

9 90-1  
2590-8

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

СРЕДНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ РУДНЫХ  
МЕСТОРОЖДЕНИИ, ПЕТРОГРАФИИ, МИНЕРАЛОГИИ И ГЕОХИМИИ

МИНИСТРО МАТЕРИАЛОВ РСФСР

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ ПО ПРОБЛЕМАМ ДОБЫЧИ, ТРАНСПОРТА И ПЕРЕРАБОТКИ МИНЕ-  
РАЛЬНОГО СЫРЬЯ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

На правах рукописи

ЗОЛОТЫХ ЕЛЕНА БОРИСОВНА

УДК 553.6

ГЕОЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ  
СВОЙСТВА МЕТАБАЗАЛЬТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МАНДУХА (АРХАНГЕЛЬСКАЯ  
ОБЛАСТЬ)

Специальность 04.00.14 - Геология, поиски и разведка рудных  
и нерудных месторождений

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

Москва - 1989

Работа выполнена в ордене Трудового Красного Знамени Институте геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии (ИГЕМ) АН СССР и Всесоюзном научно-исследовательском и проектно-испытательском институте по проблемам добычи, транспорта и переработки минерального сырья в промышленности строительных материалов (ВНИПИИстроматериалов) Министроматериалов РСФСР

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук,  
Наседкин Василий Викторович

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук,  
Звягинцев Леонид Иванович (ИГЕМ АН СССР)  
кандидат геолого-минералогических наук,  
Куликов Вячеслав Степанович  
(ИГ КФАН СССР)

Ведущая организация: Всесоюзный научно-исследовательский  
институт геологии нерудных полезных  
ископаемых (ВНИИГеолнеруд, г. Казань)

Защита состоялась "26" декабря 1989г. в 15 час.  
на заседании специализированного совета К 002.88.02 в Институте  
геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохи-  
мии АН СССР по адресу: 109017, Москва, Старомонетный пер., дом 35.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИГЕМ АН СССР  
Автореферат разослан " " 1989г.

Ученый секретарь специализированного совета,  
кандидат геолого-минералогических наук

  
В. С. Знаменский

Информационно-исследовательский центр  
1980

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. В связи с освоением новых территорий, увеличением хозяйственной деятельности в нечерноземных областях севера необходимо освоение новых месторождений строительных материалов. В Архангельской и др. областях Северо-Западного региона ощущается острый дефицит в высокопрочном щебне. Имеющиеся месторождения представлены изверженными породами основного состава. Ввиду неоднородности сырья, разработка и переработка этих пород на щебень связана с большими технологическими трудностями.

Работа проводилась в рамках комплексной темы: "Разработка рекомендаций по ускорению освоения мощностей предприятия по производству щебня на месторождении Мяндуха" (№ Гос. регистрации ОI.86 ОI.86.0009I68).

Нами сделана попытка до начала эксплуатационных работ на месторождении Мяндуха, изучив физико-механические свойства и петрографические особенности пород, разделить месторождение на блоки по степени однородности сырья и выделить сорта полезного ископаемого.

Цель и задачи исследований. Целью работы является создание геолого-технологической модели месторождения, на основе которой возможно прогнозирование технологических свойств пород, т.е. создание общей картины изменчивости тех свойств полезного ископаемого, которые влияют на технологию добычи и переработки пород. Для этой цели были решены следующие задачи:

- 1) установлен факт присутствия на месторождении участков пород, различающихся по физико-механическим свойствам.
- 2) определена связь между физико-механическими свойствами пород и их микроструктурными особенностями.
- 3) установлены закономерности распределения микроструктурных разновидностей в пределах отдельных потоков.
- 4) выявлено положение потоков в пространстве, построена геологическая карта и тектоническая схема строения залежи.

Научная новизна.

1. На месторождении описаны, выделены и геометризованы потоки метабазальтов с макротекстурной зональностью.
2. В пределах вулканических тел выделены микроструктурные петрографические разновидности, характерные для каждой зоны по-

токов.

3. Установлена эволюция химического состава магмы в магматическом очаге.

4. Впервые выявлен характер изменения физико-механических свойств пород вниз по разрезу.

5. Доказано влияние первичных структур породы на характер метаморфических изменений, а также на технологические свойства метабазальтов.

Практическое значение. Полученные результаты делают возможным прогноз качества полезного ископаемого и будут учитываться при проектировании взрывных работ.

Разработанная методика оценки технологических свойств месторождения Индухаможет быть применена для проектной оценки других месторождений отроительного камня, сложенных основными вулканогенными породами и их метааналогами.

Фактический материал. Фактической основой диссертации послужил материал, собранный автором в 1983-1986г.г. во время полевых работ. За это время был просмотрен материал более 25 скважин, описано более 600 шлифов метабазальтов, пройден маршрут по месторождению (расстояние между отдельными маршрутами 50-100м), отобрано около 200 образцов для анализов, обработаны результаты 250 химических и 2000 физико-механических анализов, сделанных при разведке месторождения, проведены дополнительные физико-механические исследования - около 500 анализов (упругих характеристик, прочности, плотности, магнитной восприимчивости). Для петрографических исследований использованы также сканирующая микроскопия, микрозондовый, рентгеновский и термический анализы. Анализы на образцах автора выполнены в лабораториях геологического факультета МГУ, ИГИРГИ, ИГЕМ АН СССР, ВНИПИСтромоурье.

Апробация работы и публикации. Основные положения и результаты работы докладывались на Втором и Четвертом московских совещаниях по проблемам "Математические методы анализа цикличности в геологии" (м. 1984, 1988); на заседании НТО "Стройиндустрия" в 1985г; на Всесоюзном совещании "Минерально-сырьевые ресурсы и комплексное их освоение" (Мельниковские чтения) в г. Сарепуле (1989г.)

По теме диссертации опубликовано 7 работ, 2 находятся в печати.

Построение и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения общим объемом 165 стр. Содержит 93 стр. машинописного текста, 46 рисунков, 29 таблиц. Список литературы включает 37 наименований.

Работа выполнена в Институте Геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии АН СССР и институте "ВНИПИИ-отромсырье" Минстройматериалов РСФСР под руководством доктора геолого-минералогических наук В. В. Наседкина, которому автор выражает глубокую благодарность. Автор искренне признателен за помощь в проведении исследований Р. А. Коньшевой (ИГИРГИ), В. М. Ладыгину (МГУ), С. Е. Борисовскому (ИГЕМ АН СССР).

Автор благодарен коллективу лаборатории неметаллических полезных ископаемых ИГЕМ АН СССР, ее руководителю, доктору геолого-минералогических наук В. П. Петрову за советы и критические замечания, высказанные при обсуждении работы. Автор благодарит зав. лабораторией Ю. А. Мыздрикова и доктора технических наук И. Б. Шлаина, а также всех сотрудников сектора геологии института "ВНИПИИотромсырье" за помощь и дружескую поддержку, без чего эта работа не могла бы быть осуществлена.

#### Основные защищаемые положения

1. Установлено, что полезная толща месторождения сложена огласными потоками базальтов с макротектурной зональностью.
2. Метаморфизм базальтов имеет пятнистое распространение и определяется как блоковой тектоникой, так и зональностью потоков.
3. Химический состав metabазальтов однороден и свидетельствует об излиянии из одного магматического очага.
4. Технологические свойства metabазальтов зависят от типа микроструктуры, степени метаморфизма пород и вариаций химического состава.
5. Предложена технологическая классификация metabазальтов. На основе ее возможно построение математической модели залежи.

### ГЛАВА I. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ СИНКЛИНИРИЯ

#### ВЕРХНИЙ ПОЯС

Представления о геологическом строении синклиниория основаны на работах В. Д. Слюсарева, В. С. Куликова, М. А. Гиларовой, Э. Б. Наливкина, И. П. Новицкого и др.

Синклинирий Верхнего пояса представляет собой Untersuchungs-

протерозойскую структуру шириной 50 км в длину 250 км и расположен на юго-востоке Балтийского щита. В основании гварца протерозойской толщи залегают породы беломозольной серии. Под ними протерозой сложены метаморфизованными вулканогенными и вулканоседиментными породами парандовской и тунгудской серии. Выше залегает комплекс сериолиитской и онежской серии, затем серия Ветреного пояса, сложенная в нижних частях метаморфизованными осадочными породами, а в верхних - вулканогенными.

Месторождение Мяндуха расположено в пределах верхней толщи серии Ветренный пояс. Полный разрез толщи наблюдать не удается. Обнаженная часть разреза состоит из многочисленных покровов ольвиновых базальтов обычно с шаровой отдельностью. Покровы имеют как простого так и вложенного строения мощностью от 30 - 40м до 70м.

Формирование толщи Ветренного пояса происходило в стадии активизации платформы в структуре типа "палеоавлакотена" (В. Е. Данин).

Тектонические разломы северо-западного простирания наиболее древние и соответствуют стадии формирования Восточно-Карельской геосинклинальной зоны, секущие субмеридиональные разломы заложены на границе архея и протерозоя и определяют внутреннее строение протерозойских толщ.

## ГЛАВА II. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ.

Породы, слагающие месторождение относятся к эффузивам основного состава. Учитывая довольно высокую степень метаморфизма относим их к метабаазальтам.

В результате полевых работ на месторождении автором среди эффузивов верхней толщи серии Ветренный пояс выявлено 7 лавовых потоков мощности 30-40м имеющих зональное строение.

Нижняя часть каждого потока - зона шаровых, перлично стекловатых лав, лавн или подушки до 0,5 - 1,5м в поперечнике имеет корку закалки и разбиты радиальными и концентрическими трещинами. Верхняя часть каждого потока сложена массивными лавами. Для большей части массивных лав - т.е. центральной части потока обычно раскристаллизованные долеритовые базальты. В верхней части этой зоны залегают стекловатые порфиритовые разности.

На основании сопоставления разрезов и по геоморфологическим данным были отдешифрированы разрывные нарушения. Автором была составлена геолого-тектоническая карта месторождения (см. рис. 1).

Залегание пород в общем моноклинальное. Угол падения потоков вулканитов около  $5-10^{\circ}$  в направлении СЗ  $330-350^{\circ}$ . Потоки разбиты разломами северо-западного и северо-восточного простирания. Разломы протягиваются на расстояние от 400-500 м до 1 км и имеют крутое падение со смещениями 10-40, изредка 50-70 м. Кроме этого развита трещиноватость субмеридиального направления.

Центральный разлом северо-западного простирания прослеживается через все месторождение, разделяя его на восток-северо-восточную и запад-юго-западную части. Причем, вторая часть поднята относительно первой в среднем на 20-30 м. Выделено три разлома северо-восточного направления: северный, центральный и южный, которые делят месторождение с СЗ на ЮВ на четыре части. По этим разломам южные блоки опущены относительно северных на 10-40 м. Общее суммарное по трем разломам опускание с севера на юг составляет 50-80 м. Наиболее поднятым является блок Ia, расположенный на крайнем северо-западе м-ния, а наиболее опущенным является блок IVб, расположенный на крайнем юго-востоке м-ния (см. рис. I).

Тектоническая структура месторождения создается сочетанием двух противоречивых тенденций - общим моноклинальным опусканием толщ вулканитов в северо-северо-западном направлении и ступенчатой обросовой тектоникой с наиболее поднятыми северо-западными и западными блоками и наиболее опущенными юго-восточными и восточными блоками.

Метаморфизм пород проявлен неравномерно, но и характеризуется пятнисто-блоковым распространением. По интенсивности проявления метаморфизма можно выделить блоки двух типов: а) более трещиноватые, метаморфизованные (70% - апобазальтовых пород, 30% - пород кайнотипного облика), б) менее трещиноватые, слабометаморфизованные (50% - апобазальтовых пород, 50% - пород кайнотипного облика - блоки IIа, IIб, IVб). Метаморфизованные блоки - Iб, IIIа, IIIб, IVа.

В целом метаморфизм в толщах вулканитов Ветреного пояса по общепринятой классификации можно отнести к фации зеленых сланцев, он имеет изохимический характер.

#### ГЛАВА III. ПЕТРОГРАФИЯ И ПЕТРОХИМИЯ ПОСЛЕД МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИЛИДУХА

По степени метаморфизма среди пород месторождения можно вы-

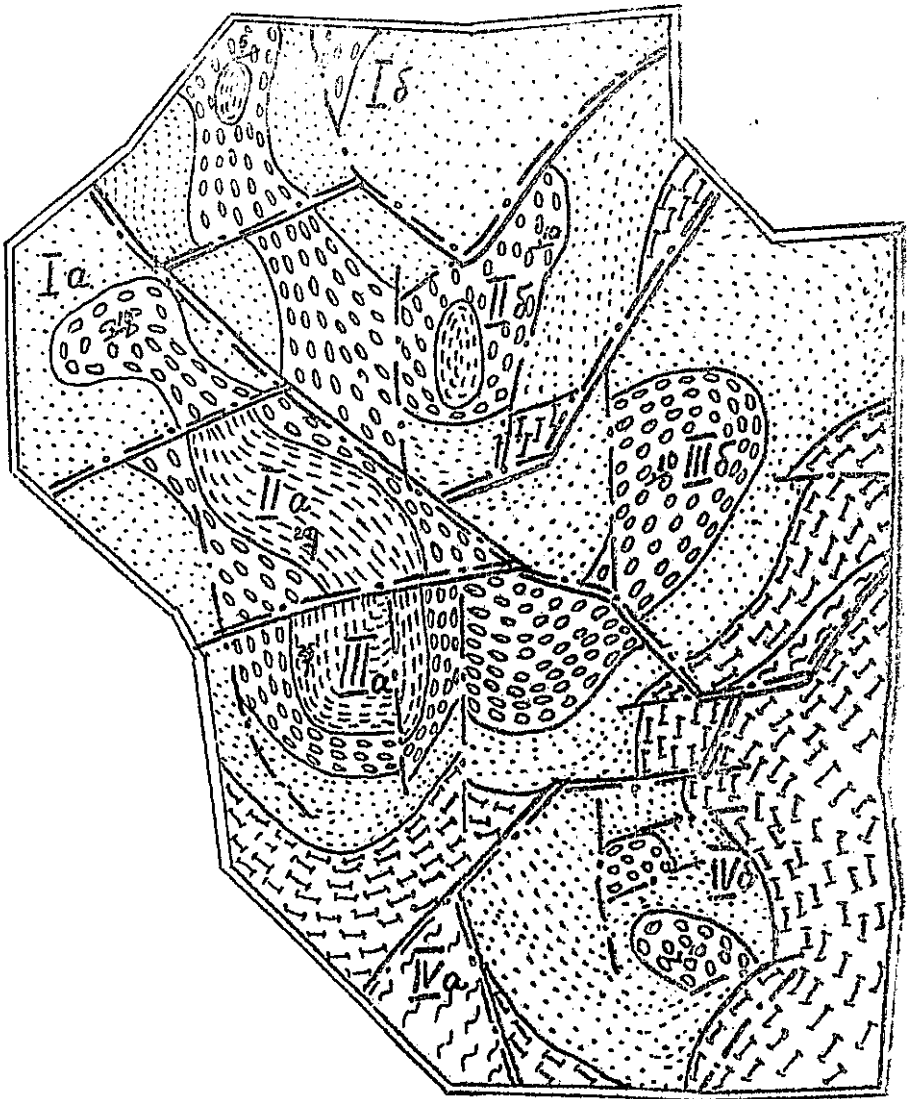


Рис. I



**РИС. I** Геолого-тектоническая схема месторождения метабазальтов Мандуха со онитными рыхлыми отложениями (составлена Е. Б. Солотых)

I - 5 потоки метабазальтов (нумерация снизу вверх от более древних к более молодым); 6 - разломы; 7 - границы блоков; цифры на карте - номера блоков.

-----

делить относительно слабо измененные вулканиты - метабазальты кайнотипного облика и интенсивно метаморфизованные разности, отнесенные к алобазальтовым породам.

#### Метабазальты кайнотипного облика

**Долеритовые базальты** - раокристаллизованные разности толеитовой структуры. Они состоят из моноклинного и ромбического пироксена (авгита, пиконита, энотатита), плагиоклаза (ла родора), рудного минерала и небольшого количества (иногда до 30% площади шифра) отекла.

**Гиалобазальты** - порфировые базальты кайнотипного облика с гиалиновой основной массой. Гиалобазальты состоят из вкрапленников оливина (10%) и пироксена (10 - 20%) и бурого отекла, изредка раокристаллизованного в веерно-погасивший агрегат, но часто не реагирующего на поляризованный свет. По характеру вкрапленников гиалобазальты можно разделить на две группы:

1) Гиалобазальты с футляровидными кристаллами пироксена, раопробураненные в отекловатой части зоны массивных лав.

2) Гиалобазальты с игольчатыми кристаллами пироксена, раопробураненные в зоне шаровых лав.

В гиалобазальтах с футляровидными пироксенами раокристаллизованная часть составляет до 30-40% площади шифра. Вкрапленники представляют гломеропорфиривные зростки оливина шестоватыми футляровидными кристаллами пироксена (пиконита). Центрами для образования кристаллов пироксена служили скопления зерен оливина. Оливин образует в основном идиоморфные кристаллы,  $11q - 11p$   $C_4S_{19}$  (кристаллохимическая формула  $Mg_{1,49}Ca_{0,48}SiO_4$ ), часто заключенный в шестоватый агрегат осрединина. Пироксен представляет собой кристаллы с отношением ширины к длине 1 : 10,

погасание косое,  $2V = 5-7^\circ$ , положительный,  $C: Mg = 35-42^\circ$ ,  $n_g = n_p = 0,018$ . Вероятно это пиконит - авгит, кристаллохимическая формула  $Ca_{0,79} Mg_{0,79} Fe_{0,27} Al_{0,27} Si_{1,84} O_6$ . Стекло составляет 70-80% площади шлифа, бурого цвета, иногда беоструктурное, иногда превращено в метельчатый агрегат, слабо действующий на поляризованный свет.

Гиалобазальты с игольчатыми кристаллами пироксена так же характеризуются порфировой отструктурой. Содержание вкрапленников 20-30%. Вкрапленники представлены оливином и пироксеном. Оливин образует идиоморфные кристаллы оконцентрированные в гломеропорфиновые оростки,  $n_g - n_p = 0,024$  (кристаллохимическая формула  $Mg_{1,35} Fe_{0,65} Si_{0,97} O_4$ ). Пироксен образует пучки игольчатых кристаллов, растущих перпендикулярно граням оливина. Размеры игольчатых кристаллов 0,01 x 1 мм. Вся ткань породы пронизана этими иголочками.  $2V =$  большой,  $n_g - n_p = 0,028 - 0,03$ . Пироксен - диопсид - геденбергитового ряда, кристаллохимическая формула  $Ca_{0,84} Mg_{0,75} Fe_{0,24} Al_{0,35} Si_{1,80} O_6$ .

Различный размер и габитус кристаллов в двух разновидностях гиалобазальтов объясняется, по-видимому, условиями остывания, характерными для зоны массивных лав и зоны шаровых лав. В последней переохладение расплава было более интенсивным. Структуры, сформированные при переохладении, напоминают "спинифекс" в коматитах.

При исследованиях на микрозонде выявилась разная концентрация отдельных элементов в различных фазах гиалобазальтов, двух вышеописанных типов. Так оливины в гиалобазальтах с игольчатыми кристаллами обнаруживают большую железистость, чем аналогичные кристаллы из гиалобазальтов с футляровидными кристаллами. В клинопироксенах игольчатого габитуса кальций превалирует над магнием,  $\frac{Ca}{Mg} = 1,12$ , а в футляровидных кристаллах количество атомов этих элементов равны между собой.

Гиалобазальты отличаются не только по составу вкрапленников, но и по составу стекла. Стекло гиалобазальтов с футляровидными кристаллами достаточно однородно ( $Ca/Mg = 2,07$ ,  $\frac{Na+K}{Ca} = 0,72-0,80$ ). Стекло гиалобазальтов с игольчатыми кристаллами распадается на две фазы - обогащенную Na и Al, и обедненную этими элементами. Для первой соотношения  $Ca/Mg = 2,27$  и  $\frac{Na+K}{Ca} = 0,79$ , а для второй -  $Ca/Mg = 3,76$  и  $\frac{Na+K}{Ca} = 0,33$ .

Стогда, по-видимому, и различный способ изменения стекла при последующем метаморфизме.

Вышеописанные разновидности базальтов при метаморфизме были преобразованы в апобазальтовые породы с различными структурами. Автору впервые для этих толщ удалось проследить унаследованность структур метаморфизованных разностей, что дало возможность проследить потоки по простиранию в пределах всего месторождения.

#### Апобазальтовые породы

Автором установлено, что гиаобазальты отекловатой части зоны массивных лав изменяются в апобазальтовые серпентин-хлорит-амфиболовые породы с мозаичной структурой, а гиаобазальты зоны шаровых лав изменяются в апобазальтовые серпентин-хлорит-амфиболовые породы со спутанно-волокнуистой структурой. Выделено две разновидности спутанно-волокнуистых пород - с крупными волокнами и с тонкими волокнами, первые встречаются в основном в нижней части зоны шаровых лав, вторые концентрируются только в верхней (7м) части зоны шаровых лав.

Апобазальтовая серпентин-хлорит-амфиболовая порода с мозаичной структурой состоит из тонкозернистого агрегата серпентина, хлорита и амфибола. Вкрашленники оливина и пироксена замещаются серпентином, а по периферии зерна хлоритом. Стекло, в основном, замещено тонким веернопопасающим агрегатом амфибола. Трещинки образованные при изменении стекла заполняются хлоритом. Под микроскопом видно, что порода разбита на фрагменты трещинками, залеченными хлоритом, а сами фрагменты создают мозаичный облик. Размеры фрагментов 0,2-0,5мм. Рентгенометрическим и микрозондовым анализом в породах выявлены хлориты, амфиболы, иногда кварц.

Апобазальтовая хлорит-серпентин-амфиболовая порода со спутанно-волокнуистой структурой состоит из тонкозернистого агрегата. Изменения вкрашленников аналогичны изменению их в вышеописанной разновидности. Изменение стекла резко отличается от такового для вышеописанных пород. При деформации стекла гиаобазальтов, содержащих игольчатые кристаллы, по-видимому, не произошло растрескивание породы, т.к. она пронизана игольчатыми кристаллами и является сравнительно прочной и более вяз-

кору (в породе) и в ней так же, как и в тафлях (пороссе) замещаются амфиболы и иногда нефритом или доизитом.

При микровзвонковом анализе выявлено, что в девитрифицированном стекле также как и для свежих пород обнаруживается присутствие разных раз. Участки, обогащенные Na и Al, сложены на 2/5 молекулами альбита  $Na Al Si_3 O_8$  и на 3/5 молекулами амфибола актинолитового ряда -  $Ca_{2,36} Mg_{2,54} Fe_{1,33} Ti_{0,17} Al_{1,02} Si_{7,33} O_{22}(OH)_2$ . Участки, обедненные Na и Al, сложены на 1/17 молекулами альбита  $Na Al Si_3 O_8$  и на 16/17 молекулами амфибола актинолитового ряда -  $Ca_{1,85} Mg_{3,3} Fe_{1,45} Ti_{0,1} Al_{1,01} Si_{7,0} O_{22}(OH)_2$ .

Таким образом, в этой разновидности стекло при метаморфизме превращено в тонкий спутанно-волоконистый агрегат альбита и амфибола. Причем концентрация последнего различна в различных участках породы, вплоть до образования спутанно-волоконистых нефритоподобных агрегатов, что и приводит к исключительно большей прочности породы.

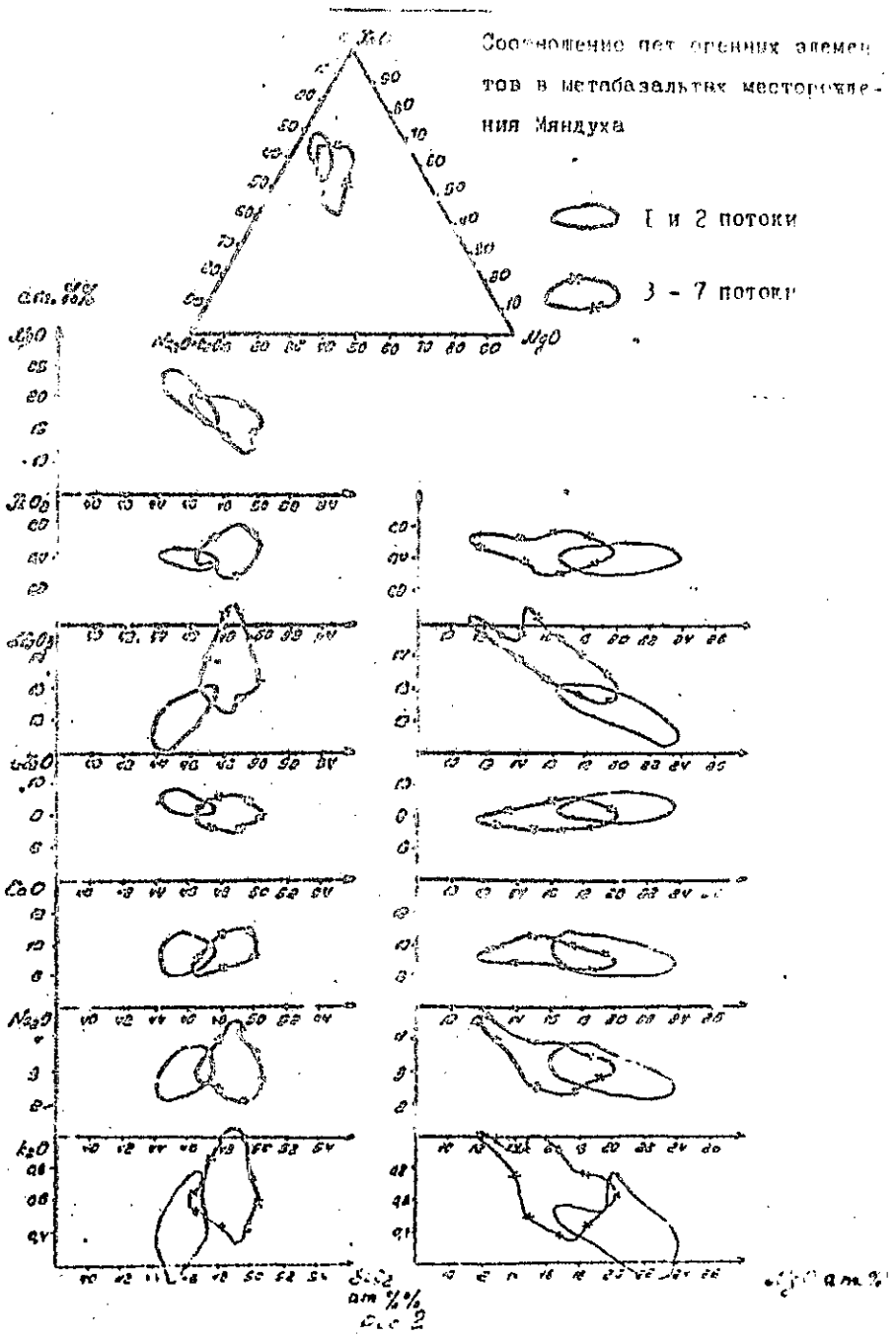
Автором также был проведен детальный петрохимический анализ вулканитов. Как отмечали предыдущие последователи химизм базальтов месторождения чрезвычайно однороден, что говорит об излинии потоков из одного магматического очага. 221 химических анализов были пересчитаны на атомные проценты. Затем были построены графики зависимостей содержания основных петрохимических компонентов от содержания  $SiO_2$  и  $MgO$  (рис. 2).

Оказалось, что для той части вулканитов, которая слагает полезную толщу месторождения, эволюция химизма лав шла от более основных разновидностей к более кислым. С увеличением кремнезема возрастает количество щелочей и Ca и уменьшается количество магния. Это, вероятно, связано с кристаллизационной дифференциацией в магматическом очаге.

### ГЛАВА IV. ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАБАЗАЛЬТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИАНДУХА

Так как месторождение Иандуха предназначено для производства строительного щебня, то наиболее важными технологическими характеристиками полезного ископаемого являются физико-механические свойства пород, а из них прочность на сжатие.

Сопоставление пет. признаков элементов в метабазальтах месторождения Мяндуха



SiO<sub>2</sub>  
 am 1/4%  
 C.L.C. 2

SiO<sub>2</sub> am 1/4%

Породы, слагающие месторождение Мандуха, являются одними из самых прочных в Союзе.

Наибольшая прочность при сжатии на месторождении достигает 590-600 МПа при размахе этого показателя 550 МПа, что почти вдвое превосходит показатели для других месторождений с высокой средней прочностью и в 3-4 раза показатели месторождений с более низкой средней прочностью.

Именно из-за таких аномально высоких значений прочности пород месторождения Мандуха и была поставлена задача - выявить геологические процессы, ответственные за эти особенности пород.

по данным Б.И. Ладигина, изучавшего базальты Аренин, Камчатки и Сибири прочность базальтов зависит как от микроструктуры породы, так и от характера ее пористости.

При разведке месторождения считалось, что породы однородны по физико-механическим свойствам, поэтому пробы были взяты без учета разброса свойств по отдельным петрографическим разновидностям. Опробованы были почти все добычные уступы (от первого до двенадцатого) и потоки метабазальтов от 7-го до 3-го.

Автором были сопоставлены данные опробования (свыше 2000 образцов) с выделенными потоками. Выяснилось, что прочность пород на сжатие закономерно уменьшается вниз по разрезу, составляя в среднем 283 МПа для для верхнего 7-го потока и 203 МПа для нижнего - 3-го потока. Плотность, пористость, водопоглощение, упругие характеристики мало изменяются с глубиной. Их изменения чаще связаны с метаморфизмом пород и с положением опробованного образца в теле потока.

Прочность пород на растяжение дает несколько неопределенную картину. В некоторых разрезах прочность на растяжение увеличивается книзу, в некоторых уменьшается, но, в основном, ее тенденция обратна тенденции прочности на сжатие. Поэтому соотношение этих показателей <sup>более</sup> <sub>ср</sub> меняется по разрезу и мы будем иметь породы разные по вязкости.

Наиболее вариативной характеристикой является прочность на сжатие. Для верхних пяти потоков в зависимости от зон она имеет в среднем следующие значения:

Зона массивных лав		Средняя прочность, МПа
эфанитовые породы	-	203,8
раскристаллизованные породы	-	220,6
Зона шаровых лав, эфанитовые породы		
верхняя часть	-	323,7
нижняя часть	-	279,0

Прочность в пределах потока увеличивается сверху вниз достигая максимума несколько ниже середины потока и незначительно уменьшается книзу потока. На большом статистическом материале ( всего свыше 500 образцов) показано, что в каждом из пяти верхних потоков эта тенденция сохраняется.

Таким образом, прочность породы на сжатие отражает присутствие разных структурных разновидностей и может быть предсказана по петрографическому типу породы, по положению данного участка в той или иной зоне потока, в том или ином потоке в толще месторождения. На основе всесторонней характеристики (петрографической и физико-механической) около 280 образцов metabазальтов, удалось составить следующую таблицу (табл. I).

Плотность пород кайнотипного облика довольно стабильна и имеет несколько повышенные значения в верхних частях потока. Прочность же зависит от структурных особенностей породы: т. е. в кайнотипных разрезах - наиболее прочные доларитовые базальты, наименее прочные гналобазальты с футлярвидными кристаллами пироксена, а средней прочностью обладают гналобазальты с игольчатыми кристаллами пироксена.

Как и следовало ожидать, петрографические особенности оказали свое влияние на прочность пород. В соответствии с данными В. М. Ладугина стекловатые породы имеют меньшую прочность, чем раскристаллизованные. Причем, из стекловатых разновидностей большей прочностью обладает та, в которой вырапленники имеют меньшие размеры, т. е. разновидность с игольчатыми кристаллами пироксена. То же можно сказать о прочности на растяжение.

В измененных апабазальтовых породах плотность увеличивается сверху вниз по потоку, а прочность зависит от структурных особенностей пород. При изменении раскристаллизованной породы разрушения возникают между зёрнами и сами кристаллы - поэтому такая порода теряет прочность.

Таблица I

Характеристика физико-механических свойств пород  
разновидностей метабазальтов верхних трех потоков

Тип по- род	Зона по- то- ка	Разновидность	Средняя плотн., г/см <sup>3</sup>	Средн. прочн. при сжатии в/н соот., МПа	Средняя прочн. при растр. в в/н соот., МПа	Отно- шение прочн. на сжатие к прочн. на растр.
Кай- но- тип- но- го об- ли- ка	Зона ма- сив- ных лав	гналлобазальты с футляровид- ными кристал- лами пироксена	3,04	200,7	30,7	6,5
		долеритовые ба- зальты, свежие	3,02	263,9	37,1	7,1
	Зона шаро- вых лав	гналлобазальты с игольчатыми кристаллами пироксена	3,02	227,0	30,7	7,4
Апо- ба- заль- то- вые	Зона ма- сив- ных лав	апобазальто- вые породы с мозаичной структурой	3,02	230,3	29,3	7,9
		долеритовые ба- зальты метамор- физованные	3,04	172,0	39,0	4,4
	Зона шаро- вых лав	апобазальто- вые породы со спутан. волоkn. струк- турой	3,04	267,6	34,0	7,9
Кайно- тип- но- го об- лика	Зона ма- сивных лав	гранитовые породы	3,02	214,4	29,5	7,3
		раскристал- лизованные породы	3,02	252,9	37,6	6,7
апо- ба- заль- то- вые и це- лои	Зона шаро- вых лав	гранитовые породы	3,04	262,8	35,0	7,5

Стекловатые породы при метаморфизме увеличивают свою проч-  
ность. Породы верхних частей потока, т. е. апобазальтовые породы  
с мозаичной структурой имеют меньшую прочность, чем породы ниж-



них частей потока, т.е. апобазальтовые породы со спутанно-волокнистой структурой.

При кристаллизации стекла образуется тонкозернистый агрегат вторичных минералов, что ведет к упрочнению породы. Структурные особенности двух разновидностей гнабазальтов являются причиной различий прочности на сжатие апобазальтовых пород разной структуры. Так апобазальтовые породы с мозаичной структурой увеличивают свою прочность только на 15% по сравнению с гнабазальтами с футуриновидными кристаллами пироксена. А прочность апобазальтовых пород спутанно-волокнистой структуры увеличивает в среднем на 18% относительно пород кайнотипного облика с игольчатыми кристаллами. Прочность на растяжение стекловатых пород зоны массивных лав при метаморфизме несколько уменьшается. У метаморфизованных же пород шаровых лав прочность на растяжение выше, чем у пород кайнотипного облика. В то время как отношение прочности на растяжение к прочности на сжатие довольно стабильно и для пород кайнотипного облика, и для апобазальтовых пород.

В зоне шаровых лав выделено несколько разновидностей апобазальтовых пород. Это тонкозернистые брекчированные породы корок шаров, апобазальтовая порода со спутанно-волокнистой структурой с крупными волокнами, и апобазальтовая порода со спутанно-волокнистой структурой с тонкими волокнами (см. табл. 2).

Первая из этих разновидностей имеет локальное распространение. Размеры участков, сложенных этими породами сопоставимы с размером штуфа (очень редко имеет мощность 0,5м), или с размером образца для физико-механических испытаний, а в конечном счете с размером зерен щебня. Хотя эти разности не образуют протяженных тел, но, несомненно, их присутствие будет сказываться на свойствах горной массы. Поэтому целесообразно было выделить их из массива опробования, тем более, что в отличие от других разновидностей пород этой зоны они имеют пониженную прочность. Апобазальтовая порода со спутанно-волокнистой структурой и крупными волокнами имеет прочность не намного выше предыдущей разновидности (247,5 МПа - на сжатие и 32 МПа - на растяжение). И только одна разновидность пород этой зоны, а именно апобазальтовая порода со спутанно-волокнистой структурой с тонкими волокнами имеет резко повышенную прочность (342 МПа - на сжа-

Таблица 2

Физико-механические свойства алобазальтовых пород зоны шаровых лав

Разновидности алобазальтовых хлорит-серпентин-амфиболовых пород зоны шаровых лав	Плотность, г/см <sup>3</sup>		Прочность на сжатие в в/н сост. МПа		Прочность на растяжение в в/н сост. МПа		Отношение прочности на сжатие к прочности на растяжение
	средн.	кол-во обр.	средн.	кол-во обр.	средн.	кол-во обр.	
Тонкозернистые брекчированные породы корок лав	3,03	34	226,0	16	31,1	5	7,3
Алобазальтовая порода со спутанно-волокнистой структурой с крупными волокнами	3,04	85	247,5	26	32,0	4	7,7
Алобазальтовая порода со спутанно-волокнистой структурой с тонкими волокнами	3,04	53	341,8	16	45,2	2	7,7
В целом по алобазальтовым породам зоны шаровых лав	3,04	172	267,6	58	34,0	11	7,7

где и 45 МПа - на растяжение).

Таким образом мы можем пространственно отделить блоки пород наибольшей прочности - в верхних частях зоны шаровых лав и определить эти породы как породы со спутанно-волокнистой структурой с тонкими волокнами.

Распространение прочностных характеристик в зоне шаровых лав хорошо может быть объяснено с микроструктурных позиций. Тонко-зернистые породы корок шаров имеют одинаковую прочность с алобазальтовыми породами мозаичной структуры. Определяющими тут являются зернистость зерни породы и брекчированная, фрагментарная тек-

стурa. Спутанно-волоконистая структура создает более прочный каркас и особенно влияет на прочность породы при одновременном уменьшении крупности зерна. Можно с уверенностью утверждать, что выделенные на месторождении разновидности имеют разную прочность, что хорошо видно в табл. 3.

Таблица 3

Технологическая классификация метабазальтов месторождения по главному технологическому признаку — прочности пород

Разновидности	Средняя прочность, МПа	Гибельная прочность, МПа	Технологическая видность
Долеритовые базальты метаморфизованные	115,6	70 - 140 МПа	слабые породы
Габброидные базальты с рудяковидными кристаллами пироксена свежие и затронутые метаморфизмом	166,3	120 - 220 МПа	породы средней прочности
Апобазальтовые породы обрекчированной структурой (породы закалочных коров шара)	191,8	140 - 240 МПа	породы повышенной прочности
Габброидные базальты с игольчатыми кристаллами пироксена свежие и затронутые метаморфизмом	195,6	160 - 240 МПа	" "
Апобазальтовые породы с мозаичной структурой	227,0	180 - 260 МПа	породы высокой прочности
Долеритовые базальты, свежие	255,5	200 - 300 МПа	" "
Апобазальтовые породы спутанно-волоконистой структуры с крупными волокнами	285,1	240 - 340 МПа	породы очень высокой прочности
Апобазальтовые породы спутанно-волоконистой структуры, тонковолокнистые	393,9	300 - 480 МПа	породы исключительно высокой прочности

Следовательно, мы можем выделить три основных технологических сорта пород, которые будут влиять на буровзрывные работы, производительность предприятия и на качество щебня.

1 сорт — прочность 100 - 200 МПа — относительно слабые породы, долеритовые базальты, метаморфизованные

и гналобазальты с фуллэровидными кристаллами пироксена.  
2-сорт- прочность 200 - 300 МПа - прочные породы, гналобазальты с игольчатыми кристаллами пироксена, апобазальтовая порода с мозаичной структурой, тонкозернистые брекчированные разности закалочных корок шаров, долеритовые базальты свежие и апобазальтовые породы со спутанно-волокнутой структурой с крупными волокнами.

1-сорт- прочность 300 - 500 МПа - исключительно прочные породы, апобазальтовые породы со спутанно-волокнутой структурой с тонкими волокнами.

Таким образом, стабильное хорошее качество щебня и оптимальные режимы работы предприятия будут гарантированы при поступлении горной массы 2-го сорта. При поступлении горной массы 3-го сорта за счет увеличения отходов ухудшится производительность предприятия и, возможно, понизится марка щебня, а при поступлении горной массы 1-го сорта возможны поломки оборудования и ухудшение производительности за счет увеличения времени дробления пород. Поэтому на месторождении необходима служба оперативного управления качеством полезного ископаемого с целью его усреднения.

#### ГЛАВА 2. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

На основе анализа петрографии, петрохимии и физико-механических характеристик пород построена математическая модель месторождения, реализованная в виде пакета программы составленной автором для ЭВМ "Искра 1256". Модель позволяет прогнозировать технологические свойства пород в любой точке карьерного поля при введении долговых координат этой точки и ее абсолютной отметки. Модель разработана для отороящегося предприятия.

В модели использованы статистический, корреляционный анализ, автоматический поиск информации. Каждая единица информации кроме трехмерного табличного адреса имеет трехмерный гипсометрический адрес. Каждое данное может быть представлено единицей ислонерного геологического пространства месторождения.

Способ представления данных табличный. Таблицы предусматривают как количественные так и качественные данные, заносимые в любой порядок. В данный момент модель реализуется на базе

данных из 7 таблиц: 1) опробование; 2) выработки и обнажения; 3) трещиноватость; 4) строение полезной толщи; 5) химический состав пород; 6) эталонные технологические разновидности метабазальтов; 7) данные, относимые к месторождению в целом.

Пакет программ для реализации математической модели предусматривает программы - формирования и хранения массивов данных связанных в таблицы, поиска данных и формирования новых массивов, статистической обработки, корреляционного анализа с построением вариационных кривых, точечных диаграмм, распечаткой данных и т.п., прогнозирования технологических свойств пород любой точки карьерного поля.

### ВЫВОДЫ

1. Физико-механические свойства пород месторождения определяются, в основном, их структурными особенностями.

2. Породы месторождения соответствуют по физико-механическим свойствам общетеоретическому положению, что прочность понижается в зависимости от крупности зерна и фазового состава: тонкозернистые → мелкозернистые → среднезернистые → крупнозернистые → стекловатые.

3. Плотность пород месторождения очень высокая  $3,0 \text{ г/см}^3$ . Это объясняется увеличением содержания магния и железа и уменьшением содержания  $Al_2O_3$ ,  $X$  и  $Na_2O$  относительно средних базальтов по Дели. А увеличение плотности ведет к увеличению прочности (т.е. увеличивается способность нести нагрузку). Это объясняет общий высокий уровень прочности пород месторождения.

4. Микроструктурная неоднородность пород кайнотипного облика на месторождении обусловлена неоднородностью условий остывания лавы внутри отдельного потока.

5. Петрохимическая направленность развития магматического очага обусловлена кристаллизационной дифференциацией и проявляется в обогащении нижних потоков оливином.

6. Метаморфизм пород подчеркивает петрографические неоднородности, возникшие при излиянии и кристаллизации лав. На физико-механические свойства пород метаморфизм имеет двойное влияние.

Во-первых, при превращении оливина в серпентин увеличивает объем, что приводит к увеличению микротрещиноватости и ослабляет породу. Во-вторых, при метаморфических изменениях по разному изменяются гнабазальты различной структуры и, возникающие при

этом метаморфические структуры, придадут породе разную прочность..

7. Важнейшей технологической характеристикой строительного камня является прочность пород на сжатие. Поэтому именно эта характеристика положена в основу выделения сортов полезного ископаемого. Она приведена в соответствие с определенными структурно-текстурными разновидностями метабазальтов. В результате проделанной работы с большой точностью можно предсказать физические свойства пород, определенных петрографических разновидностей.

#### СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Обработка геологических данных с целью прогнозирования качества строительного камня для проектирования предприятий безотходной технологии добычи. (на примере Ташлыкского месторождения андезитовых порфириров. В об. Малоотходная технология производства нерудных строительных и облицовочных материалов. М. 1983).

2. Структура поля физико-механических свойств андезитовых порфириров Ташлыкского месторождения строительного камня. В об. Математические методы анализа цикличности. М. Наука. 1985г. с. 51-57.

3. Неоднородность изверженных и метаморфических месторождений строительного камня по прочности пород. (соавт. И. И. Лопатников) В об. Совершенствование технологии добычи и переработки минерального сырья. М. 1984г. с.

4. Связь физико-механических свойств пород с их петрографическим составом на примере месторождения Ияндуха. В об. Повышение эффективности технологии нерудных строительных и облицовочных материалов. М. 1986г. с. 19-26.

5. Технологические классификаторы месторождений скальных пород (соавт. И. М. Полтинина) В об. Технология производства нерудных строительных и облицовочных материалов. М. 1986г. с. 24-29.

6. Характеристика неоднородности прочностных свойств метабазальтов месторождения Ияндуха в связи с неоднородностью геологического строения. В об. Научно-технический прогресс в области технологии нерудных строительных и облицовочных материалов. М. 1987г. с. 13-26.

7. Составление и обработка матричных массивов информации по месторождению нерудных строительных материалов. В об. Технология производства нерудных строительных и облицовочных материалов. М. 1987г. с. 113-124.

12101/11.1

12101/11.1.1.1 - 52820

12101/11.1.1.1.1 - 52820