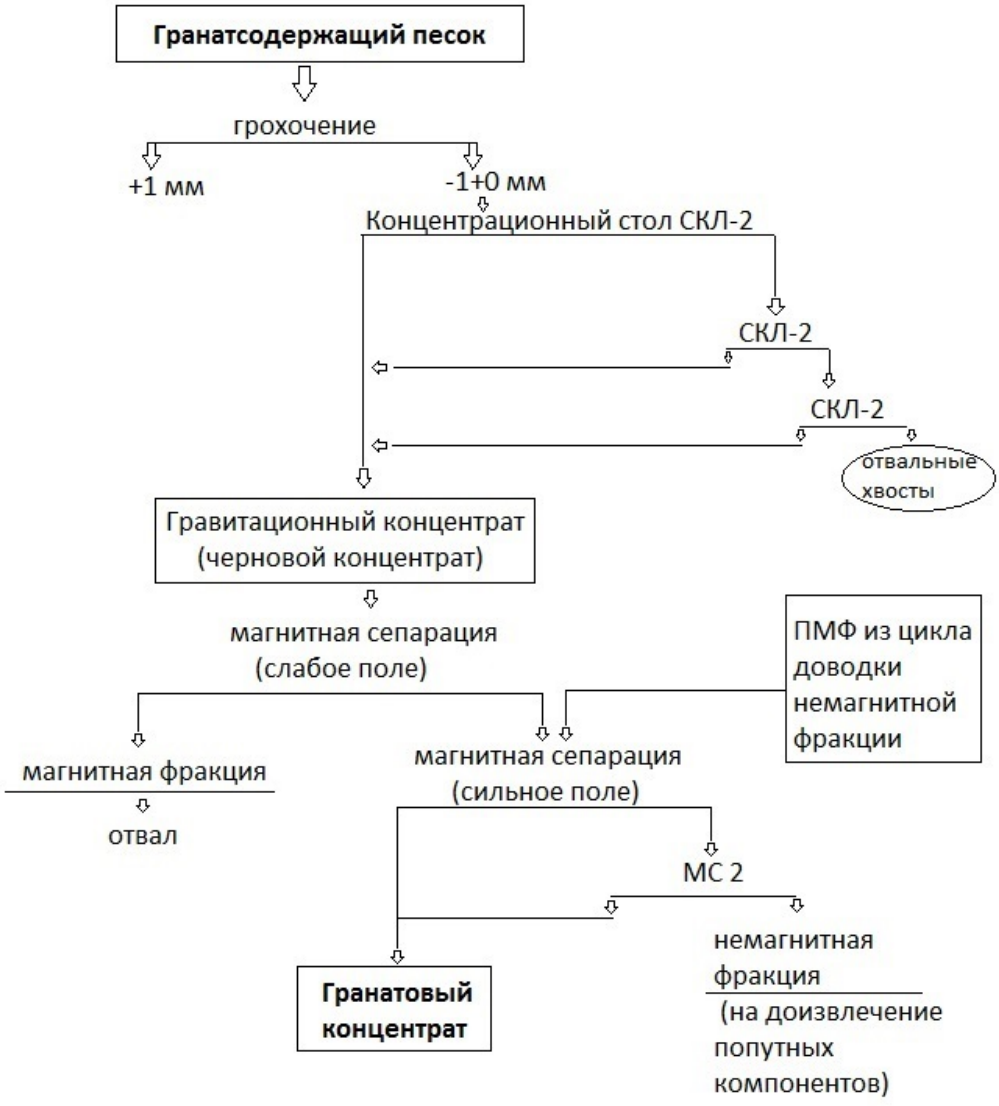


Рис. 20. Схема получения гранатового концентрата

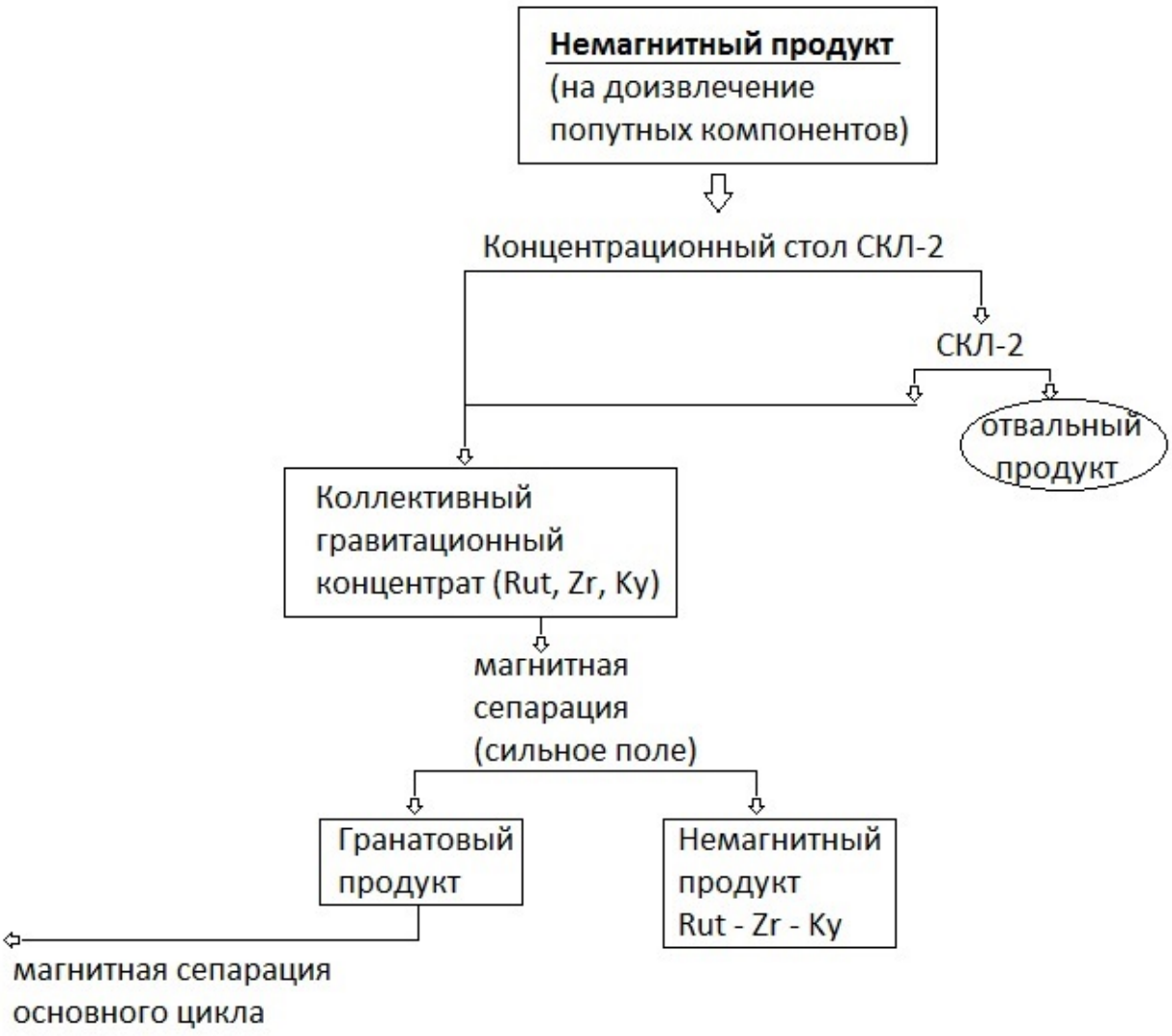


Рис. 21. Схема получения гранатового концентрата (из немагнитного продукта)

Таблица 19

Технологические показатели предварительного обогащения гранатовых песков (фракция -1+0 мм)

№ проб	Среднее содержание в пробе, мас.%				Выход предкон-центрата	Содержание, мас.%				Извлечение, %			
	гранат	рутил	циркон	кианит	%	гранат	рутил	циркон	кианит	гранат	рутил	циркон	кианит
ТП-5	15,19	0,33	0,080	2,65	18,33	75,2	1,35	0,370	7,0	90,7	75,0	84,3	48,4
ТП-6	12,90	0,31	0,059	3,42	15,65	72,7	1,50	0,320	12,2	88,2	75,7	84,2	55,8
ТП-7	15,39	0,35	0,095	4,02	19,20	74,6	1,44	0,450	11,5	93,0	79,0	90,8	54,9
ТП-8	16,53	0,394	0,099	3,42	19,88	77,8	1,62	0,440	7,5	93,6	81,7	88,3	43,6
ТП-9	27,82	0,56	0,132	4,44	31,75	83,6	1,50	0,400	7,1	95,4	85,0	96,4	50,8

№ проб	Среднее содержание в пробе, мас.%				Выход отвальных хвостов	Содержание, мас.%				Извлечение, %			
	гранат	рутил	циркон	кианит	%	гранат	рутил	циркон	кианит	гранат	рутил	циркон	кианит
ТП-5	15,19	0,33	0,080	2,65	81,67	1,72	0,10	0,016	1,7	9,3	25,0	15,7	51,6
ТП-6	12,90	0,31	0,059	3,42	84,35	1,81	0,09	0,011	1,8	11,8	24,3	15,8	44,2
ТП-7	15,39	0,35	0,095	4,02	80,80	1,32	0,09	0,011	2,2	7,0	21,0	9,2	45,1
ТП-8	16,53	0,394	0,099	3,42	80,12	1,33	0,09	0,015	2,4	6,4	18,3	11,7	56,4
ТП-9	27,82	0,56	0,132	4,44	68,25	1,87	0,12	0,007	3,2	4,6	15,0	3,6	49,2

Таблица 20

Результаты магнитной сепарации гравитационного концентрата (результаты от операции)

№ проб	Среднее содержание в пробе, мас.%				Выход, %	Содержание, мас.%				Извлечение, %			
	гранат	рутил	циркон	кианит		гранат	рутил	циркон	кианит	гранат	рутил	циркон	кианит
Магнитная фракция													
ТП-5	75,20	1,35	0,370	7	2,68	16,3	0,06	<0,01	1,3	0,58	0,1	<0,3	0,5
ТП-6	72,70	1,5	0,320	12,2	1,22	12,3	0,04	<0,01	0,9	0,21	<0,1	<0,3	0,1
ТП-7	74,60	1,44	0,450	11,5	2,01	7,9	0,07	<0,01	1,1	0,21	0,1	<0,3	0,2
ТП-8	77,80	1,62	0,440	7,5	2,05	14,4	0,04	<0,01	1,2	0,38	0,1	<0,3	0,3
ТП-9	83,60	1,5	0,400	7,1	2,45	15,2	0,11	<0,01	2,0	0,45	0,2	<0,3	0,7
Парамагнитная фракция													
	гранат	рутил	циркон	кианит	выход, %	гранат	рутил	циркон	кианит	гранат	рутил	циркон	кианит
ТП-5	75,20	1,35	0,370	7	75,83	95,90	0,12	0,022	2,3	96,7	6,7	4,5	24,9
ТП-6	72,70	1,5	0,320	12,2	71,25	95,70	0,08	0,020	3,1	93,8	3,8	4,5	18,1
ТП-7	74,60	1,44	0,450	11,5	72,84	96,90	0,10	0,018	3,0	94,6	4,8	2,9	19,0
ТП-8	77,80	1,62	0,440	7,5	75,35	97,70	0,11	0,023	1,8	94,6	5,1	3,9	18,1
ТП-9	83,60	1,5	0,400	7,1	82,16	98,10	0,08	0,015	1,1	96,4	4,2	3,1	12,7
Немагнитная фракция													
	гранат	рутил	циркон	кианит	выход, %	гранат	рутил	циркон	кианит	гранат	рутил	циркон	кианит
ТП-5	75,20	1,35	0,370	7	21,49	1,9	1,43	0,358	9,2	2,7	93,2	95,5	74,6
ТП-6	72,70	1,5	0,320	12,2	27,53	2,8	1,08	0,206	10,2	6,0	96,2	95,5	81,8
ТП-7	74,60	1,44	0,450	11,5	25,15	3,2	1,32	0,367	12,9	5,2	95,1	97,1	80,8
ТП-8	77,80	1,62	0,440	7,5	22,60	3,7	1,65	0,421	12,3	5,0	94,8	96,1	81,6
ТП-9	83,60	1,5	0,400	7,1	15,39	5,7	3,48	0,830	25,0	3,1	95,7	96,9	86,6

Доводка немагнитной фракции

Таблица 21

Среднее содержание в пробе, мас.%				Выход грав к-та	Содержание, мас.%				Извлечение, %			
гранат	рутил	циркон	кианит	%	гранат	рутил	циркон	кианит	гранат	рутил	циркон	кианит
1,9	1,43	0,358	9,2	14,30	11,5	7,88	2,031	44,3	85,4	78,8	81,2	68,9
2,8	1,08	0,206	10,2	13,20	18,6	6,19	1,245	56,4	87,2	75,5	79,6	73,2
3,2	1,32	0,367	12,9	17,10	16,0	5,84	1,725	58,7	86,2	75,4	80,3	77,7
3,7	1,65	0,421	12,3	19,40	16,0	6,49	1,739	47,5	84,7	76,2	80,1	74,6
5,7	3,48	0,830	25,0	37,90	12,7	7,37	1,879	51,9	84,8	80,3	85,8	78,7

Среднее содержание в пробе, мас.%				Выход грав хв	Содержание, мас.%				Извлечение, %			
гранат	рутил	циркон	кианит	%	гранат	рутил	циркон	кианит	гранат	рутил	циркон	кианит
1,9	1,43	0,358	9,2	85,70	0,3	0,35	0,078	3,3	14,6	21,2	18,8	31,1
2,8	1,08	0,206	10,2	86,80	0,4	0,31	0,049	3,1	12,8	24,5	20,4	26,8
3,2	1,32	0,367	12,9	82,90	0,5	0,39	0,087	3,5	13,8	24,6	19,7	22,3
3,7	1,65	0,421	12,3	80,60	0,7	0,49	0,104	3,9	15,3	23,8	19,9	25,4
5,7	3,48	0,830	25,0	62,10	1,4	1,10	0,190	8,6	15,2	19,7	14,2	21,3

Магнитная сепарация при доводке немагнитной фракции

Таблица 22

№ проб	Среднее содержание в пробе, мас.%				ПМФ	Содержание, мас.%				Извлечение, %			
	гранат	рутил	циркон	кианит	%	гранат	рутил	циркон	кианит	гранат	рутил	циркон	кианит
ТП-5	11,5	7,882	2,031	44,3	12,30	90,3	0,77	0,08	6,49	96,9	1,2	3,6	1,8
ТП-6	18,6	6,19	1,245	56,4	19,30	91,2	0,42	0,05	4,96	94,7	1,3	4,0	1,7
ТП-7	16,0	5,84	1,725	58,7	17,30	88,6	0,30	0,10	6,78	96,0	0,9	5,2	2,0
ТП-8	16,0	6,49	1,739	47,5	17,00	89,5	0,31	0,06	5,31	95,3	0,8	3,3	1,9
ТП-9	12,7	7,37	1,879	51,9	13,60	90,4	0,87	0,08	7,25	96,7	1,6	3,9	1,9

№ проб	Среднее содержание в пробе, мас.%				НМФ	Содержание, мас.%				Извлечение, %			
	гранат	рутил	циркон	кианит	%	гранат	рутил	циркон	кианит	гранат	рутил	циркон	кианит
ТП	11,5	7,88	2,031	44,3	87,7	0,4	8,88	2,232	49,6	3,1	98,8	96,4	98,2

-5		2			0								
ТП-6	18,6	6,19	1,245	56,4	80,70	1,2	7,58	1,481	68,6	5,3	98,7	96,0	98,3
ТП-7	16,0	5,84	1,725	58,7	82,70	0,8	6,99	1,977	69,5	4,0	99,1	94,8	98,0
ТП-8	16,0	6,49	1,739	47,5	83,00	0,9	7,76	2,026	56,1	4,7	99,2	96,7	98,1
ТП-9	12,7	7,37	1,879	51,9	86,40	0,5	8,40	2,089	58,9	3,3	98,4	96,1	98,1

Таблица 23

Суммарные показатели обогащения гранатового песка

(от исходной фракции -1+0 мм)

Параметры	ТП-5	ТП-6	ТП-7	ТП-8	ТП-9
Черновой концентрат					
Содержание граната	75,2	72,7	74,6	77,8	83,6
Извлечение граната	90,7	88,2	93,0	93,6	95,4
Содержание рутила	1,35	1,50	1,44	1,62	1,50
Извлечение рутила	75,0	75,7	79,0	81,7	85,0
Содержание циркона	0,080	0,059	0,095	0,099	0,132
Извлечение циркона	84,3	84,2	90,8	88,3	96,4
Содержание кианита	7	12,2	11,5	7,5	7,1
Извлечение кианита	48,4	55,8	54,9	43,6	50,8
Парамагнитная фракция (гранатовый концентрат)					
Содержание граната	95,9	95,7	96,9	97,7	98,1
Извлечение граната	87,7	82,7	88,0	88,5	92,0
Немагнитная фракция					
Содержание граната	1,9	2,8	3,2	3,7	5,7
Извлечение граната	2,5	5,3	4,8	4,7	3,0
Содержание рутила	1,43	1,08	1,32	1,65	3,48
Извлечение рутила	69,9	72,8	75,1	77,5	81,4
Содержание циркона	0,358	0,206	0,367	0,421	0,830
Извлечение циркона	80,5	80,5	88,1	84,8	93,4
Содержание кианита	9,2	10,2	12,9	12,3	25,0
Извлечение кианита	36,1	45,7	44,4	35,6	44,0

Доводка немагнитной фракции и получение попутной продукции

В немагнитной фракции остается значительная концентрация граната, что может быть резервом для повышения сквозного извлечения минерала. Кроме того, в немагнитной фракции содержатся высокие концентрации рутила, циркона и кианита (Табл. 23).

Доводка немагнитной фракции осуществляется на концентрационном столе, включая основную операцию и контрольную сепарацию

5.7. Состав гранатовых фракций

Таблица 24

Минералы	**Фр -0,14+0,07**	**Фр -0,25+0,14**	**Фр -0,4+0,25**
Гранат	93,46	94,34	94,34
Пироксен+амфибол	1,87	2,83	2,83
Ильменит	1,87	0,94	0,94
Лейкоксен	0,93	0,94	Зн
Титанит	1,87	Зн	0,94
Слюда	зн	0,94	зн

Состав НМФ: рутил, циркон, кварц, полевой шпат, гранат, ставролит, титанит, кианит.

Химический состав гранатов

Таблица 25

	ТП-5		ТП-6	ТП-7		ТП-8			ТП-9	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO_2	39,60	40,72	39,15	38,18	39,48	40,05	40,39	39,13	39,90	39,70
Al_2O_3	23,08	22,19	22,51	20,78	22,14	23,29	22,99	22,21	22,24	21,81
$FeO^{общ}$	24,82	23,80	27,18	26,16	25,82	21,90	21,68	22,67	24,10	25,61
MgO	11,42	12,08	9,99	11,02	11,24	13,18	13,89	7,64	10,83	10,99
CaO	1,08	11,20	1,18	0,87	1,32	1,13	1,05	8,34	2,33	1,89
Сумма	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Si	3,00	3,07	3.00	3.03	3,00	3.00	3,01	2.99	3.03	3.02
Сумма	**3.00**	**3.07**	**3.04**	**3.03**	**3.00**	**3.00**	**3.01**	**2,99**	**3.03**	**3.02**
Al^{VI}	2,06	1.97	2,02	1,92	1,98	2.06	2,02	2.00	1,99	1,95
Fe^{3+}	0,00	0.00	0,00	0,08	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Сумма	**2.06**	**1,97**	**2.02**	**2,00**	**2,00**	**2.06**	**2.02**	**2.00**	**1,99**	**1,95**
Fe^{2+}	1,57	1,50	1,74	1,64	1,62	1,37	1,35	1.45	1,57	1.63
Mg	1,29	1,36	1,14	1,29	1,27	1,47	1,54	0.87	1,22	1,25
Ca	0.09	0,10	0,10	0.07	0.11	0,09	0.08	0.68	0.19	0,15
Сумма	**2,95**	**2,96**	**2.98**	**3,00**	**3,00**	**2.93**	**2,97**	**2.98**	**2.98**	**3,03**

5.8. Исследование коренных пород Лапландского гранулитового комплекса

Результаты микрозондового анализа

Таблица 26

№ пробы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кислород	48.345	47.029	47.154	46.831	47.242	47.764	47.445	46.685	47.559	48.010
Магний	5.849	5.801	5.881	5.796	5.661	5.266	5.565	5.765	5.826	5.475
Алюминий	10.307	10.648	10.750	10.724	10.907	10.537	10.537	10.621	10.462	10.537
Кремний	20.085	19.030	18.964	18.811	18.782	18.909	19.007	18.823	19.277	20.321
Кальций	0.537	0.670	0.722	0.700	0.641	0.785	0.788	0.687	0.635	0.659
Железо	14.876	16.822	16.528	17.139	16.768	16.739	16.658	17.419	16.242	14.998

Расчет состава граната

Таблица 27

											Среднее содержание	**% соотношение**
Fe	14,88	16,82	16,53	17,14	16,77	16,74	16,66	17,42	16,24	15,00	16,42	72,05
Mg	5,85	5,80	5,88	5,80	5,66	5,27	5,57	5,77	5,83	5,48	5,69	24,97
Ca	0,54	0,67	0,72	0,70	0,64	0,79	0,79	0,69	0,64	0,66	0,68	2,98
											22,79	100,00

Сырье представлено зернами граната альмандин (72,05%) – пироп (24.97%) – гроссулярового (2,98%) состава. (Рис.22)

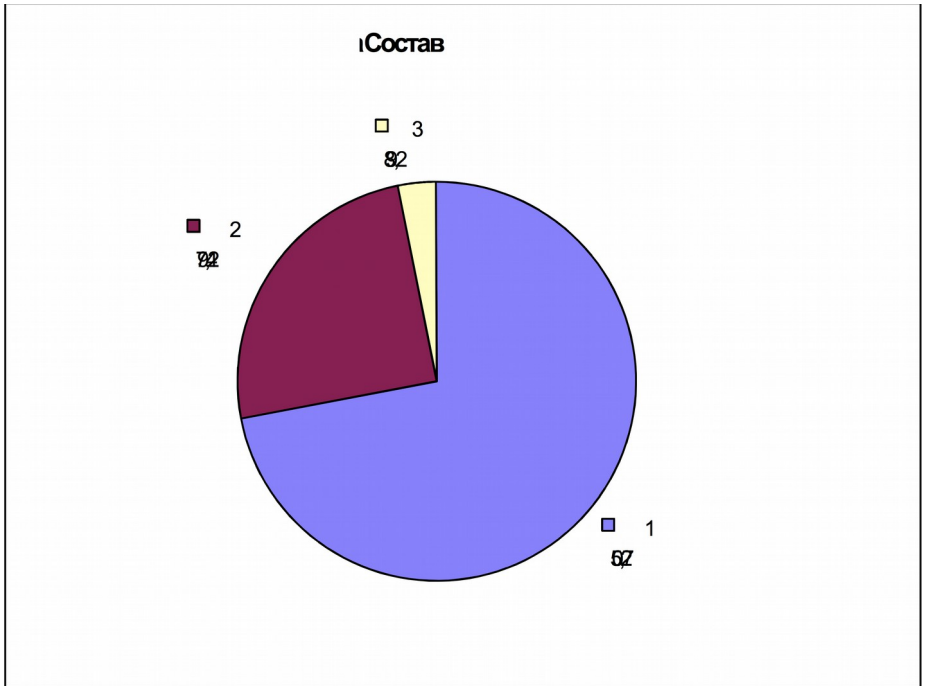


Рис. 22. Состав граната (1 – содержание Fe, 2 - содержание Mg, 3 – содержание Ca)

Изучение шлифов

Для детального исследования горных пород были изготовлены шлифы - тончайший (толщиной около 0,02-0,03 мм, срез горной породы, предназначенный для изучения его под микроскопом в лучах проходящего, обычно поляризованного, света.

Описание шлифа №1

Название породы: Гранулит.

Структура: полнокристаллическая, неравнозернистая, среднезернистая, порфировая.

Текстура: массивная.

Порода полиминеральная, главные минералы: кварц, полевой шпат, гранат, гиперстен, второстепенные: биотит.

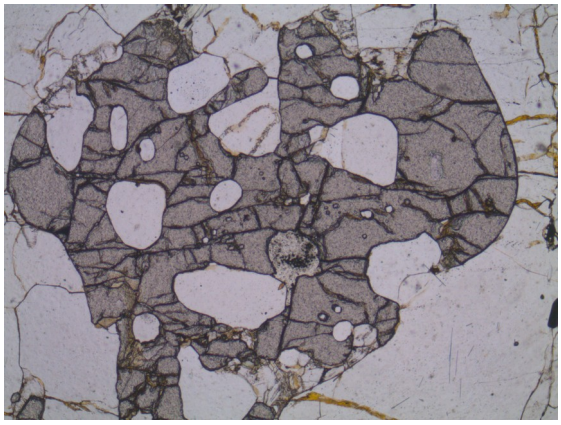
Кварц: анизотропный, одноосный положительный, рельеф положительный низкий, представлен довольно крупными зернами.

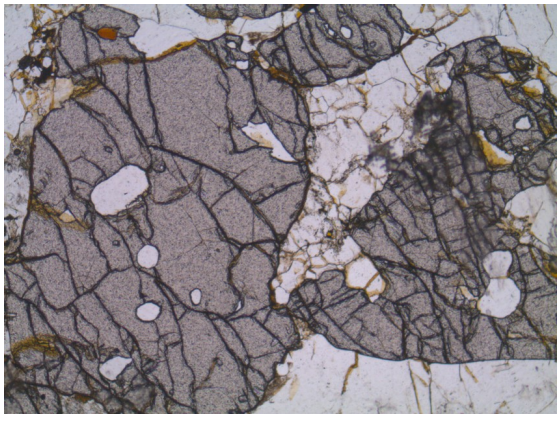
Полевой шпат: анизотропный, двуосный отрицательный, отрицательный рельеф, косое погасание, отличается от кварца более низким показателем преломления.

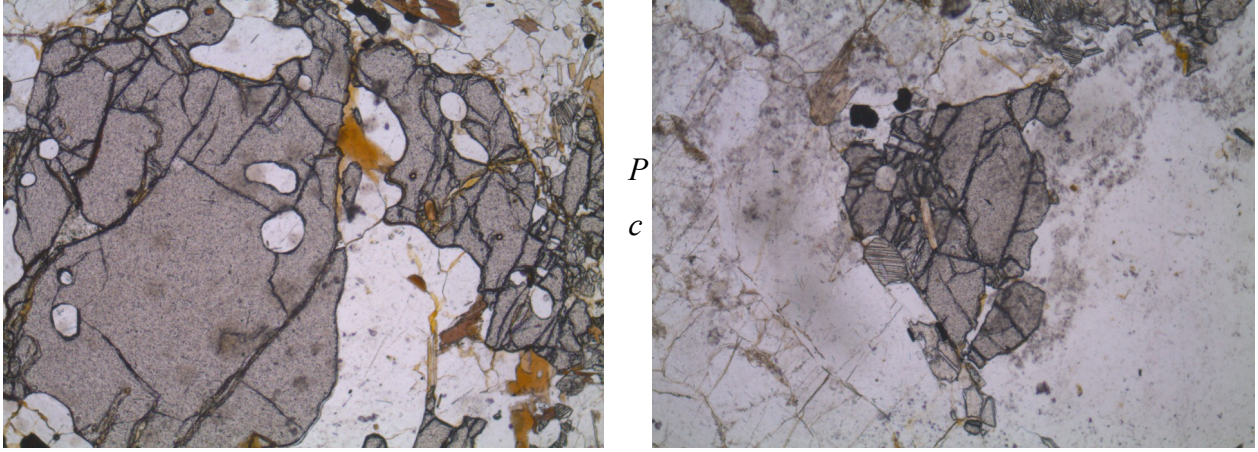
Гранат: изотропный минерал, бесцветный, рельеф положительный очень высокий, спайность отсутствует, крупные зерна, содержание порядка 30-35%.

Гиперстен: анизотропный, двуосный отрицательный, рельеф высокий положительный, прямое погасание, спайность совершенная. Представлен образованиями неправильной формы, от бесцветного до темно-серого цвета.

Биотит: анизотропный, одноосный отрицательный, средний положительный рельеф, удлиненная форма, прямое погасание, коричневый цвет. Малое количество зерен.







23. Зерна граната в шлифе №1

Описание шлифа №2

Название породы: Гранулит.

Структура: полнокристаллическая, неравнозернистая, крупно-, среднезернистая, порфировая.

Текстура: массивная.

Порода полиминеральная, главные минералы: кварц, полевой шпат, силлиманит, гранат, гиперстен, второстепенные: биотит.

Кварц: анизотропный, одноосный положительный, рельеф положительный низкий, представлен довольно крупными зернами.

Полевой шпат: анизотропный, двуосный отрицательный, отрицательный рельеф, косое погасание, отличается от кварца более низким показателем преломления.

Гранат: изотропный минерал, бесцветный, рельеф положительный очень высокий, спайность отсутствует, крупные зерна, содержание 45-50%.

Силлиманит: анизотропный, двуосный положительный, рельеф средний положительный, прямое погасание, бесцветный, представлен игольчатыми призмами.

Гиперстен: анизотропный, двуосный отрицательный, рельеф высокий положительный, прямое погасание, спайность совершенная. Представлен образованиями неправильной формы, от бесцветного до темно-серого цвета.

Рис 24. Зерна граната в шлифе №2

Биотит: анизотропный, одноосный отрицательный, средний положительный рельеф, удлиненная форма, прямое погасание, коричневый цвет.

Описание шлифа №3

Название породы: Гранулит.

Структура: полнокристаллическая, неравнозернистая, мелко-, среднезернистая, порфировая.

Текстура: массивная.

Порода полиминеральная, главные минералы: кварц, полевой шпат, гранат, силлиманит, кордиерит, гиперстен, второстепенные: биотит.

Кварц: анизотропный, одноосный положительный, рельеф положительный низкий, представлен довольно крупными зернами.

Полевой шпат: анизотропный, двуосный отрицательный, отрицательный рельеф, косое погасание, отличается от кварца более низким показателем преломления.

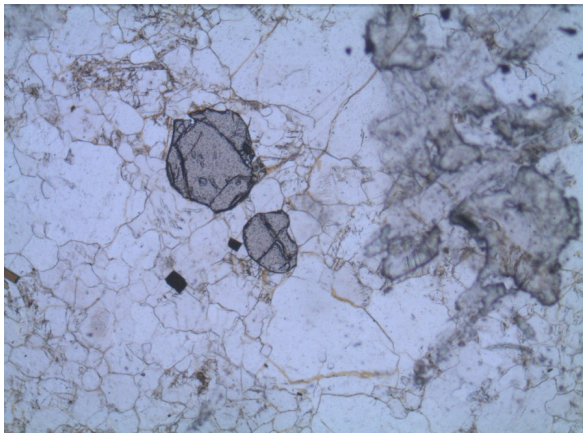
Гранат: изотропный минерал, бесцветный, рельеф положительный очень высокий, спайность отсутствует, мелкие зерна, содержание составляет около 5-7%.

Силлиманит: анизотропный, двуосный положительный, рельеф средний положительный, прямое погасание, бесцветный, представлен игольчатыми призмами.

Кордиерит: анизотропный, двуосный отрицательный, рельеф низкий положительный, прямое погасание, бесцветный, но в некоторых зернах желтоватый.

Гиперстен: анизотропный, двуосный отрицательный, рельеф высокий положительный, прямое погасание, спайность совершенная. Представлен образованиями неправильной формы, от бесцветного до темно-серого цвета.

Биотит: анизотропный, одноосный отрицательный, средний положительный рельеф, удлиненная форма, прямое погасание, коричневый цвет. Представлен одним зерном.



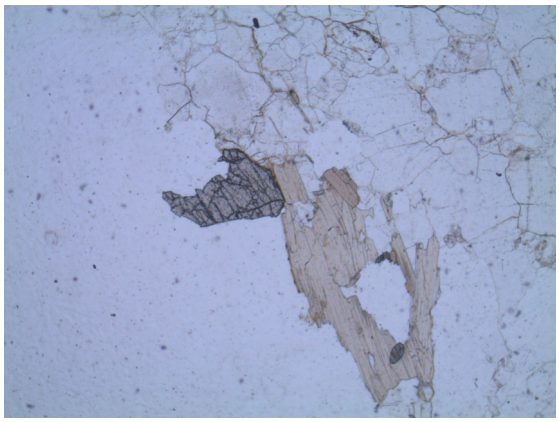


Рис 25. Зерна граната в шлифе №3

Описание шлифа №4

Название породы: Гранулит.

Структура: полнокристаллическая, неравнозернистая, крупно-, среднезернистая, порфировая.

Текстура: массивная.

Порода полиминеральная, главные минералы: кварц, полевой шпат, гранат, силлиманит, кордиерит, гиперстен, второстепенные: биотит, акцессорные: циркон.

Кварц: анизотропный, одноосный положительный, рельеф положительный низкий, представлен довольно крупными зернами.

Полевой шпат: анизотропный, двуосный отрицательный, отрицательный рельеф, косое погасание, отличается от кварца более низким показателем преломления.

Гранат: изотропный минерал, бесцветный, рельеф положительный очень высокий, спайность отсутствует, крупные зерна, содержание составляет около 25-27%.

Силлиманит: анизотропный, двуосный положительный, рельеф средний положительный, прямое погасание, бесцветный, представлен игольчатыми призмами.

Кордиерит: анизотропный, двуосный отрицательный, рельеф низкий положительный, прямое погасание, бесцветный.

Гиперстен: анизотропный, двуосный отрицательный, рельеф высокий положительный, прямое погасание, спайность совершенная. Представлен образованиями неправильной формы, от бесцветного до темно-серого цвета.

Биотит: анизотропный, одноосный отрицательный, средний положительный рельеф, удлиненная форма, прямое погасание, коричневый цвет.

Циркон: анизотропный, одноосный положительный, рельеф положительный, бесцветный, несовершенная спайность. Малое количество, формы зерен округлые.

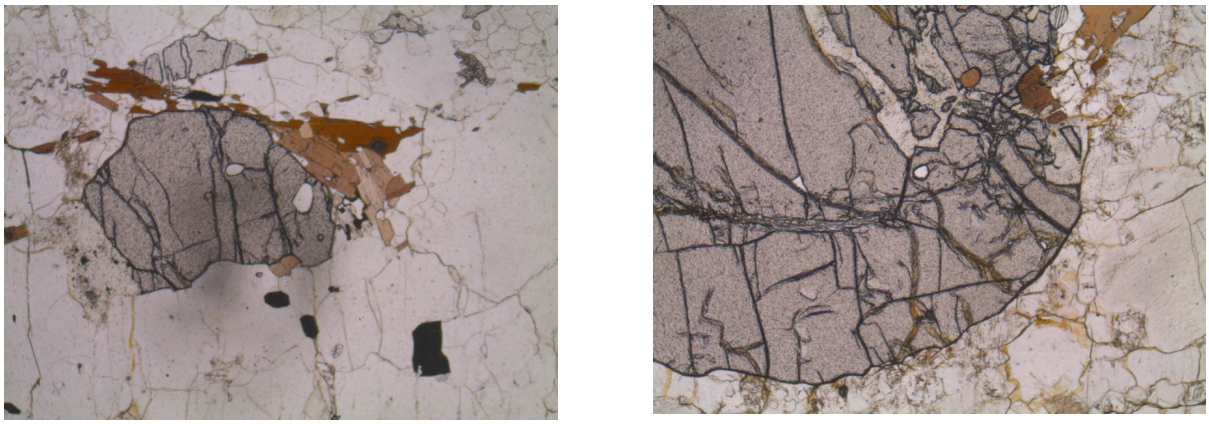


Рис 26. Зерна граната в шлифе №4

Описание шлифа №5

Название породы: Гранулит.

Структура: полнокристаллическая, неравнозернистая, крупно-, среднезернистая, порфировая.

Текстура: массивная.

Порода полиминеральная, главные минералы: кварц, полевой шпат, гранат, кордиерит, второстепенные: биотит, акцессорные: циркон.

Кварц: анизотропный, одноосный положительный, рельеф положительный низкий, представлен довольно крупными зернами.

Полевой шпат: анизотропный, двуосный отрицательный, отрицательный рельеф, косое погасание, отличается от кварца более низким показателем преломления.

Гранат: изотропный минерал, бесцветный, рельеф положительный очень высокий, спайность отсутствует, крупные зерна, содержание составляет около 45%.

Силлиманит: анизотропный, двуосный положительный, рельеф средний положительный, прямое погасание, бесцветный, представлен игольчатыми призмами.

Кордиерит: анизотропный, двуосный отрицательный, рельеф низкий положительный, прямое погасание, бесцветный.

Биотит: анизотропный, одноосный отрицательный, средний положительный рельеф, удлиненная форма, прямое погасание, коричневый цвет.

Циркон: анизотропный, одноосный положительный, рельеф положительный, бесцветный, несовершенная спайность. Малое количество, формы зерен округлые.

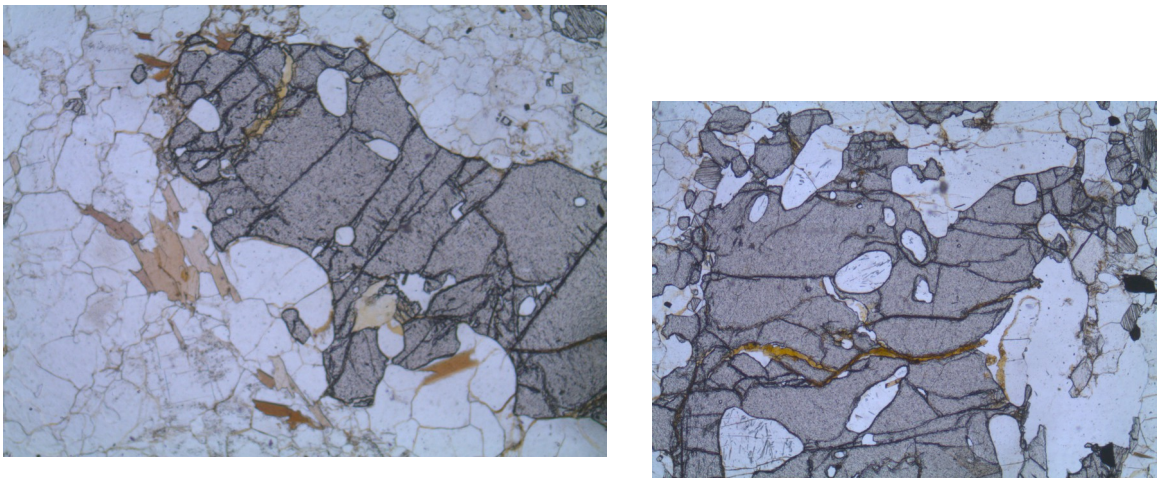


Рис 27. Зерна граната в шлифе №5

При помощи программы JMicroVision v1.27 и фотографий шлифов, сделанных на Leica (Рис. 28) были получены данные о гранулометрическом составе проб Лапландского гранулитового комплекса. (Табл. 28)

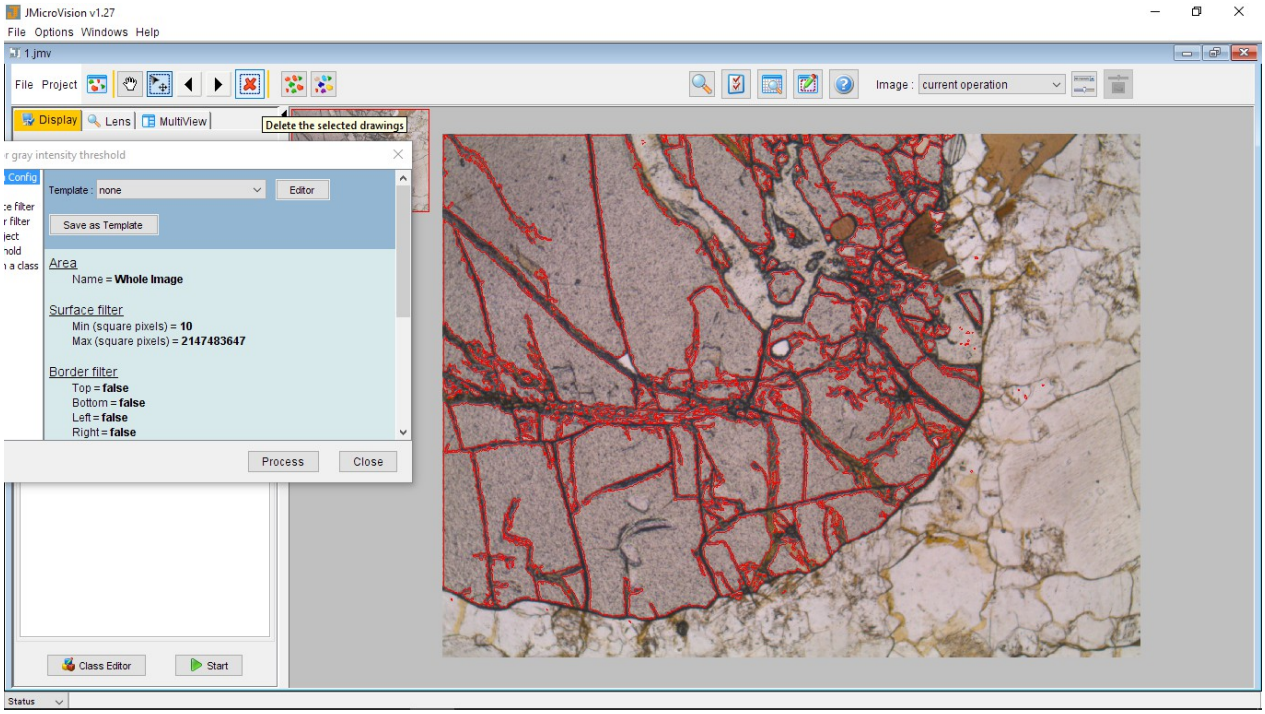


Рис 28. Работа в программе JMicroVision v1.27

Гранулометрический состав бездефектных блоков

Таблица 28

№	0,07+0,14	0,14+0,25	0,25+0,4	0,4+1	
1,1	20	33	32	12	
1,2	75	110	28	16	
1,3	87	102	49	24	
1,4	71	75	53	13	
1,5	58	77	29	11	
1,6	47	61	46	13	
сумма	358	458	237	89	1142
%	**31,34**	**40,11**	**20,76**	**7,79**	**100**
2,1	11	10	5	3	
2,2	76	72	24	34	
2,3	135	102	58	26	
2,4	29	46	6	17	
2,5	53	71	27	35	
2,6	68	83	33	28	
сумма	372	384	153	143	1052
%	**35,36**	**36,51**	**14,54**	**13,59**	**100**
3,1	5	2	2	0	

3,2	8	4	2	0	
3,3	0	3	0	0	
сумма	13	9	4	0	26
%	**50**	**34,62**	**15,38**	**0**	**100**
4,1	20	21	11	7	
4,2	35	44	40	16	
4,3	25	13	7	6	
сумма	80	78	58	29	245
%	**32,65**	**31,84**	**23,67**	**11,84**	**100**
5,1	43	27	8	11	
5,2	69	100	48	33	
5,3	17	17	7	5	
5,4	111	65	16	27	
5,5	2	6	2	6	
5,6	43	52	30	24	
сумма	285	267	111	106	769
%	**37,06**	**34,72**	**14,43**	**13,79**	**100**

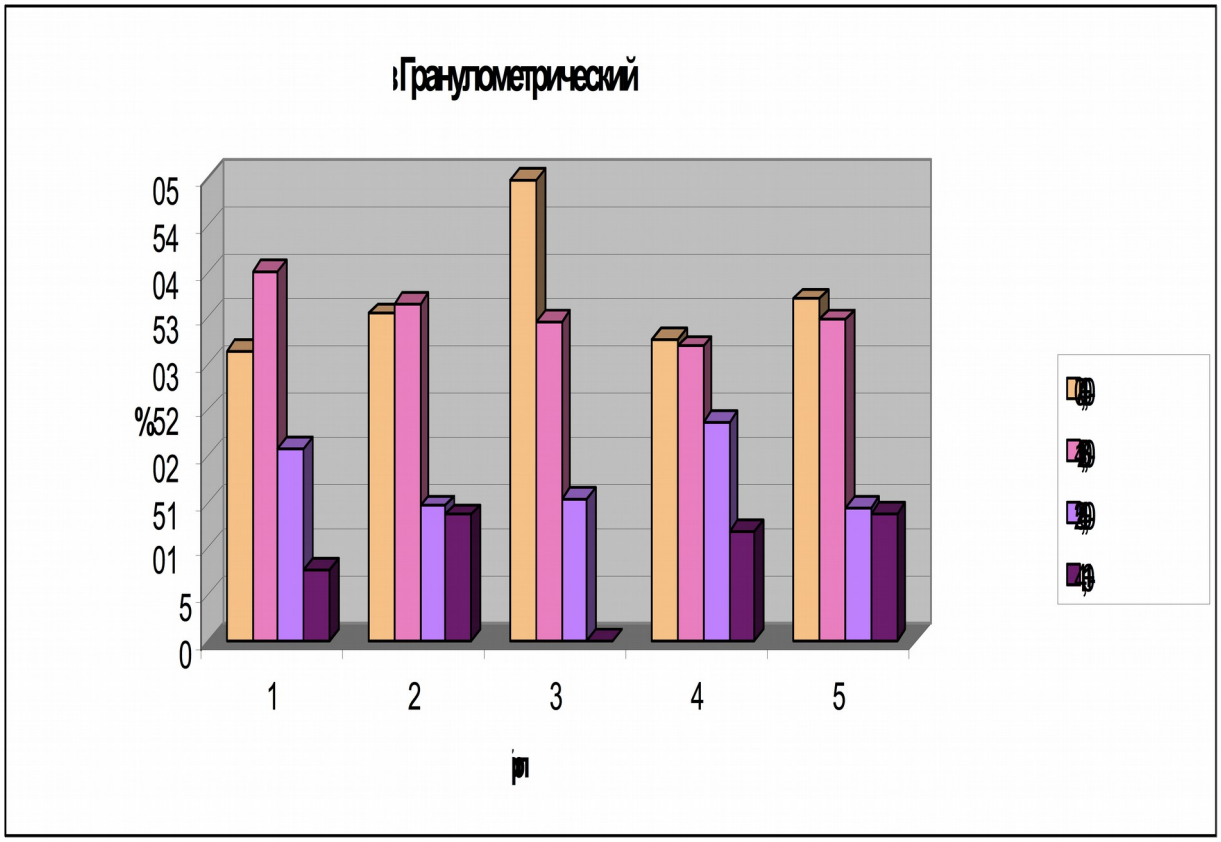


Рис. 29. Гранулометрический состав проб Лапландского гранулитового пояса

После получения гранулометрического состава проб, был проведен сравнительный анализ проб Лапландского гранулитового пояса и технологических проб с участка Явр. (Рис. 30). На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что прослеживается определенная закономерность распределения по гранулометрическим классам. Можно предположить, что мелкий материал Лапландского гранулита отсортировывается, а в песчанистом материале месторождения Явр накапливается более крупная фракция.

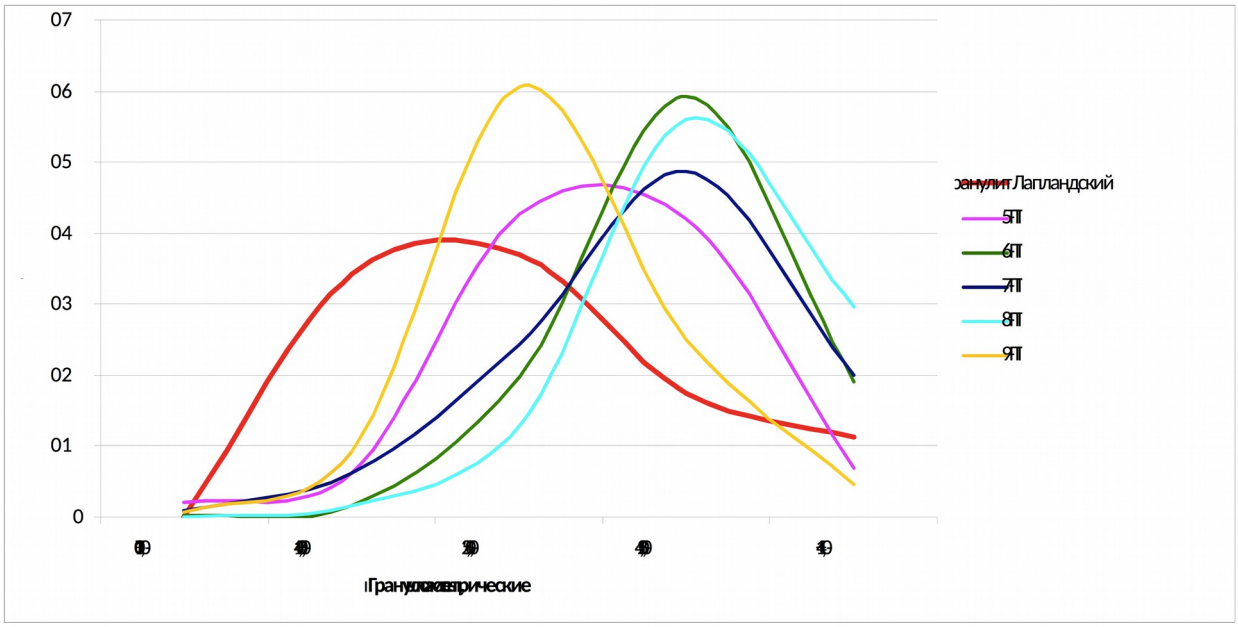


Рис 30. Сравнительный график гранулометрических классов проб

Так как интерпретировать полученные данные с точностью не удалось, были проведены еще 4 микрозондных анализа гранулитов Лапландского пояса.

Образец №1

Таблица 29

Расчет состава граната по результатам микрозонда

	1	2	3	**среднее содержание**	**% соотношение**
Fe	9,19	15,221	16,658	13,69	**75,44**
Mg	3,009	3,165	5,565	3,91	**21,56**
Ca	0,308	0,538	0,788	0,54	**3,00**
			сумма	18,15	100

Сырье представлено зернами граната альмандин (75%) – пироп (22%) – гроссулярового (3%) состава. (Рис. 31)

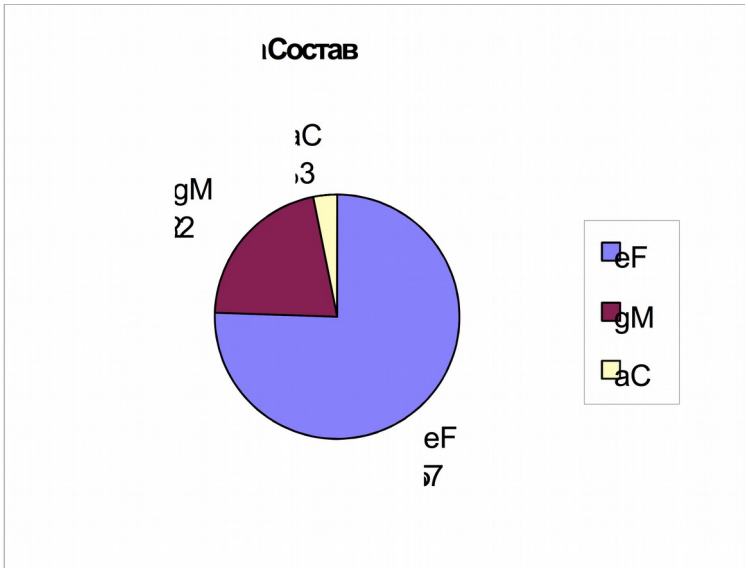


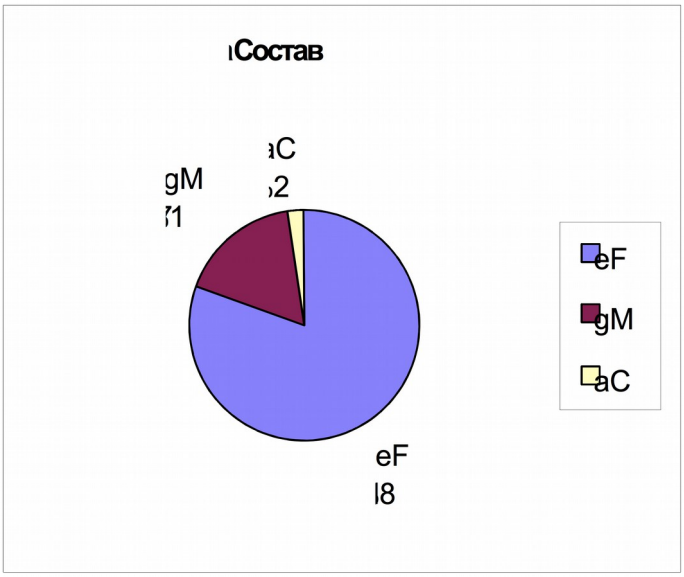
Рис. 31. Состав граната образца №1

Образец №2

Таблица 30

Расчет состава граната по результатам микрозонда

	1	2	3	4	5	**среднее содержание**	**% соотношение**
Fe	13,992	14,808	32,662	18,566	12,212	18,45	80,31
Mg	4,899	3,862	2,567	4,519	4,174	4,00	17,43
Ca	0,426	0,36	0,861	0,604	0,34	0,52	2,26
					сумма	22,97	100,00



Сырье представлено зернами граната альмандин (75%) – пироп (22%) – гроссулярового (3%) состава.

(Рис. 32)

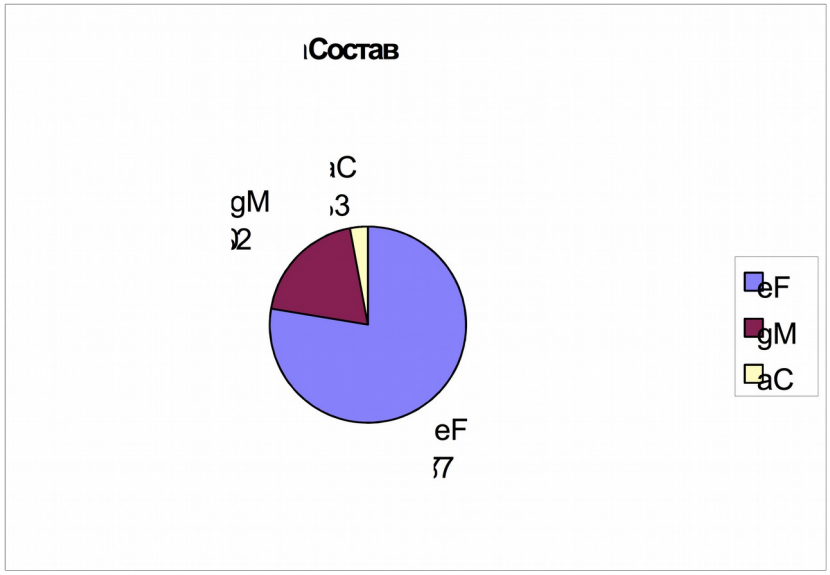
Рис. 32. Состав граната образца №2

Образец №3

Таблица 31

Расчет состава граната по результатам микрозонда

	1	2	3	4	5	**среднее содержание**	**% соотноение**
Fe	9,599	17,17	17,394	12,351	14,263	23,75	77,38
Mg	2,442	2,456	4,473	3,99	4,757	6,07	19,76
Ca	0,342	0,583	0,66	0,567	0,524	0,88	2,86
					сумма	30,70	100,00



Сырье представлено зернами граната альмандин (77%) – пироп (20%) – гроссулярового (3%) состава. (Рис. 33)

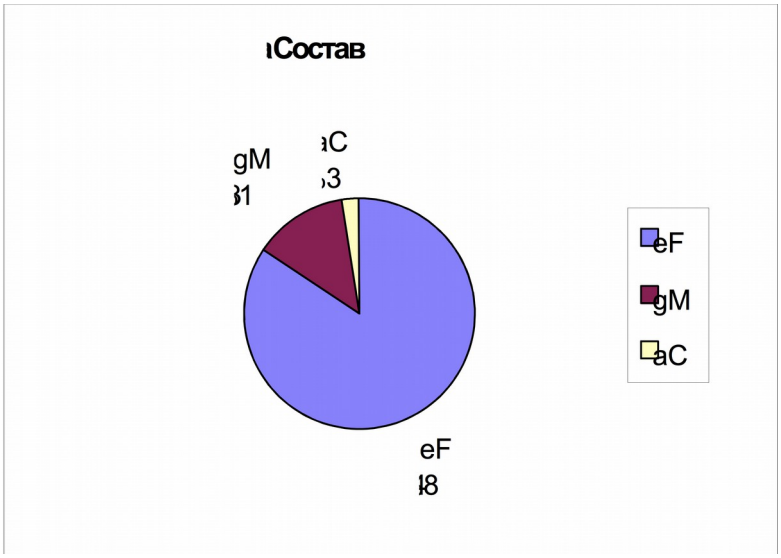
Рис. 33. Состав граната образца №3

Образец №4

Таблица 32

Расчет состава граната по результатам микрозонда

	1	2	3	4	**Среднее содержание**	**% соотношение**
Fe	19,461	14,293	18,755	15,412	16,98	**84,16**
Mg	1,665	4,97	2,186	1,911	2,68	**13,30**
Ca	0,459	0,423	0,584	0,59	0,51	**2,55**
				сумма	20,18	100,00



Сырье представлено зернами граната альмандин (84%) – пироп (13%) – гроссулярового (3%) состава. (Рис. 34)

Рис. 34. Состав граната образца №4

Данное исследование опровергло теорию о том, что технический гранат месторождения Явр имеет происхождение от гранулитов Лапландского пояса.

Заключение

По результатам проделанной работы можно сделать следующие выводы:

1. На территории будут обнаружены объекты высококачественных гранатовых россыпей (содержание граната не менее 250 кг/м^3, содержание рабочих фракций не менее 90%).
2. Из гранатового сырья возможно получение качественных концентратов граната (более 95% минерала) рабочих фракций в диапазоне 0,5 – 0,14 мм с применением гравитационных и магнитных методов. Сырье легкообогатимое. Имеются предпосылки получения концентратов более крупного сырья – крупнее 0,5 мм (до 1,5-2 мм).
3. Пробы показывают значительный выход ликвидных марочных фракций песка для пескоструйной обработки, фракций 20/60 или 30/60, составляет 67-85 мас.%. Также высокий выход фракции 80 меш для гидроабразивной резки материалов.
4. Среди минералов, представляющих интерес для промышленного использования, также обнаружены рутил, циркон и кианит.
5. Предположение о том, что технические гранаты месторождения Явр имеют происхождениие из гранулитов Лапландского гранулитого пояса, не подтвердились.

Список литературы

1. Бибикова Е.В., Шельд Т., Богданова С.В., Другова Г.М., Лобач-Жученко С.Б. Геохронология беломорид: интерпретация многостадийной геологической истории // Геохимия. 1993б. № 10
2. Глазовская М.А., Геннадиев А.Н. География почв с основами почвоведения. - М.: МГУ, 1995.
3. Геология СССР, том XXVII, Мурманская область, часть 1 геологическое описание, под редакцией Л. Я. Харитонов, - М, 1958
4. Киселев А.А., Шевченко А.В. Мурманская область: география и история освоения. Мурманск, 1995
5. Лаврова М.А. Четвертичная геология Кольского полуострова, Ленинград, 1960
6. Минц М.В., Глазнев В.Н., Конилов В.Н., Кунина Н.М., Никитичев А.П., Раевский А.Б., Седых Ю.Н., Ступак В.М., Фонарев В.И. Ранний докембрий северо-востока Балтийского щита: палеогеодинамика, строение и эволюция континентальной коры. М. Научный мир. 1996. Тр. ГИН РАН. Вып. 503
7. Павлов И. Озера различных ландшафтов Кольского полуострова. - Л., 1974
8. Рихтер Г.Д. Север Европейской части СССР. - М.: ОГИЗ, 1946
9. Ферсман А. Е. Полезные ископаемые Кольского полуострова, Издательство Академии наук СССР, 1941
10. Щипцов В.В., Скамницкая Л.С., Каменева Е. Е., Савицкий А. И., Гранатовые руды Северной Карелии, технологические подходы к их освоению и возможные области использования, выпуск 52002
11. Яковлев Б.А. Климат мурманской области. - Мурманск, 1961
12. Zdenek D. Hora, M.Sc., P.Geo. James Hansink, M.S. (Geol.), M.S. (Mgmt.),Hutton garnet beaches, 2004
13. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
14. ГОСТ 30244-94 Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть.
15. ГН 2.1.6.1338-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.
16. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

17. СП 2.6.1.798-99 Обращение с минеральным сырьем и материалами с повышенным содержанием природных радионуклидов
18. Сайт ЗАО «Р-Гарнет», URL: http://www.r-garnet.ru, дата обращения 05.03.2016
19. Сайт ООО «Ватермаш» URL: http://www.watermash.ru, дата обращения: 21.02.2016
20. Сайт проекта «Рисуя минералы» URL: http://mindraw.web.ru/mineral2.htm, ата обращения: 21.02.2016
21. Сайт Astro Resources, URL: http://www.aro.com.au, дата обращения 12.03.2016
22. Сайт Geonature, URL: http://www.geonature.ru, дата обращения: 28.02.2016
23. Сайт IOGS, URL: http://www.iogsgarnet.com/garnet.html, дата обращения: 28.04.2016
24. Сайт Mirabaud, https://www.mirabaud.com/en/, дата обращения 15.03.2016
25. Сайт Studfiles, URL: http://www.studfiles.ru/preview/3544669/, дата обращения: 25.02.2016
26. Сайт Trasa, URL: http://trasa.ru/region/murmanskaya_zapov.html, дата обращения: