

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Южный федеральный университет»

Институт наук о Земле
Кафедра месторождений полезных ископаемых

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на тему:

**МИНЕРАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
БАЗАЛЬТОИДОВ УЧАЛИНСКОГО РАЙОНА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
КРОВЕЛЬНЫХ ГРАНУЛ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)**

по специальности 21.05.02 – «Прикладная геология»

специализация «Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений
твердых полезных ископаемых»

Выполнил: студент	_____	<u>Дю Тимур Александрович</u>
Научный руководитель <u>доцент</u>	_____	<u>Н.В. Грановская</u>
Рецензент <u>доцент</u>	_____	<u>Б.В. Талпа</u>
Нормоконтролер <u>доцент</u>	_____	<u>Т.В. Шарова</u>

УТВЕРЖДАЮЗав. кафедрой месторождений полезных
ископаемых

_____ А.В. Наставкин

« ____ » _____ 2018 г.

**ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**Студенту Дю Тимур Александровичу

Тема работы. Минеральные основы технологических свойств базальтоидов Учалинского района для производства кровельных гранул (Южный Урал).

Исходные данные. Фондовые и опубликованные литературные источники, коллекция каменных образцов, полевые наблюдения, результаты лабораторных исследований.

Геологическое обоснование выполнения работы. Необходимость установления минералогических критериев сырья для производства кровельных гранул.

Основные задачи работы и методы их решения. Определение минерального состава базальтоидов и его влияния на качество кровельного гранулята.

Методы исследования: обзор и анализ литературных источников, полевые исследования с отбором проб базальтоидов и фотодокументацией, лабораторные испытания, статистическая обработка результатов исследований, обобщение полученных результатов.

Ожидаемые результаты. В результате исследований будет выявлен минеральный и химический состав базальтоидов Буйдинской площади Учалинского района; проанализированы связи состава пород с технологическими свойствами кровельного гранулята; даны рекомендации по выбору перспективных зон для разработки кровельного сырья в пределах Буйдинской площади.

Дата выдачи задания _____ 17.12.2018 г. _____

Тема выпускной квалификационной работы
утверждена приказом по ЮФУ _____ № 4739-к 12.04.2019 г. _____

Срок представления работы _____ 30.05.2019 г. _____

Руководитель работы _____ Грановская Н.В.

РЕФЕРАТ

Дю Т.А. Выпускная квалификационная работа на тему: «Минеральные основы технологических свойств базальтоидов Учалинского района для производства кровельных гранул (Южный Урал)». Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2019.

60 с., 33 рис., 1 текст. прил., 2 граф. прил., 24 использованных источников.

Объект исследования – базальтоиды (базальты, долериты, андезибазальты) Буйдинской площади Учалинского района

Цель работы – установление минералогических основ технологических свойств базальтоидов для производства кровельных гранул.

Задачи работы:

- оконтуривание и опробование базальтоидов в пределах Буйдинской площади Учалинского района;
- установление химического и минерального состава базальтовых пород;
- анализ связей состава пород с технологическими свойствами кровельного гранулята.

Методы исследования включали обзор и анализ литературных источников, полевые работы на участках развития базальтовых пород, лабораторные испытания, статистическую обработку результатов исследований.

Результаты и их новизна. В результате обобщения данных по образцам базальтоидов Буйдинской площади были определены минералогические требования для их возможного использования в качестве сырья для производства кровельных гранул, и выделены перспективные участки для производства кровельных гранул.

Значимость работы и выводы. Практическое значение работы связано с быстро растущими темпами производства, относительно новой для России индустрии гибких кровельных материалов, а также отсутствием четко выработанных технологических условий и ГОСТов при их производстве. Технологические свойства кровельного гранулята напрямую связаны с химическим и минеральным составом пород, из которых он был произведен. В результате проделанной работы были установлены минеральные основы горных пород и их влияние на технологические свойства кровельных гранул.

Рекомендации по использованию результатов. Полученное заключение о минералогических особенностях базальтоидов могут быть использованы в процессе поисков сырья для обеспечения потребностей кровельной индустрии в пределах Учалинского района Республики Башкортостан.

Ключевые слова: Южный Урал, Учалинский район, базальты, долериты, кровельные гранулы.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ	7
1.1. Обзор и анализ ранее проведенных исследований	8
1.2. Выбор направления исследований	12
2. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ	15
3. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УЧАЛИНСКОГО ГОРНО-РУДНОГО РАЙОНА	17
3.1. Стратиграфия и литология	17
3.1.1. Ордовикская система.....	17
3.1.2. Силурийская система.....	19
3.1.3. Силурийская-девонская системы	19
3.1.4. Девонская система	19
3.1.5. Мезозойские коры выветривания.....	25
3.1.6. Неогеновая система	27
3.1.7. Неогеновая-четвертичная системы	27
3.1.8. Четвертичная система.....	28
3.2. Магматизм.....	30
3.3. Тектоника.....	32
3.4. Геологическая характеристика Буйдинской площади.....	35
4. МИНЕРАЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БАЗАЛЬТОИДОВ БУЙДИНСКОЙ ПЛОЩАДИ	37
4.1. Участок Зириклинский	37
4.2. Участок Каеш-Ур	40
4.3. Участок Танычау.....	42
4.4. Поведение пород при их нагреве до температур керамизации	46
5. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ МИНЕРАЛЬНОГО ВЕЩЕСТВА	51
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	54
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	57
Приложение А.....	60
Графические приложения:	
1. Геологическая карта Буйдинской площади М 1:50000	
2. Карта фактического материала Учалинского района М 1:10000	

ВВЕДЕНИЕ

Выпускная квалификационная работа посвящена изучению минералогических основ технологических свойств базальтоидов для производства кровельных гранул в пределах Буйдинской площади. Буйдинская площадь административно принадлежит к Учалинскому району Республики Башкортостан, в геологическом отношении приурочена к Магнитогорскому синклинию Южного Урала.

В пределах Учалинского района широко развиты вулканогенные образования среднего палеозоя, в том числе базальтоидные породы, которые с недавнего времени вызывают интерес в качестве природного сырья. Одним из современных направлений использования базальтов является производство гибких кровельных материалов. При этом не все породы подходят для данного производства. Для определения пригодности сырья к применению в качестве минеральной основы кровельных гранул необходимо уделять особое внимание минералогическим особенностям, так как они напрямую влияют на качество конечной продукции.

Актуальность работ обусловлена возрастающей потребностью строительных предприятий в высокосортном кровельном сырье, которое может быть представлено магматическими породами базальтового состава, развитыми на восточном склоне Южного Урала, в частности Учалинском рудном районе.

Работа написана по материалам преддипломной производственной практики в ООО «Уральское горно-геологическое агентство». Исходными данными для её написания служили литературные и фондовые источники, картографический и каменный материал, а также результаты лабораторных исследований.

Основное место в работе занимают минералогические исследования состава базальтоидов и его влияние на качество кровельного гранулята.

Лабораторные исследования включали макроскопическое и микроскопическое изучение минералогических особенностей базальтоидов Буйдинской площади, которое проводилось в лаборатории вещественного состава минерального сырья ООО «Уральское горно-геологическое агентство» (г. Уфа), а также на кафедре месторождений полезных ископаемых Института наук о Земле Южного федерального университета (г. Ростов-на-Дону). Также проводилась статистическая обработка химического и минерального состава пород с использованием программы «Statistica».

Выпускная квалификационная работа состоит из 60 страниц текста, включает введение, 5 глав, 33 рисунков, список используемой литературы из 24 наименований, 1 текстового приложения, 2 графических приложений.

По теме выпускной квалификационной работы автор имеет научную публикацию [Дю, 2018]. Основные идеи и теоретические выводы по теме работы апробировались автором на научно-практических конференциях:

- III Всероссийская студенческая научно-практическая конференция «Практика геологов на производстве» (Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2018);
- 47-я Научная студенческая конференция Института наук о Земле (Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2019).

Благодарности. Работа выполнена под руководством к. г.-м. н., доцента кафедры месторождений полезных ископаемых Н.В. Грановской, которой автор выражает глубокую признательность.

За ценные консультации, помощь в сборе полевых материалов, проведение лабораторных исследований, обсуждение проблемы в целом автор выражает благодарность директору ООО «Уральское горно-геологическое агентство» А.В. Кочергину, геологу ООО «Уральское горно-геологическое агентство» А.А. Гилязову, а также сотрудникам Института наук о Земле Южного федерального университета: зав. кафедрой месторождений полезных ископаемых А.В. Наставкину, профессорам В.Н. Труфанову, М.И. Гамову, А.Э. Хардикову, Н.Е. Фоменко, доцентам Ю.В. Попову, Т.В. Шаровой, В.Г. Рылову, А.В. Труфанову, А.Г. Грановскому, О.С. Бондаревой. Отдельную благодарность за помощь в оформлении выпускной квалификационной работы автор выражает специалисту по учебно-методической работе кафедры месторождений полезных ископаемых Н.И. Перепечевой.

1. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Базальты имеют важное значение и экономическую ценность в различных отраслях народного хозяйства. Базальтовые месторождения известны прежде всего тем, что они обеспечивают предприятия сырьём для производства базальтового волокна. Изделия на основе базальтового волокна используются в энергетике, промышленности, строительстве. Базальтовое волокно обладает высокой прочностью, износоустойчивостью и химической устойчивостью, хорошими электро-, тепло-, и шумоизоляционными характеристиками, устойчивостью к высоким температурам и вибрации, гибкостью, невоспламеняемостью.

Месторождения базальтов – это основа для целой индустрии и сферы его применения постоянно расширяются. Базальтовое сырьё сегодня популярно для изготовления теннисных ракеток, лыж, сноубордов, базальтовой акустики и даже базальтовой ткани. Но всё же основное использование базальта – в строительстве, причем для самых разных целей: дорожного основания, бетона, асфальта, железнодорожного балласта, базальтовой плитки, портландцементного клинкера. В настоящее время в строительных технологиях появилось новое направление использования базальтоидов – производство кровельных гранул. Этот природный материал или геоматериал широко используется для покрытия крыш в странах Северной Америки, а в последние годы набирает популярность и в России.

В нашей стране ведущим отечественным производителем кровельных гранул является ООО «Завод «Стройминерал» корпорации «Технониколь», промплощадки которого расположены на Южном Урале, непосредственно в районе наших исследований. В 2016 г в г. Учалы компанией запущена новая производственная линия по получению керамизированных гранул. До этого заводом использовалось сырьё Круторожинского базальтового месторождения Оренбургской области, что усложняло доставку и увеличивало себестоимость конечного продукта. В связи с расширением производства, руководители ООО «Завод «Стройминерал» обратились в компанию «УГГА» с заказом о поисках сырья в пределах логистической близости к заводу.

Кровельные гранулы представляют собой дроблённую каменную крошку (с размером частиц 0,5-2 мм), которая наносится на поверхность гибкой черепицы в виде защитного и декоративного слоя.

Традиционно выделяются три типа гранул: сланцевая посыпка, минеральные неокрашенные гранулы и керамизированные окрашенные гранулы (гранулы из дробленных горных пород с окрашенной керамической оболочкой).

В процессе производства гранулята с керамической оболочкой на предварительно раздробленную и отфракционированную породу наносится красящий состав, состоящий из

жидкого стекла, каолина, пигментов и стабилизаторов. Для того, чтобы при контакте закрепить основу будущей керамической оболочки перед нанесением состава гранулы подогревают. После нанесения краски в барабанном смесителе гранулы отправляются во вращающуюся печь для спекания оболочки. Температура среды в печи достигает 1000°C, гранулы при этом нагреваются до максимальной температуры 600°C [Patent..., 2006].

В процессе производства и дальнейшей эксплуатации керамизированных кровельных гранул с породой-носителем могут быть связаны такие негативные явления, как изменение цвета гранул и их разрушение. Все это приводит к окислению продукта, появлению пятен и подтеков оксигидроксидов железа на поверхности гранулята, разрушению битумного связующего на участках с поврежденным защитным слоем, что негативно сказывается на долговечности и внешнем виде кровли [Patent... 1996]. Причиной таких негативных явлений служит «неправильный» минеральный состав породы-носителя. Для того, чтобы избежать негативных последствий, следует тщательно выбирать сырье, проводя минералоготехнологические исследования.

Основные магматические горные породы и особенно базальтоиды имеют широкое распространение на восточном склоне Южного Урала. Здесь известно множество базальтовых месторождений, среди которых – Аргаяшское, Круторожинское, Учалинское и другие, а также серьезные предпосылки для открытия новых объектов. В этой связи наибольший интерес представляет территория развития вулканогенных комплексов Магнитогорского синклинория, которая включает Учалинский рудный район.

В пределах Буйдинской площади Учалинского района (рис. 1.1) в настоящее время ООО «УГГА» проводит поисково-оценочные и разведочные работы на базальтоиды для производства кровельных гранул по заказу корпорации «Технониколь».

1.1. Обзор и анализ ранее проведенных исследований

История исследований магматических пород в Учалинском районе насчитывает более ста лет. Все они, так или иначе, проводились во время геолого-съемочных работ различных масштабов.

Первые систематические работы по геологическому картированию проводились в период с 30-х по начало 50-х годов XX века. Этот период связан с именами О.Г. Горяиновой и Э.А. Фалькова (1931-37 гг.), Н.Н. Дингельштедта (1932-33 гг.), О.А. Нестояновой (1932-46 гг.), В.С. Коптева-Дворникова (1933-40 гг.), К.А. Львова (1935-39 гг.), Д.Г. Ожиганова (1937-51 гг.), А.И. Олли (1937-55 гг.), А.Н. Заварицкого (1944 г.), Е.А. Муравьевой (1946 г.), Г.А. Ленных (1947-49 гг.), А.И. Иванова (1949 г.), А.А. и Н.П. Малаховых (1949 г.).

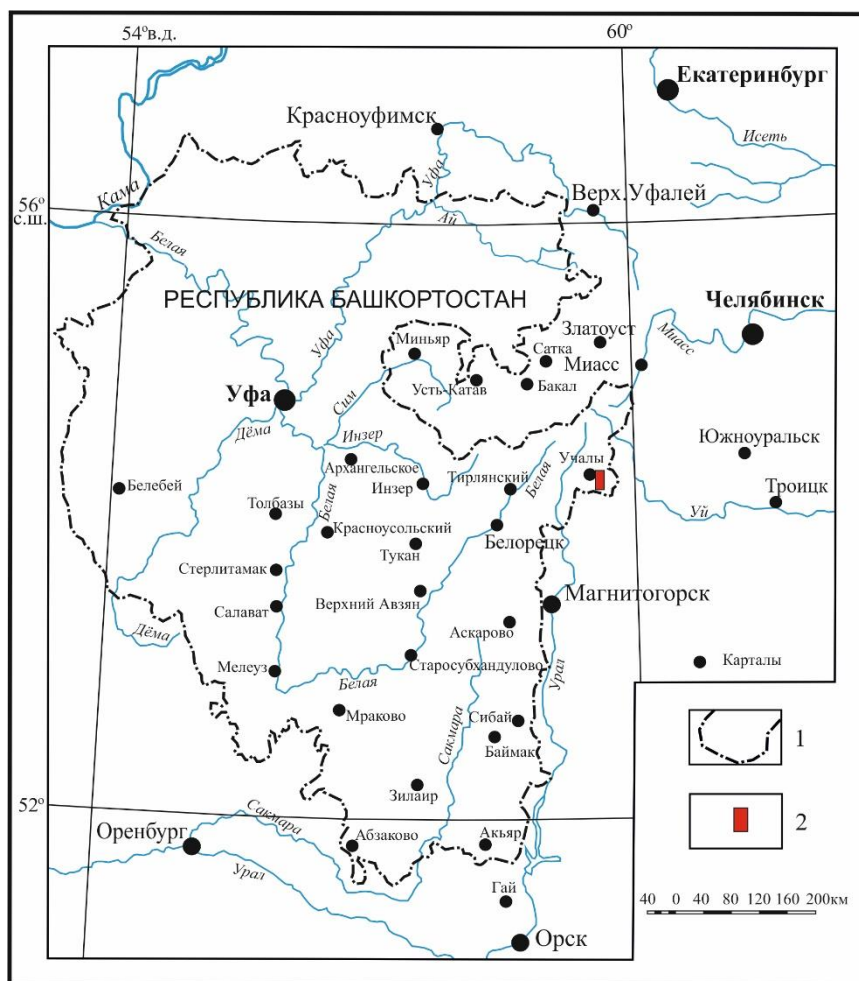


Рис. 1.1. Географическое положение площади исследований на Южном Урале. 1 – границы республики Башкортостан, 2 – Буйдинская перспективная площадь

На данной территории имеется большое количество рудных месторождений, в том числе медно-колчеданных, непосредственно приуроченных к базальтоидным формациям. Условия локализации, химический, петрографический состав вулканогенных пород основного ряда детально изучался в процессе проведения поисков и разведки.

В 1932-36 гг. Н.Н. Бородаевским и М.Б. Бородаевской изучены наиболее крупные месторождения золота Учалинского района и разработана их классификация. В 1939 г. сотрудниками треста «Башзолото» Х.А. Шафеевым, И.М. Долгалем, И.М. Гариповым совместно с геологами и геофизиками ВСЕГЕИ А.И. Демчуком, Л.А. Баженовым и др. открыто крупное Учалинское месторождение меди и цинка. В 1952 г. выявлено еще одно крупное месторождение того же типа – им. XIX партсъезда (первооткрыватели – П.И. Отто и Л.Г. Терешкин, трест «Башзолото»). Данные события существенно повлияли на интенсивность и направленность дальнейших геологических изысканий.

В 1955-56 гг. на основе анализа предшествующих работ, а также собственных исследований О.А. Нестояновой (ВСЕГЕИ) и Г.А. Ленных (Южноуральское геологическое управление) под редакцией В.М. Сергиевского для листа N-40-XVIII составлены

геологическая карта и «регистрационная» карта полезных ископаемых масштаба 1: 200 000 с объяснительной запиской, изданной в 1959 г. Данный комплект являлся первым в составе большой группы среднемасштабных карт Южного Урала, издание которых завершено к началу 60-х годов. Впервые все аспекты геологического строения района освещены комплексно и с единых позиций.

С середины 50-х до середины 60-х годов осуществляются первые регулярные геологические съёмки масштаба 1:50 000, нередко перекрывающие друг друга. Таким образом, к 1968 году вся территория была покрыта крупномасштабной геологической съёмкой. В результате ГС-50 получено много нового фактического материала.

После открытия в 1959 г. медноколчеданного месторождения Озерного, начинаются планомерные специализированные преимущественно крупномасштабные (1:50 000, 1:25 000) поисковые работы на медь, цинк, свинец, никель, коренное и россыпное золото, стройматериалы, связанные с именами М.Ш. Бикова, Б.Г. Галиуллина, С.Б. Ященина, И.П. Ермолаева, П.Я. Лобанова, П.А. Зенкова и других геологов. Широко применяются геохимические, геофизические методы исследования, проходка горных выработок, бурение. В результате этих работ открыта целая серия новых перспективных объектов (Сафаровское, Карагайлинское, Первомайское и др.), сделана переоценка рудоносности известных месторождений и рудопроявлений (Курпалы, Контрольное, Берёзка, Подгорное и др.).

В 1961 г. по заявке «Главбашстроя» производится разведка Мансуровского месторождения гранитов. На базе месторождения строится дробильно-сортировочный завод по производству щебня.

Следующий этап (середина 60-х - начало 70-х годов). На многих поисковых и разведочных объектах выполняются детальные, преимущественно комплексные, геофизические исследования. Проведено обобщение накопленных геологических, геофизических, геохимических, гидрогеологических материалов, составлены геологическая и тектоническая карты масштаба 1:500 000 для Башкирского Урала.

Период 1972-1987 гг. по своей информационной нагрузке является самым продуктивным за всю историю геологического изучения территории. Он знаменуется новым циклом геолого-съёмочных работ. Западно-Башкирской и Челябинской ГРЭ проводится ГДП-50, покрывающее значительную (60%) часть территории.

Основные результаты ГДП: составлен комплект обновленных обязательных карт масштаба 1:50 000, установлены закономерности размещения всех полезных ископаемых.

Наиболее перспективной территорией Учалинского района в отношении месторождений базальтов по геологическим и логистическим критериям является

Буйдинская площадь, которая была охвачена съемкой масштаба 1:50000 в полном объеме [Анисимов и др. 1978ф, 1983ф].

С 1972-1975 гг. производится разведка Учалинского месторождения базальта для производства щебня. Были подсчитаны запасы по категориям А+В+С₁ в количестве 15743 тыс. м³. Согласно требованиям ГОСТа щебень соответствовал маркам «1000» и «1200» и впоследствии был использован в строительстве автомобильных дорог и в качестве балластного слоя железнодорожных путей. Позже месторождения аналогичного сырья были обнаружены на северо-востоке района возле г. Каматал.

Современный этап (середина 90-х – начало XXI века). С 1994 г. начинается реализация федеральной программы «Госгеолкарта-200». Подготовке листов к изданию предшествует геологическое доизучение масштаба 1:200 000. В рамках названной выше программы осуществлено ГДП-200 территории листа N-40-XVIII [Жданов и др., 2002ф], соответствующего району наших исследований.

Изучение территории на строительный камень, представленный магматическими породами, в том числе базальтоидами, производилось точно и эпизодически.

В 2017 г. по заказу корпорации «Технониколь» компанией ООО «УГГА» под руководством А.В. Кочергина были произведены поиски объектов минерального сырья для получения кровельных гранул в пределах Учалинского района [Кочергин и др., 2017ф]. Было выделено и обследовано полевыми маршрутами с опробованием 43 участка. В частности, были изучены вскрышные породы вышеотмеченных рудных месторождений. Для лицензирования была рекомендована Буйдинская площадь, расположенная в непосредственной близости к промплощадкам корпорации «Технониколь» (рис. 1.2) и включающая три участка, в пределах которых установлены промышленные тела базальтоидов: Каеш-Ур, Южно-Буйдинский (Зириклинский) и прилегающий участок Танычау.

С началом производства работ по поискам сырья для производства кровельных гранул в Учалинском районе, появилась необходимость более детальных минералогических исследований базальтоидов с определением связей их минерального состава с технологическими свойствами.



Рис. 1.2. Обзорная карта Буйдинской площадки с объектами полезных ископаемых

В 2018 г. также под руководством А.В. Кочергина при личном участии автора были произведены разведочные работы в пределах Буйдинская перспективная площадь развития базальтоидов. Собранные в процессе работ фондовый и каменный материал, а также личные наблюдения послужили основой для написания данной работы.

Таким образом, анализ результатов предыдущих исследований показывает, что базальтовые породы широко развиты в пределах Учалинского района. Они могут являться источником сырья современной кровельной промышленности. Прежде всего интересны перспективные проявления Буйдинской площади, так как они расположены они расположены недалеко от промплощадок. В качестве возможных объектов также могут рассматриваться вмещающие породы медно-колчеданных месторождений, в том числе складированные в отвалы горно-рудных предприятий. На выявленных проявлениях необходимо проведения комплекса работ, в том числе выявления минералогических основ для технологических свойств базальтоидов.

1.2. Выбор направления исследований

Проведение настоящих исследований обусловлено необходимостью определения минералогической основы технологических свойств базальтоидов Буйдинской площади Учалинского района, пригодных для производства кровельных гранул.

Кровельные гранулы – новое направление для отечественной промышленности, поэтому выработанные требования (ГОСТы и ТУ) к данному виду сырья отсутствуют.

Как показывает мировой опыт и опыт корпорации «Технониколь», породы для кровельных гранул должны обладать рядом свойств:

- способностью давать при дроблении частички кубической формой (для обеспечения ровного нанесения гранул, укрывистости и последующего отсутствия бликов на крыше, вызванных дезориентированным положением граней),
- высокой плотностью (гранулы должны «утяжелять» черепицу, препятствовать задиранию ветром и удерживать в приклеенном состоянии кровельные материалы, прочностью достаточной, для «прохождения» процессов технологического передела при транспортировке и нанесении на черепицу,
- термической стойкостью (в процессе производства гранулы нагреваются до 600°C), низкой пористостью обеспечивающей и минимальный расход красящей композиции, адгезией к связующему,
- способностью задерживать ультрафиолетовое излучение (не пропускать к битумной подложке), морозостойкостью, стойкостью к циклам намокания/высыхания, стойкостью к воздействию кислых вод; стойкостью к изменению цвета (появлению признаков «ржавления») [Кочергин и др., 2018; Jewett, Lefond, 1983].

Планируемые к использованию породы, проходят ряд технологических тестов, по указанным позициям. В мировой практике под указанные критерии рекомендуется использовать базальтоиды (базальты, андезибазальты, долериты, габбро). Однако, как показала практика, этих критериев недостаточно. Они не позволяют понять причины негативных явлений в гранулах, целенаправленно прогнозировать и выбирать лучшее сырье для их получения.

Выбор направления исследований связан с решением данной проблемы. Используя методы оптической и тонкой минералогии можно выявить оптимальный минеральный состав породы-носителя и избежать негативных последствий, так как структурные и минералогические особенности пород напрямую влияют на технологические свойства кровельного гранулята.

Выбор тематики исследований в настоящей дипломной работе также обусловлен возможностью автора во время производственной практики собрать коллекцию проб базальтоидов и провести анализ этих пород с использованием новых аналитических исследований.

Актуальность работ обусловлена острой потребностью строительных предприятий в высокосортном кровельном сырье, которое может быть представлено магматическими породами андезит-базальтового состава, развитыми на восточном склоне Южного Урала.

Цель исследования: установление минералогических основ технологических свойств базальтоидов для производства кровельных гранул.

Задачи работы:

- оконтуривание и опробование базальтоидов в пределах Буйдинской площади Учалинского района;
- установление химического и минерального состава базальтовых пород;
- анализ связей состава пород с технологическими свойствами кровельного гранулята.

2. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования являются базальтоиды (базальты, андезибазальты, долериты) Буйдинской площади Учалинского района.

Методика исследований включала несколько этапов:

- обзор и анализ литературных источников;
- полевые работы на участках развития базальтовых пород;
- лабораторные испытания;
- статистическая обработка результатов исследований.

Анализ литературных источников проводился автором на протяжении всей работы. Было уделено особое внимание материалам по тектоническому строению и магматизму Южного Урала, а также геологическим особенностям Учалинского района [Серавкин и др., 1992; Фролова, Бурикова, 1977; Знаменский и др., 2001; Пучков 2000]. Затем были проанализированы методы исследований пород основного состава, изучена литература по технологическим и петрохимическим свойствам базальтоидов. Автором был проведен обзор материала по тематике исследований кровельных гранул [Алматов, Соков, 2018; Кочергин и др., 2018; Kogel, Triverdi, Barker, 2006; Jewett, Lefond, 1983].

Полевые исследования проводились автором во время производственной практики в ООО «Уральское горно-геологическое агентство» (2018 г.). Они включали поисковые маршруты, документацию и опробование горных выработок (рис. 2.1), а также первичную обработку проб. В процессе полевых работ были выделены перспективные участки развития базальтоидных пород, пригодных для производства кровельного гранулята, также были отобраны штупные и бороздовые пробы, которые использовались при лабораторных испытаниях.



Рис. 2.1. Документация канавы с выходами базальтов

Лабораторные испытания начинались с первичной обработки проб, которая производилась с участием автора в полевом лагере с помощью многостадийного машинно-ручного дробления-истирания. Процесс измельчения производился на щековой дробилке с простым движением щеки до размерности 1 мм. Затем проба истиралась дисковым истирателе ИДА-175 до 0,7 мм. Вес окончательной навески составлял 100 г. Химический анализ горных пород (77 пробы) был произведен в лаборатории Института Геологии УНЦ РАН (г. Уфа) методом ренгенофлуоресцентной спектроскопии (РФС) VRA-30 (77 пробы). По его результатам был получен состав петрогенных элементов. Содержание кварца и карбонатных минералов изучалось с помощью рентгенофазового анализа (77 пробы). Рентгенофазовый анализ был проведен на дифрактометре ДРОН-4.

Минералогический состав базальтов для производства гранул изучен методом оптической микроскопии шлифов (петрографическим анализом) в лаборатории вещественного состава минерального сырья ООО «Уральское горно-геологическое агентство» (г. Уфа) на поляризационном микроскопе CARL ZEISS JENA Amplival, а также на кафедре месторождений полезных ископаемых Института наук о Земле на поляризационном микроскопе ПОЛАМ-312.

В связи с тем, что материнская порода подвержена окислению под воздействием высоких температур, дополнительно для эталонных проб была изучена устойчивость обожженных гранул к выделению продуктов ржавления (оксигидроксидов железа) на поверхности красящего керамического слоя гранул.

Результаты ренгенофлуоресцентного и рентгенофазового анализов были интерпретированы при помощи методов математической статистики с использованием компьютерных технологий (программ «Excel» и «Statistica»).

3. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УЧАЛИНСКОГО ГОРНО-РУДНОГО РАЙОНА

В геологическом отношении Учалинский район целиком расположен в южных пределах Уральской складчатой системы, которая представлена здесь почти всеми своими главными элементами. Геологическое строение территории является одним из наиболее сложных в регионе. Это обусловлено большим количеством стратонов в возрастном диапазоне от среднего рифея до среднего карбона и от неогена до голоцена, значительной фациальной изменчивостью пород по латерали, особенно в палеозойских вулканогенно-осадочных комплексах, интенсивно проявленным разноглубинным и разновозрастным (докембрий-поздний палеозой) магматизмом от ультраосновного до ультракислого, разнотипным и разнотемпературным метаморфизмом, неоднородным глубинным строением земной коры, напряженной и различной по морфологии складчатой и разрывной тектоникой, широко распространенными и разнообразными эпигенетическими изменениями горных пород (полиформационный метасоматоз, коры выветривания и т.д.), обширным спектром полезных ископаемых (как металлических, так и неметаллических).

Наибольшее развитие базальтоиды имеют в палеозойских вулканогенных комплексах, которым уделено основное внимание.

3.1. Стратиграфия и литология

Стратифицированные базальтовые породы в пределах Учалинского района описаны в составе образований ордовикской, силурийской, девонской систем.

3.1.1. Ордовикская система

Ордовикская система представлена поляковской толщей, являющейся самым древним стратиграфическим подразделением в Западномагнитогорской структурно-формационной зоны (СФЗ).

Поляковская толща (O₁₋₂ pl). Наибольшее распространение породы поляковской толщи имеют на севере площади, где в широкой полосе от д. Старобалбуково до д. Маломуйнаково ими сложены сближенные тектонические пластины. Южнее толща выходит в изолированных надвиговых чешуях и блоках меланжа. Повсеместно характерна ее тесная ассоциация с ультрамафитами и габбро сакмарского комплекса.

В целом разрез толщи представляет собой последовательный ряд базальтовых потоков и покровов (мощностью обычно десятки метров), чередующихся с маломощными (десятки сантиметров – первые метры, иногда до 18 м) силицитами. Общая мощность подразделения достигает 1500 м.

Базальты преимущественно афировые, что отличает их от однотипных пород других возрастных уровней; редко наблюдается неотчетливая порфирированность. Потоки часто имеют зональное строение с характерными гиалокластитами и (иногда) лавобрекчиями гиалобазальтов в кровле и подошве. Структура пород офитовая (чаще в центральных частях потоков), микроофитовая, гиалиновая, участками вариолитовая, глобулярная, «метельчатая». Текстура массивная, реже слабо сланцеватая. Обычна подушечная или шаровая отдельность (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Подушечная отдельность базальтов (Учалинский андезибазальтовый щебнистый карьер)

Прослой силицитов характеризуются тонкой слоистостью (не всегда отчетливой) и представлены кремнистыми (реже глинисто-кремнистыми) сланцами, фтанитами, редко – кремнистыми туффитами.

Из-за повышенной трещиноватости базальты и фтаниты легко подвергались гидротермально-метасоматическим изменениям, инициируемым девонскими и каменноугольными интрузиями среднего и кислого состава [Бабкин и др. 1982ф], являясь тем самым благоприятной средой для локализации оруденения золото-полисульфидно-кварцевой и золоторудной кварцевожильной формаций. Отдельные разновидности кремнистых пород используются как поделочное камнецветное сырье.

3.1.2. Силурийская система

Единственное подразделение, относящееся только к силуру, приурочено к Вознесенско-Присакмарской подзоне.

Дергаишская свита (S₁ dr). Распространена в северной части территории, в небольших тектонических чешуях и блоках меланжа. Представительные фрагменты разреза дергаишской свиты наблюдаются у северо-западного подножия хр. Ирендык восточнее д. Маломуйнаково, а также к западу от д. Мансурово. Свита сложена базальтами и трахибазальтами (с редкими и крайне маломощными прослоями кремнисто-глинистых и глинисто-кремнистых сланцев), залегающими непосредственно и стратиграфически согласно под сакмарской свитой. Нижняя граница подразделения везде тектоническая. Мощность до 200 м.

3.1.3. Силурийская-девонская системы

Нерасчлененные образования силурийской и девонской систем представлены сакмарской свитой.

Сакмарская свита (S₁-D₁ sk). На территории распространена там же, где и вышеописанная дергаишская свита. Вместе с последней слагает цепочку узких тектонических чешуй (преимущественно в полях развития поляковской толщи), которые раньше (до надвигообразования), вероятно, представляли собой ядра и крылья небольших синклиналей. При ГДП-50 [Анисимов и др., 1978ф] соответствующие свите породы описывались как «средне-верхнелландоверийские отложения».

Сакмарская свита сложена сланцами кремнисто-глинистыми, (глинисто)-углисто-кремнистыми, глинисто-кремнистыми и кремнистыми с единичными маломощными (до 2 м) прослоями лав и тефроидов базальтов в нижней части. Сакмарская свита залегает согласно и с резким переходом на дергаишской свите. В стратотипической местности описываемое подразделение также стратиграфически согласно перекрывается мазовской свитой нижнего девона; на территории взаимоотношения с последней – тектонические. Мощность сакмарской свиты на разных участках от 100 до 300 м.

3.1.4. Девонская система

Девонские отложения распространены в трех центральных структурно-формационных зонах: Западномагнитогорской, Восточномагнитогорской и Уйско-Новооренбургской и составляют две трети картируемых на территории стратиграфических единиц палеозоя.

Вулканогенные образования в девоне резко преобладают над осадочными; по набору признаков (литологический состав, фациальные характеристики, особенности химизма и микроэлементного состава, минерагеническая специализация) многие подразделения подавляющим большинством исследователей [Пучков, 2000] сопоставляются с островодужными комплексами.

Баймак-бурибайская свита (D₁ bb₁). На территории представлена порфировыми базальтами (преимущественно лавами, реже гиалокластитам и туфами) с маломощными прослоями и линзами дациандезитов, красных слоистых яшм, яшмоидов, туффитов, туфоалевролитов. Мощность подсвиты 800-1200 м. Данная свита входит в состав Западномагнитогорской СФЗ. От более молодых ирендыкской и карамалыташской (нижняя часть) свит отличается отсутствием андезибазальтов (они характерны только для верхней подсвиты), а от первой, кроме того, и существенным преобладанием лав над туфами среди основных вулканитов. Базальты, в сравнении с однотипными породами более высоких стратиграфических уровней, отмечены пониженной титанистостью, железистостью фосфористостью и повышенной магнезиальностью [Жданов, 2004ф].

Ирендыкская свита (D₁₋₂ ir). Первоначально её объём был гораздо больше: в ранге подсвит (толщ) выделялись подразделения, впоследствии ставшие самостоятельными свитами. Обширные её выходы приурочены к хр. Ирендык и Мал. Ирендык. В других местах встречается в разной величине тектонических пластинах, часто вместе с подстилающей её мазовской свитой.

Ирендыкская свита имеет однообразный состав не только на описываемой территории, но и в пределах всего Магнитогорского синклинория. Представлена она в основном туфами, реже тефроидами и лавами базальтов, лейкобазальтов, андезибазальтов, относящихся к известково-щелочной серии энсиматических островных дуг [Серавкин, 1986]. В резком подчинении находятся пикробазальты и андезиты. На отдельных участках развития свиты наряду с мезократовыми разновидностями основных вулканитов заметную роль играют мелабазальты. В виде маломощных прослоев и линз среди туфов и лав базальтов и андезибазальтов спорадически встречаются туффиты, вулканомиктовые песчаники, яшмоиды. Мощность свиты варьирует от 500 до 1500 м.

Карагайская толща (D₁₋₂ kg). Принадлежит Восточномагнитогорской СФЗ, где, как и ирендыкская свита на западе, пользуется широким распространением, являясь её возрастным аналогом. Под таким названием толща закартирована в процессе ГДП-25 [Штейнберг и др., 1990ф]. В составе толщи преобладают массивные туфы, лавы, лавобрекчии, лавокластиты пироксен-плагиофировых базальтов, андезибазальтов, а также аповулканогенные сланцы основного и среднего состава. В виде прослоев фиксируются

туффиты, туфопесчаники, туфоалевролиты, туфосилициты, углеродсодержащие силициты, яшмоиды. Толща фациально близка ирендыкской свите, отличаясь от неё гораздо большим количеством прослоев кремнистых пород, равномерно распределённых по разрезу. В сравнении с последней при общем сходстве в химизме она обладает несколько меньшей магнизиальностью и заметно большей щёлочностью и фосфористостью, что характерно для островных дуг при переходе от фронтальных к срединным частям. В геохимическом плане базальты и андезибазальты карагайской толщи отличаются чуть большей концентрацией элементов литофильной группы (Zr, Nb, Y, Rb, Sr, Li, Sn, Ge) и чуть меньшей – Cr, Cu, Ag [Жданов 2004ф]. Мощность карагайской толщи – до 1500 м.

Айджерганская и соленодольская толщи объединённые (D₁ ag + D₁₋₂ sn). Данное подразделение развито ограничено на крайнем юго-востоке площади, где слагает узкую диагональную полосу, продолжающуюся за восточную и южную рамки листа. Принадлежит Западноуйской подзоне Уйско-Новооренбургской СФЗ, для которой является самым древним стратиграфическим комплексом. Две эти толщи объединяются в одно картируемое подразделение по условиям масштаба, а также из-за близкого их литологического состава, высокой дислоцированности пород в этой зоне при плохой их обнажённости. Нижняя («айджерганская») часть разреза сложена базальтами афировыми, реже порфиоровыми, их туфами, туффитами с редкими прослоями силицитов. Южнее, за пределами территории с базальтами в заметных количествах ассоциируют андезибазальты, а также умеренно-щелочные разновидности этих пород; отмечаются линзы мраморизованных известняков. Общая мощность подразделения – до 1500 м.

Карамалыташская свита (D₂ kš). Выделена в 1940 г. Ф.И. Ковалевым вместо одноименной средней подсвиты ирендыкской свиты Л.С. Либровича. Имеет довольно широкое развитие в Узынкыро-Сибайской подзоне Западномагнитогорской СФЗ, где слагает серию крупных тектонических пластин, обычно вместе с вышележащими бугулыгырской и улутауской свитами. Наиболее обширные компактные выходы пород карамалыташской свиты приурочены к двум протяженным полосам. Южная из них прослеживается от юго-запада на северо-северо-восток (преимущественно по левобережью р. Урал) почти до широты пос. Уразово. Северная полоса выходов свиты фиксируется восточнее хр. Ирендык за Тунгатаровским взбросом, выклиниваясь к северу от д. Курамино и к югу от д. Мансурово. На всем протяжении последней породы интенсивно дислоцированы. В Вознесенско-Присакмарской подзоне карамалыташская свита слагает отдельные блоки меланжа и изолированные тектонические чешуи, наиболее крупная из которых наблюдается в районе оз. Белого.

Карамалыташская свита сложена лавами, редко туфами базальтов, лейкобазальтов, реже андезибазальтов, чередующимися (преимущественно в верхней части) с дацитами, риодацитами, плагиориодацитами, плагиориолитами. (рис. 3.2). Кислые породы представлены, в основном, лавами, имеющими локальное распространение и отсутствующими в некоторых разрезах; туфы кислого состава развиты спорадически. В виде редких и маломощных прослоев среди вулканитов присутствуют силициты и туффиты. Мощность свиты 800-1900 м. Базальты и андезибазальты карамалыташской свиты отличаются несколько повышенными значениями коэффициентов глиноземистости, железистости и индекса саличности В.С. Симпсона; в них чуть больше Na, меньше – K, сидерофильных элементов (V, Cr, Ni, Co) и Sr [Жданов 2004ф]. Принадлежат они к толеитовой петрогеохимической серии и по ряду признаков относятся к островодужным формированиям [Пучков, 2000].



Рис. 3.2. Базальты карамалыташской свиты на уч. Зириклы Быйдинской площади

Бугулыгырская свита (D₂ bg). Бугулыгырская свита распространена, в общем, там же, где и вышеописанная карамалыташская свита. Она имеет чёткое стратиграфическое положение (залегая согласно на последней и так же согласно перекрываясь улутауской свитой), очень характерный литологический состав (красноцветные и, реже, зеленоцветные яшмы с тонкими прослоями и линзами кремнистых туффитов, глинисто-кремнистых сланцев, яшмоидов) и небольшую мощность (до 100 м). Бугулыгырская свита вмещает оруденение марганцевой кремнистой формации, а также яшмы, которые могут служить источником поделочных камней.

Александринская толща (D₂ al) принадлежит к Учалинско-Александринской подзоне Восточномагнитогорской СФЗ. В ее составе преобладают лавы, реже туфы и лавокластиты базальтов плагиофировых, пироксенплагиофировых, афировых, иногда фациально замещающихся андезибазальтами. Около трети объема занимают тяготеющие к верхам разреза кислые эффузивы и туфы (дациты, риодациты, риолиты), чем толща заметно отличается от формационно близкой ей карамалыташской свиты, описанной выше (кислые породы карамалыташского комплекса представлены, в основном, субвулканическими образованиями). Александринские базальты отличаются повышенными концентрациями V, Cr, Co, Ni, Sr; кислые породы толщи содержат больше Mo, Zr, Nb, Y, Rb, Sn, Cd, Ga, Ba, меньше – V, Ni, Sc [Жданов, 2004ф]. Мощность александринской толщи – более 1500 м.

Гумбейская свита (D₂ gm) является принадлежностью одноименной подзоны Восточномагнитогорской СФЗ. Полоса ее выходов протягивается через всю восточную часть площади, быстро расширяясь к южной рамке листа. Здесь свитой образованы ядра и крылья небольших линейных (на севере) или брахиформных (на юге) складок; она имеет согласные стратиграфические контакты с нижележащей карагайской толщей и перекрывающей (только в южных районах) новобуранной толщей. Представлена она лавами, лавобрекчиями, кластолавами, туфами, тефроидами порфировых базальтов и андезибазальтов, реже трахибазальтов и трахиандезибазальтов. На разных уровнях отмечаются маломощные прослои туффитов, яшмоидов, редкие линзы известняков. Мощность свиты 1400-1800 м.

Улутауская свита (D₂₋₃ ul). Принадлежит к Западномагнитогорской СФЗ и широко распространена в обеих ее подзонах. Свита имеет характерный, довольно пестрый состав и представлена туффитами, в меньшей степени – туфами, тефроидами, реже лавами андезитов, андезибазальтов, базальтов, дацитов, риодацитов, плагиориолитов; нередки туфопесчаники, туфоалевролиты, разной мощности прослои кремнисто-глинистых сланцев, фтанитов, радиоляритов, яшм, линзы известняков. Согласно залегает на бугулыгырской свите, при «выклинивании» последней – на карамалыташской свите (иногда с локальным размывом и туфоконглобрекчиями в основании); так же согласно перекрывается мукасовской свитой. Мощность колеблется от 200 м (в сокращенных разрезах) до 1500 м.

Урлядинская толща (D₂₋₃ ur) относится к Учалинско-Александринской СФЗ. На территории распространена в южной срединной части листа, где ранее картировалась как улутауская свита. Толща образует ядра и крылья синклиналей III порядка (преимущественно брахиформных) и сложена туфами, лавокластитами, лавами андезитов, андезибазальтов, реже базальтов, дацитов, риодацитов, риолитов, а также туффитами. В

виде прослоев развиты туфогравелиты, туфопесчаники, туфоалевропесчаники, яшмы, радиоляриты; нередко линзы известняков. Мощность толщи 1500 м.

Копаловская толща (D₂₋₃ kp). Принадлежит к Западноуйской подзоне и распространена на крайнем юго-востоке площади, где слагает ядра линейных антиклиналей II и III порядка, либо их фрагменты в тектонических пластинах. Представлена туфами, лавами и тефроидами андезитов, трахиандезитов, андезибазальтов, трахиандезибазальтов, реже базальтов, трахибазальтов, риодацитов, риолитов, туффитов, туфоконгломератов, туфопесчаников, туфоалевролитов, аповулканогенных сланцев; нередко прослойки силицитов, особенно в верхней части разреза. Основные вулканы толщи – наиболее калиевые и наименее известковистые среди всех однотипных пород синхронных подразделений Магнитогорского синклинория. Для копаловской толщи характерны изменения, отвечающие наиболее низкотемпературной пумпеллиит-стильпномелановой субфации ФЗС. Мощность ее – от 400 м до 650 м.

Бабарыкинская толща (D₃ bk) распространена на крайнем юге листа, в Учалинско-Александринской подзоне Восточномагнитогорской СФЗ. Сложена темно-серыми углисто-кремнистыми и кремнистыми сланцами, радиоляритами, спонголитами, кремнистыми аргиллитами с прослоями туфопесчаников и туфоалевролитов. Нижний контакт с породами урлядинской толщи и верхняя граница – с аблязовской толщей – согласные. Мощность подразделения – 70-350 м.

Арсинская толща (D₃ an). Выделена О.В. Артюшковой и В.А. Масловым. Распространена на юго-востоке листа, там же, где и подстилающая ее копаловская толща, контакты с которой – согласные, с переслаиванием. Принадлежит к Западноуйской подзоне; на территории листа является в ней самым молодым стратиграфическим подразделением, слагая ядра и крылья линейных синклиналей. Толща представлена сланцами серицит-кварцевыми, кварцитами (часто углеродсодержащими), радиоляритами, метатуффитами, метатуфоалевролитами, сланцами кварц-хлоритовыми и кварц-альбит-хлоритовыми. Мощность ее 400-600 м.

Бугодакская толща (D₃ bd). Бугодакская толща относится к Западномагнитогорской СФЗ; на территории широко распространена в обеих ее подзонах и довольно хорошо обнажена. Отличается сильной фациальной изменчивостью и пестротой состава, в котором доминирующую роль играют пирокласто-осадочные и (в меньшей степени) вулканокластические породы основного и среднего состава (нормального и умеренно-щелочного ряда). Толща сложена туфами, тефроидами, редко лавами базальтов, андезибазальтов, трахиандезибазальтов, туффитами, туфогравелитами, туфопесчаниками, туфоалевролитами, вулканомиктовыми и полимиктовыми песчаниками и алевролитами с

тонкими прослоями кремнисто-глинистых сланцев и линзами фтанитов. На отдельных участках своего развития (преимущественно на западе) описываемое подразделение представлено почти исключительно туфотерригенными и вулканомиктовыми терригенными породами; здесь нередки случаи, когда залегающая на маломощных грубообломочных (базальных) слоях основная часть разреза имеет регрессивный характер напластования: от преобладающих алевролитов и пелитов в низах к «псаммитам» и «гравелитам» в верхах. В других разрезах (как правило, более восточных) заметная роль принадлежит вулканитам. Мощность толщи колеблется от 500 м до 1200 м.

Аблязовская толща (D₃ ab). Описываемое подразделение принадлежит к Восточномагнитогорской СФЗ, но здесь представлено лишь в западной (Учалинско-Александринской) ее подзоне. Толща сложена базальтами, реже андезибазальтами, трахибазальтами, трахиандезибазальтами пироксенпорфировыми и плагиопироксенофировыми, их лавобрекчиями, кластолавами, туфами, тефроидами, а также туффитами, туфопесчаниками, туфоконгломератами; в виде маломощных прослоев встречаются кремнистые сланцы. Согласно залегают на бабарыкинской толще и согласно же перекрывается новоивановской толщей. Мощность подразделения варьирует в пределах 1000-1500 м.

Новоивановская толща (D₃ ni). Как и аблязовская (нововоронинская) толща, ранее рассматривалась в составе колтубанской свиты Л.С. Либровича. Подразделение сложено абсарокитами, шохонитами, реже нормальной щелочности базальтами и андезибазальтами плагиофировыми и пироксенплагиофировыми, их туфами, туффитами с редкими линзами известняков. Мощность 500-800 м.

3.1.5. Мезозойские коры выветривания

По сравнению с более южными районами Урала развиты в гораздо меньшей степени, что обусловлено геоморфологическими факторами, влияющими на их сохранность. В пределах площади листа распространенность и мощность кор в целом увеличивается на восток и юг. На поверхности коры выветривания встречаются крайне редко – на отдельных выровненных участках в водораздельной части хребтов Ирендык и Уралтау. В большинстве своем скрыты под покровом четвертичных и (или) плиоценовых отложений (рис. 3.3); изучены в скважинах и шурфах [Штейнберг и др. 1990ф]. По генетическому признаку среди кор выветривания выделяются элювиальные (остаточные) и инфильтрационные. Элювиальные коры выветривания представлены, в основном, глинами и глиноподобными образованиями различной окраски: желтовато- и буровато-серой, зеленовато-бурой, кремовой, почти белой и т.д. Минеральный состав глин обычно

«смешанный» и в значительной степени зависит от литолого-петрографических особенностей субстрата. Наблюдаются образования с преобладанием каолинита, монтмориллонита или гидрослюд; над ультрамафитами глины обычно нонтронитизированы. Весьма редко (подножье хр. Аваляк) и крайне локально распространены маршаллитоподобные «кварцевые сыпучки» [Козлов и др., 1964ф]. Глины нередко сохраняют особенности структуры и текстуры материнских пород; в разрезах кор выветривания к низу они обычно сменяются зоной дезинтеграции, представленной глинисто-дресвяно-щебнистыми образованиями, а далее – структурным элювием. По морфологическому типу остаточные коры подразделяются на площадные и линейные. Последние приурочены к зонам разрывных нарушений, чаще наиболее поздних («незалеченных») домезозойских разломов меридионального и субширотного простирания (линейно-трещинные коры), либо – к контактам геологических тел контрастного (силикатного и карбонатного) состава (линейно-контактные коры). Мощность площадных кор обычно невелика и составляет первые метры, редко – первые десятки метров; в линейных корых выветривания она достигает 50-100 м [Анисимов и др., 1978ф].



Рис. 3.3. Коры выветривания по базальтам в канаве (участок Танычау Буйдинской площади)

Переотложенные продукты коры выветривания иногда фиксируются в карстовых полостях. Коры инфильтрационного типа развиты локально и представлены охристыми глиноподобными породами или бурыми железняками. Приурочены они, в основном, к верхним («гипергенным») частям известных месторождений цветных и благородных металлов. Время формирования кор выветривания большинством геологов принималось

триасово-раннеюрским. Отдельные исследователи в более южных областях Урала выделяют несколько уровней корообразования в интервале от раннего триаса до миоцена. Ввиду отсутствия на территории датировок этих образований, а также эпигенетически измененных «реперных» подразделений моложе пермских, возраст кор выветривания принимается мезозойским (без детализации). С элювиальными корами выветривания связана минерализация силикатно-никелевой апоультрамафитовой и железорудной апокварцитовых формаций, с инфильтрационными – бурые железняки и золотоносные «шляпы» над медноколчеданными и благороднометалльными объектами, а также проявления урана фосфор-урановой апоуглеродисто-сланцевой формации.

При развитии кор выветривания по базальтам, перспективным для использования в качестве кровельных гранул, наблюдается ухудшение качества сырья.

3.1.6. Неогеновая система

Наиболее древние кайнозойские отложения отвечают верхнему подразделению неогена – плиоцену.

Средний плиоцен. Кустанайский горизонт. Кустанайская свита. ($aN_2 ks$). Распространена в восточной части Восточноуральской зоны. Свита образована аллювиальными отложениями: серовато-желтыми или красновато-серыми глинами, песчанистыми глинами, содержащими гальку и железисто-марганцовистые бобовины, нередко линзы песков. Перекрывается четвертичными делювиальными или палюстринными образованиями. Мощность свиты до 30 м. В ней локализованы небольшие россыпи благородных металлов.

Средний плиоцен. Кустанайский и аккумуляевский горизонты. Кумак-ташлинские слои ($aN_2 kt$). Представлены кумак-ташлинские слои аллювиальными образованиями: песками с галькой, глинистыми галечниками с гравием и валунами; нередко линзы гравийных галечников и охристых глин. Мощность отложений 5-10 м. С отложениями связана россыпная золотоносность.

3.1.7. Неогеновая-четвертичная системы

Образования, имеющие переходный между двумя системами возраст, представлены единственным подразделением.

Плиоцен-квартер. Элювиальные и делювиальные отложения ($e,d N_2-Q$). Выполнены щебнисто-дресвяными суглинками различных оттенков, реже глинами с разным содержанием более крупных угловатых обломков пород коренного субстрата. Мощность отложений обычно не превышает первых метров, крайне редко (в понижениях мезорельефа) достигает 20 м.

3.1.8. Четвертичная система

Четвертичная система представлена эоплейстоценом и неоплейстоценом.

Эоплейстоцен, верхнее звено. Ильчинские слои (*a E II il*). Наряду с кустанайской свитой и кумак-ташлинскими слоями относятся к древним аллювиальным образованиям. Впервые выделены Н.Н. Яхимович [Яхимович, 1965ф] в качестве верхней части кваркенской свиты. Ильчинские слои локализованы в Урало-Гумбейской зоне квартера и довольно широко распространены на площади. В целом ряде мест являются рельефообразующими. В большинстве разрезов толща имеет двучленное строение. Верхняя часть (мощностью до 8 м) представлена красноцветными песчанистыми или комковатыми глинами с галькой, гравием, щебнем и характерными марганцовисто-железистыми бобовинами; в ней нередки прослой, резко обогащенные гравием и дресвой. Большая нижняя часть сложена серыми жирными глинами, иногда обохренными, с рассеянной галькой и щебнем. Ильчинские слои залегают на коренных породах палеозоя, либо мезозойских корах выветривания. Перекрываются неоплейстоценовыми и голоценовыми отложениями различных генетических типов. Общая мощность подразделения на разных участках площади варьирует от 3 до 35 м.

Неоплейстоцен, нижнее звено. Байрамгуловские слои (*d, ep I br*). Представлены делювиальными образованиями и почвенными фациями элювия. Выделены в 1963 г. Н.Н. Яхимович. Литологический состав подразделения довольно однороден: массивные коричневые суглинки, глины с дресвой, щебнем и оолитами гидроокислов железа и марганца. Мощность отложений до 37 м.

Неоплейстоцен, среднее звено. Ницинский и леплинский горизонты объединенные. Аллювий III надпойменной террасы (*a₃ II ps+lp*). Эти отложения локально распространены в Урало-Гумбейской и Миасс-Уйской зонах квартера. Ими сложены высокие уровни террасовых комплексов р. Урал и Уй, с высотой над руслом от 10 до 20 м. Поверхности террас морфологически не всегда хорошо выражены, поскольку перекрываются (иногда полностью) склоновыми образованиями или более молодыми делювиально-аллювиальными осадками. Базальные слои аллювия III надпойменной террасы везде представлены песчано-гравийно-галечными отложениями с характерной косой слоистостью и ориентировкой уплощенных галек. Выше залегают песчанистые глины, содержащие гравий, редкую гальку и линзы песков. Окатанность обломков повсеместно плохая; состав – полимиктовый. Суммарная мощность отложений от 3 до 8 м.

Неоплейстоцен, верхнее звено. Стрелецкий и ханмейский горизонты объединенные. Аллювий II надпойменной террасы (*a₂ III st+hn*). Отложения распространены примерно там же, где и аллювий III надпойменной террасы, но развиты

заметно шире. По усредненному гранулометрическому составу это наиболее «тонкозернистый» элемент долинного комплекса. Разрез подразделения является двучленным. Сравнительно маломощная (до 1,5-2 м) нижняя его часть представлена гравийными галечниками с глинисто-песчаным заполнителем; верхняя часть – глинистыми песками, суглинками и разноцветными глинами с большим количеством остракод, в виде прослоев и линз среди которых встречаются гравийные пески и галечники. Общая мощность аллювия 8-15 м.

Неоплейстоцен (верхнее звено, стрелецкий горизонт) – голоцен нерасчлененные. Делювиальные и аллювиальные отложения (*d,a III st-H*). Развиты повсеместно в бортах долин водотоков, но нигде не образуют больших по площади контуров. Представлены рыхлыми дресвяно-щебнисто-песчаными породами с глинистым заполнителем, песками и суглинками с дресвой, а также более сложными по составу смесями. Мощность подразделения до 5 м.

Неоплейстоцен (верхнее звено, североуральский надгоризонт) – голоцен нерасчлененные. Коллювиальные и десертационные отложения (*c,dr III sv-H*). Широко развиты в Горноуральской и Урало-Гумбейской зонах квартера на склонах переменной крутизны. Ограниченно распространены на западе Миасс-Уйской зоны, где в пределах холмисто-увалистого рельефа оконтуривают редкие гребневидные вершины и подножья денудационных уступов. Представлены в основном средне- и крупнообломочным угловатым материалом со щебнисто-суглинистым или дресвяно-алевритовым заполнителем. Мощность отложений возрастает вниз по склону и достигает у подножий 10-15 м.

Голоцен. Горбуновский горизонт. Аллювиальные отложения пойменных террас (*a H gr*). Выполняют прирусловые части и днища долин почти всех водотоков территории. На крупных реках отчетливо разделяются высокая и низкая поймы. Представлены галечниками, песками с галькой и гравием (русловые фации), а также илами, глинами и суглинками с линзами песков (пойменные фации). Иногда в составе отложений присутствуют погребенные почвы. Спорово-пыльцевые спектры отражают лесной тип растительности (сосново-березовые леса с примесью липы) и разнотравье на открытых пространствах. Общая мощность отложений обычно 1-2 м, редко (р. Урал ниже д. Истамгулово) достигая 5 м [Кац и др., 1980ф].

Голоцен. Горбуновский горизонт. Озерные (лимнические) отложения (*IIHgr*). На территории листа приурочены к Урало-Гумбейской зоне квартера. Развиты по берегам и на дне современных озер; иногда формируют озерную террасу высотой 2-3 м над урезом воды. Сложены глинами, песками, супесями с гравием, суглинками, илами и торфяниками. В

обломочных отложениях нередко фиксируются характерные знаки ряби, реже – дюнная слоистость. Мощность подразделения не превышает 5 м.

Голоцен. Горбуновский горизонт. Болотные (пальюстринные) отложения (*pHgr*). Распространены на всей площади. Выполняют уплощенные субгоризонтальные понижения в рельефе. Часто развиваются на поверхностях пойм и более высоких речных террас, фиксируя, по мнению И.С. Анисимова и др. [Анисимов и др. 1983ф], подпруженные в результате блоковых неотектонических движений участки долин. Представлены торфяниками, в нижних своих частях нередко засоренными илистыми песками и суглинками разных оттенков серого цвета, иногда ожелезненными. Мощность отложений до 4 м.

Голоцен (верхняя часть). Горбуновский горизонт. Техногенные отложения (*tH₂gr*). Представлены отвалами пустой породы в районах горных выработок, где сложены обломочным материалом различного гранулометрического и петрографического состава, дорожными насыпями (песок, щебень), а также техногенно измененными покровами в пределах городской и поселковой застройки. На севере территории к ним отнесены образования, выполняющие долины р. Уй и Краснохты после дражно-промывочных работ и состоящие из гравия, гальки и песка, сгруженных на поверхность пойм и надпойменных террас, а также донными осадками бывших дражных прудов. Максимальная мощность техногенных образований в отвалах достигает многих десятков метров (вокруг карьеров на медно-цинковых месторождениях); средняя их мощность по территориям застройки и в дражных канавах – 2-3 м, в прудовых и дорожных элементах – до 1 м.

3.2. Магматизм

Наиболее древние на территории нестратифицируемые магматические подразделения отвечают трем возрастным уровням: среднерифейскому, позднерифейскому и вендскому. Все они распространены на северо-западе и представлены малыми телами основного состава, петрохимически сходными между собой. Как и вмещающие их докембрийские породы, габброиды метаморфизованы в различных субфациях зеленосланцевой фации, отвечающих условиям низкоградиентного латерально-зонального метаморфизма умеренных давлений.

Подавляющая же часть магматических образований территории сформирована в палеозое, в течение почти всех его периодов, за исключением кембрия. Распространены палеозойские комплексы на всей изучаемой площади, во всех структурно-формационных зонах и подзонах среднего кембрия-перми.

Долеритовые породы, которые могут быть перспективны как кровельное сырье, представлены поляковским, карамалыташским, ахуновско-карагайским комплексами.

Поляковские субвулканические образования (βO_1-2pl) выделяются в составе одноименного вулканического комплекса натриевых базальтов. Распространены только в поле развития поляковской толщи. Представлены дайками базальтов, долеритов, редко (отдельные крупные тела) габбродолеритов и микрогаббро, секущими не только покровные фации вулканитов, которым идентичны по составу и химизму, но и прослой кремнистых сланцев в них.

Карамалыташские субвулканические, экструзивные и жерловые образования ($l\beta, \zeta, p\lambda D_2k\delta$) являются составной частью одноименного лейкобазальт-плагиориолитового вулканического комплекса. Представлены довольно многочисленными дайками, реже силлами лейкобазальтов ($l\beta$) и долеритов (β) (рис. 3.4), а также штоками, куполами дацитов (ζ), риодацитов ($\lambda\zeta$), некками плагиориолитов ($p\lambda$). Максимальное развитие кислых секущих образований отмечается к северу от д.Базаргулово. Ими, вероятно, инициирована существенная часть сингенетических серицит-кварцевых метасоматитов и пропилитов. По составу, химизму и геохимическим особенностям описываемые породы, как основные, так и кислые, аналогичны соответствующим покровным фациям комплекса. Локализованы они среди карамалыташских эффузивов и туфов, редко (дайки) прорывают ирендыкскую свиту. Данные малоглубинные магматиты с порфировой структурой и контрастным петрографическим составом трактовались в предшествующих ГС-50: как синхронные карамалыташской свите «субвулканические фации» эйфельско-раннеживетского возраста, среднедевонские (живетские, объединенные с улутаускими) «субвулканические образования» [Кац и др., 1980ф]. Иногда они либо включались в «учалинский интрузивный и вулканический комплекс» эйфельско-живетского возраста. С кислыми образованиями данного комплекса связано оруденение медноколчеданной формации.

Ахуново-карагайский комплекс лейкогранит-гранитовый плутонический среднекаменноугольный ($\gamma\delta-l\gamma C_2ak$) принадлежит к Восточномагнитогорской СФЗ; главные его массивы сосредоточены на юго-востоке площади, в Гумбейской подзоне. По общему объему слагающих его тел комплекс является крупнейшим среди всех интрузивных подразделений рассматриваемого района. Расчленяется на две фазы. Комплекс представлен Ахуново-Карагайским плутоном, в котором по традиции выделяются два «массива»: Ахуновский (в северной части), являющийся петротипическим для пород первой фазы, и примыкающий к нему с юга Карагайский, сложенный образованиями второй фазы.



Рис. 3.4. Долерит карамалыташского комплекса

Размеры Ахуново-Карагайского плутона на поверхности 27x15 км, площадь около 260 км². Почти вплотную к нему с востока располагается небольшой (30 км²) Суясковский плутон, северо-восточнее (за Петропавловским сиенитовым массивом мосовского комплекса) – Уйскоборский плутон («массив») площадью более 150 км². Оба этих тела также сложены породами обеих фаз комплекса. Первая фаза включает в себя гранодиориты, биотит-амфиболовые граниты, в подчиненных количествах – плагиограниты, а также дайки плагиогранит-порфиров, локализованные как среди названных пород, так и во вмещающих массивы отложениях девона и магматитах петропавловского и мосовского комплексов. Ко второй фазе относятся биотитовые и амфибол-биотитовые граниты, в зонах грейзенизации – мусковитизированные, а также лейкограниты. «Жильная фация» второй фазы комплекса представлена многочисленными дайками аплитов, гранит-порфиров, лейкогранит-порфиров, реже – микролейкогранитов. [Анисимов и др., 1983ф] Процессы контактового метаморфизма (разнофациального) проявлены здесь максимально: зоны ороговикования достигают сотен метров, на отдельных участках – первых километров. Северо-западный контакт Ахуновского массива и юго-восточная граница Уйскоборского плутона представляют собой разрывные нарушения: в первом случае надвиг с восточным падением сместителя, осложненный небольшими крутопадающими дизъюнктивами, во втором – листрический разлом. Вблизи них экзо- и эндоконтактовые породы катаклазированы и милонитизированы.

3.3. Тектоника

Тектоника Учалинского района представлена восточным краем Башкирского антиклинория, северными частями Уралтауского антиклинория и Магнитогорским

мегасинклином, а также южной оконечностью Сысертско-Ильменогорского антиклинория (рис. 3.5).

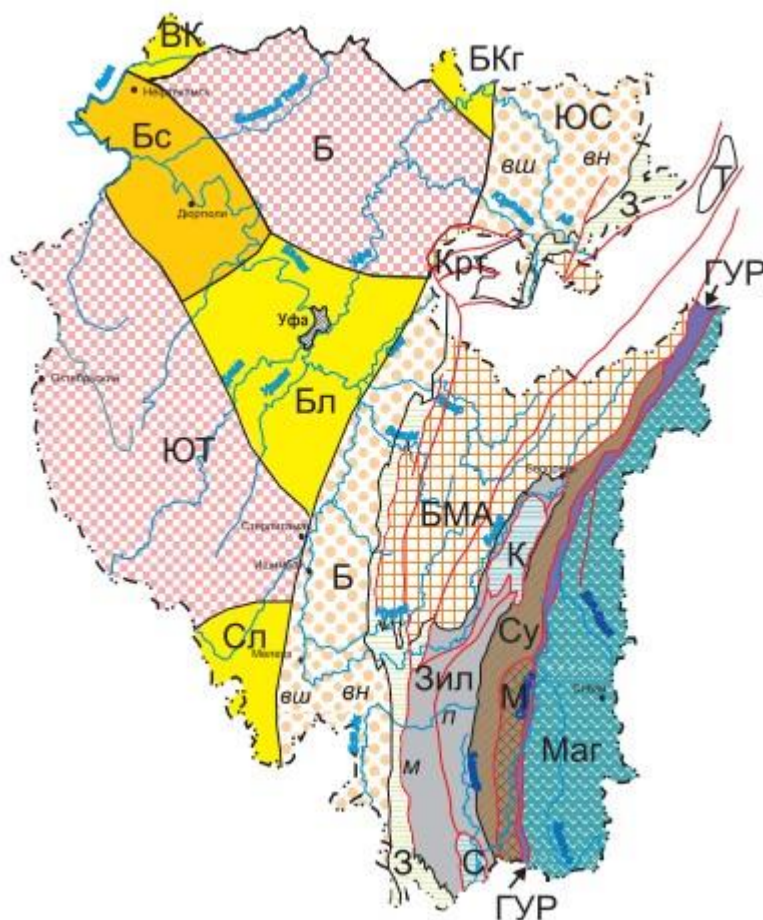


Рис. 3.5. Тектоническая зональность Башкирии

(по материалам В.Н. Пучкова, 2014):

Край Восточно-Европейской платформы: ЮТ – Южно-Татарский свод, БЛ – Благовещенская впадина, Бс – Бирский свод, БКг – Бымско-Кунгурская впадина, ВК – Верхнекамская впадина, Сл – Салмышская впадина. **Предуральский краевой прогиб:** Б – Белорецкая впадина, ЮС – Юрюзано-Сылвенская впадина; вш – внешняя зона, вн – внутренняя зона. **Урал:** З – Западноуральская складчатая зона, БМА – Башкирский мегантиклинорий, Зил – Зилаирский синклиний. **Аллохтоны:** К – Кракинский, С – Сакмарский. **Уралтауский антиклинорий:** Су – Суванякский комплекс, М – Максютковский комплекс, МАГ – Магнитогорский синклиний. Черные линии – нормальные границы, красные – разломы.

Первая из названных тектонических форм состоит из отлого изогнутой моноклинали, осложненной мелкими линейными складками, и является фрагментом брахисинклинали I порядка. Слагают ее постепенно омолаживающиеся к востоку и югу рифейские образования Восточнобашкирской подзоны. По Урдазинско-Тирлянскому надвигу, имеющему юго-восточное падение сместителя, Башкирский антиклинорий на территории непосредственно соприкасается с Уралтауским антиклинорием, представленным здесь Кубяковской антиклиналью I порядка со среднерифейской

уткальской свитой в ядре и аршинской свитой венда на западном крыле и северной периклинали.

Магнитогорский синклиний занимает большую (около 80%) часть территории, имеет сложное, преимущественно чешуйчато-надвиговое строение и асимметричный в целом профиль. Палеозойские стратифицируемые образования, участвующие в его сложении, датируются в широком возрастном диапазоне: от ордовика (в основном, на западном крыле) до среднего карбона; прорывающие их интрузии – от ордовика до перми. Среди пликативных форм I порядка, в которых сохранились оба крыла, выделяются линейные Ирендыкская антиклиналь и Асылгинская синклиналь (на севере), а также Шеметовская брахиантиклиналь, Бугодакская и Верхнеуральская брахисинклинали – на юге площади. Почти все они (кроме Ирендыкской антиклинали) представлены лишь периклинальными или центриклинальными замыканиями. В ядрах упомянутых антиклинальных складок обнажены породы нижнего девона и самых низов эйфеля (мазовская и ирендыкская свиты, карагайская толща), синклинальных – фаменско-раннебашкирские отложения (зилаирская, шумилинская, кизильская свиты). Восточное ограничение Магнитогорского синклинория на территории совпадает с Кочневским листрическим разломом, по которому на него частично перемещена южная часть Сысертско-Ильменогорского антиклинория.

На западе границей Магнитогорского синклинория и Уралтауского антиклинория является фронтальная часть Главного Уральского разлома (ГУР). Последний представляет собой региональную дизъюнктивную структуру с общей взбросо-надвиговой кинематикой, осложненной более поздними подвижками сбросового (сдвига-сбросового) и взбросового характера по крутопадающим трещинам. Тело разлома составляет серия сравнительно мелких тектонических пластин (чешуй), сложенных палеозойскими формациями «палеоокеанического сектора» и разделенных участками мелкоблокового полимиктового серпентинитового меланжа. Ширина зоны ГУРа здесь едва ли не максимальная на Южном Урале: 5-12 км. Разлом подчеркивается цепочками ультрамафитовых тел. Наиболее восточный пояс «офиолитовых» пластин в пределах ГУРа иногда описывается как Западно-Ирендыкский разлом [Знаменский и др., 2001]. Меланж, наряду с другими «площадными» проявлениями «вторично-тектонических» дизъюнктивных процессов (бластомилониты и др.), выражающимися в среднем масштабе, выделяется в войкарско-кемпирсайский комплекс тектонитов позднедевонско-пермского возраста. Довольно широкий временной интервал, принимаемый для возрастной характеристики комплекса, обусловлен длительным и неодноактным проявлением коллизионных процессов.

3.4. Геологическая характеристика Буйдинской площади

Буйдинская площадь входит в состав Буйдинской рудной зоны и расположена в 15 км к ЮВ от г. Учалы, 0,5–0,7 км западнее пос. Буйда. В геолого-структурном отношении площадь расположена в пределах восточного крыла Магнитогорского мегасинклинория и соответствует Учалинско-Александринской структурной зоне, сложенной палеозойскими вулканогенными и вулканогенно-осадочными породами (рис. 3.6), перекрытыми молодыми мезо-кайнозойскими рыхлыми образованиями [Зайков, 2001; Мосейчук, 2000ф; Серавкин, 2010].

В стратиграфическом отношении территория сложена породами поляковской (S) и карамалыташской (D_{2ef}) свит. Поляковская свита имеет широкое развитие, представлена базальтами, долеритами, реже кремнистыми сланцами. С севера она контактирует с андезибазальтами ирендыкской свиты, с востока и запада – карамалыташской свитой. Карамалыташская свита развита в субмеридиональном направлении. На юге ее мощность значительна, на север уменьшается. На западе породы карамалыташской свиты контактируют с улутауской свитой, на востоке перекрывает поляковскую свиту, образуя субмеридиональную полосу с максимальной шириной до 1,8 км. Карамалыташская свита в пределах Буйдинской зоны представлена базальтами, их туфами, плагиориодацитами, менее развиты кремнистые, углисто-кремнистые сланцы. Туфы часто милонитизированы.



Рис. 3.6. Выходы базальтов Буйдинской площади

В пределах Буйдинской площади имеются интрузивные комплексы, которые прорывают толщи поляковской и карамалыташской свит. Выделяется раннепалеозойский, среднедевонский и среднекаменноугольный комплексы. Раннепалеозойский комплекс представлен ультрамафитами, образующими вытянутые в субмеридиональном направлении тела длиной до 1 км и шириной от первых метров до 100 м. Данные

образования приурочены к поляковской свите. С западной части широко развиты серпентинизированные дуниты и гарцбургиты, в восточной – клинопироксениты и горнблендиты. Среднедевонский эйфельский комплекс представлен дайками габбро, габбродиоритов с близмеридиональным простиранием. Максимальная длина 2–2,5 км с шириной выходов до 0,2 км. Прорывает толщи поляковской и карамалыташской свит, и имеет близкий с ними возраст образования. Среднедевонский живетский комплекс: представлен субвулканическими породами кислого состава. Среднекаменноугольный комплекс представлен Ахуново-Карагайским интрузивным комплексом, который расположен на востоке части площади и представлен: габбро, диоритами и гранитами.

Исследуемая территория осложнена двумя крупными разломами с субмеридиональным простиранием (Карагайский, Буйдинский разломы), осложненными мелкими разломами с широтным направлением. С разрывной тектоникой связан ряд рудных месторождений, в том числе Октябрьское, Ганеевское (рис. 3.7).

В геоморфологическом отношении Буйдинская площадь находится в области слабонерасчленённого холмисто-увалистого макрорельефа с абсолютными отметками водоразделов 350-550 м и относительными превышениями 50-250 м. Для данной территории характерны округлые в плане вершины со слабо выпуклыми склонами и обширными межвершинными понижениями. Зона является педипломом восточных предгорий Урала.

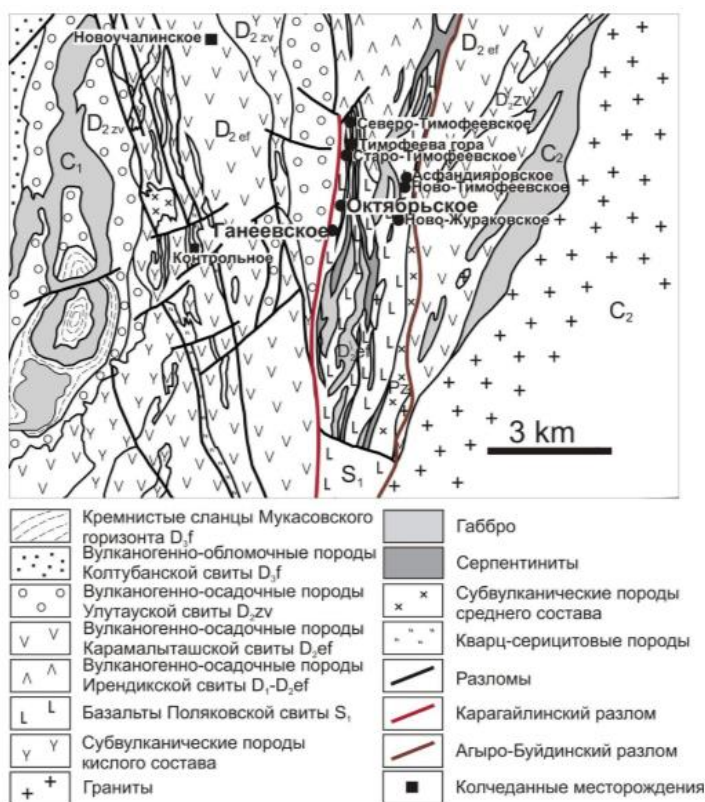


Рис. 3.7. Геологическое строение Буйдинской рудной зоны по [Гаврилов, 2001]

4. МИНЕРАЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БАЗАЛЬТОИДОВ БУЙДИНСКОЙ ПЛОЩАДИ

Основные различия магматических пород, потенциально пригодные для производства кровельных гранул на Буйдинской площади, представлены преимущественно базальтами и долеритами (рис. 4.1), реже андезибазальтами и габбро.



Рис. 4.1. Общий вид вулканитов Буйдинской площади:
А, В – базальт, Б – долерит, Г – долерит порфировидный

В процессе поисковых работ на исследуемой площади были выделены три участка (Зириклинский, Каеш-Ур, Танычау), перспективных к освоению, которые приурочены к полям развития базальтоидов карамалыташской и поляковской свит ниже-средне палеозойского возраста.

4.1. Участок Зириклинский

Участок *Зириклинский* располагается в пределах распространения вулканогенных образований Карамалыташской свиты. В результате маршрутного прослеживания и опробования была выявлена однородная толща базальтоидов.

Потенциальное полезное ископаемое представлено долеритами и габбро. Породы темно зеленого цвета по поверхности и темно-серого с зеленоватым оттенком цвета на глубине более 1 м. Породы разбиты на блоки с углами падения 70-80° и ориентированы субмеридионально (рис. 4.2).



Рис. 4.2. Блочное залегание базальтоидов

Помимо полезного ископаемого в пределах участка обнаружены единичные маломощные дайкообразные тела плагиогранитов, единичные жилы кварцевого и кальцит-эпидотового состава. Дайки вытянуты в субмеридиональном направлении.

Выделяется две главные петрографические разновидности пород: базальты и долериты.

В шлифах (рис. 4.3) представлены фрагменты базальтов и пород, представляющих продукты изменения базальтов, кроме того, встречаются фрагменты пород кварц-клиноцоизитового, плагиоклазового, кальцитового состава, по-видимому, представляющих собой обломки жил.

Базальты. Все фрагменты базальтов имеют примерно одинаковый состав и вид (рис. 4.3 А, Б), незначительные вариации наблюдаются в степени вторичных изменений - какие-то фрагменты незначительно изменены, некоторые – полностью замещены вторичными минералами. Структуры базальтов – интерсертальная (лейсты плагиоклаза с зернами пироксена) либо толеитовая (в промежутках между зернами и микролитами сохраняется стекло).

Основная масса базальтов сложена тонкими лейстами плагиоклаза и зернами пироксена. При девитрификации стекла в основной массе иногда образуется и кварц. Кроме того, небольшими участками сохраняется стекло зеленоватого цвета – палагонит.

Рудная минерализация представлена магнетитом в виде зерен часто кубического габитуса. Количество рудного минерала в базальтах варьирует в пределах от 1-3% до примерно 15-20%.

Вторичные изменения базальтов: в породах развиты хлорит, актинолит-роговая обманка, эпидот-клиноцоизит, которые являются следствием зеленокаменного метаморфизма пород. Чаще всего в базальтах встречаются хлорит и актинолит, имеющие форму тонких вытянутых чешуй. Хлорит ясно плеохроирует в зеленоватых оттенках. Можно встретить две разновидности хлорита: первый – имеет низкое двупреломление и практически бесцветный («диабантит»), а во второй – имеет более яркую окраску и аномальные цвета интерференции («клинохлор»). Актинолит (возможно какой-то другой минерал из группы моноклинных амфиболов) имеет слабую зеленовато-голубоватую окраску, заметный рельеф, высокие цвета интерференции.

Эпидот и клиноцоизит в базальтах, имеют высокий рельеф, бесцветные либо слабо окрашены в палевые тона.

Кроме базальтов в шлифе (рис. 4.3 В) встречено два фрагмента пород типа спилитов – долеритов, характеризующиеся беспорядочно расположенными крупными лейстами плагиоклаза, полностью замещенными клиноцоизитом.

Продукты изменения базальтов. Породы в настоящий момент имеют следующий минеральный состав: плагиоклаз, кварц, магнетит, хлорит и пренит. В таких породах наблюдается сланцеватая текстура, при которой чешуйчатые минералы и магнетит вытягиваются в одном направлении. Встречено три фрагмента таких пород.

В шлифах встречаются также жилы среднезернистого кварца (до 1 мм) в ассоциации с крупными вытянутыми кристаллами клиноцоизита (рис. 4.3 Г). Часто между крупными кристаллами клиноцоизита наблюдаются выделения неправильной формы с заметным рельефом бесцветного минерала, вероятно пренита.

Встречаются фрагменты, полностью состоящие из кальцита, а также плагиоклаза. Плагиоклаз в виде зерен неправильной формы, имеющих размеры 2,5x1 мм. Зерна имеют заливообразные границы. Для такого плагиоклаза характерно облачное погасание. Между зернами плагиоклаза и по трещинкам в нем развивается хлорит – клинохлор.

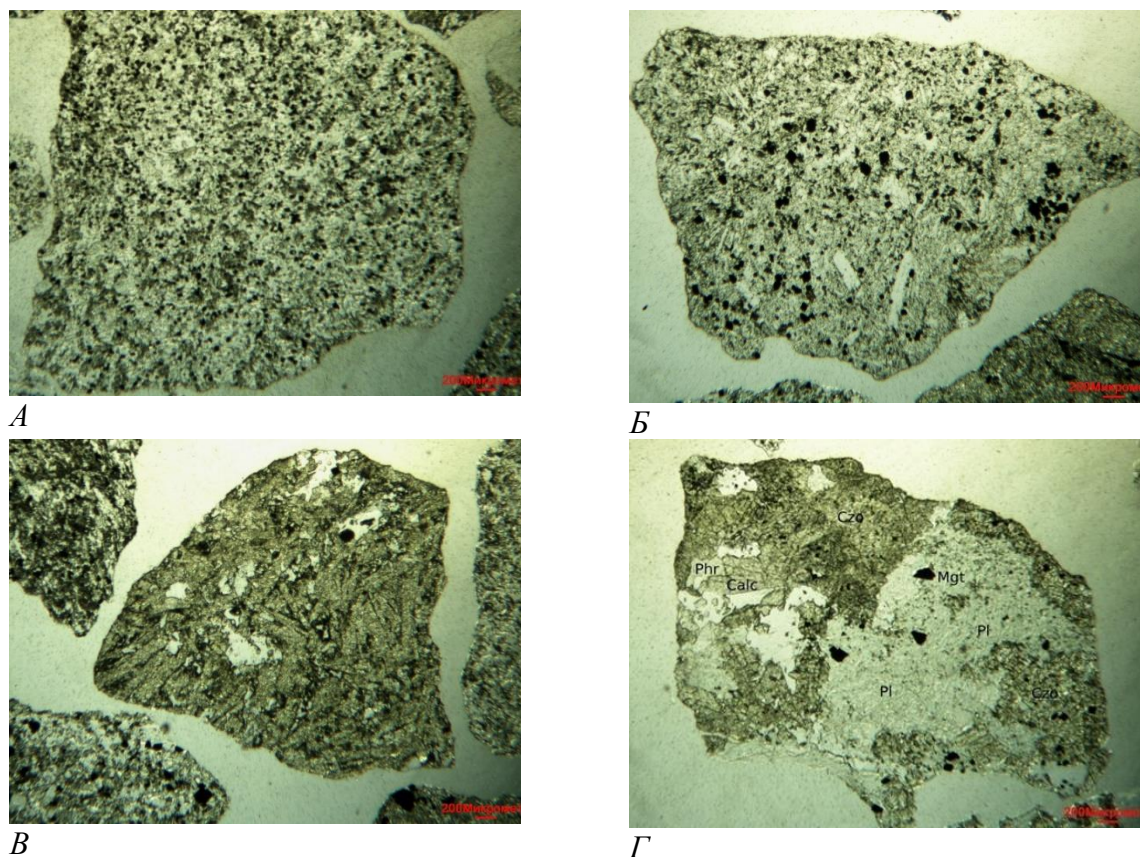


Рис. 4.3. Фрагменты пород базальтоидов в шлифах участка Зириклы:
А, Б – «типичные» базальты; *В* – порода типа «спилитов», в которой лейсты плагиоклаза замещены клиноцоизитом; *Г* – измененный базальт (Pl – плагиоклаз, Calc – кальцит, Phr – пренит, Czo – клиноцоизит, Mgt - магнетит). Для всех фото - николи параллельны. Размер поля фотографий: 6,2х4,6 мм.

4.2. Участок Каеш-Ур

Участок Каеш-Ур выявлен в результате опoискования центральной части Буйдинского поля развития поляковской свиты ордо«вика-силура.

По всей полосе развития поляковской свиты выявлены выходы базальтоидов однородных, афировых зеленовато-черных. Встречаются тела диоритов – габбро-диоритов с обильным кварцем.

Потенциальное полезное ископаемое представляет собой измененные долериты, переходящие в андезито-базальты, отличающиеся от первых присутствием кварца в основной массе.

В долеритах наблюдаем тонкую массу сильно сосюритизированных лейст плагиоклаза и округлых зернышек пироксена (эпидотизированных) (рис. 4.4 *А*). Плагиоклаз размером кристаллов около 0,1 мм. Хлорит в виде мелкочешуйчатых агрегатов светло-зеленого цвета (при одном никеле), выполняет интерстициальные пространства между плагиоклазом и пироксеном.

В породе встречаются миндалины размером до 1 мм в поперечнике, выполненные хлоритом. Центральные части некоторых миндалин сложены кальцитом (рис. 4.4 *Б*).

Также присутствуют единичные ксеноморфные зерна кварца размером не более 0,05 – 0,1 мм.

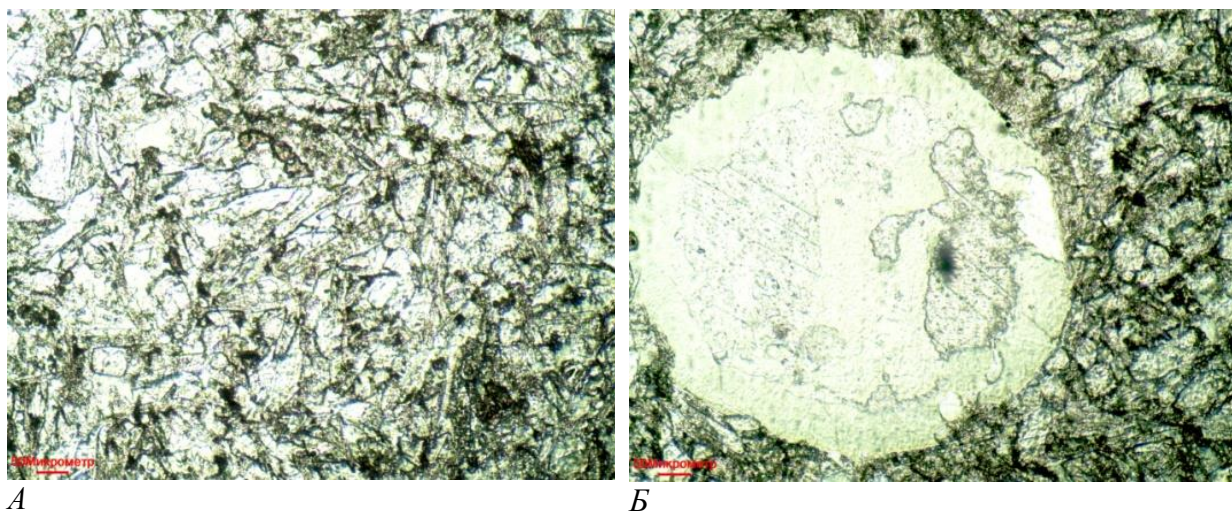


Рис. 4.4. *А* – Общий вид долерита в шлифе. Николи параллельны. Размеры поля фотографии 1,00x0,75 мм *Б* – Миндалина, выполненная хлоритом, в центральной части - кальцит. Николи параллельны. Размеры поля фотографии 1,00x0,75 мм

Андезибазальт. Породы имеют порфировую структуру (рис. 4.5 *А*), состоят из вкрапленников и основной массы. Вкрапленники представлены узкопризматическими кристаллами плагиоклаза среднего состава. Плагиоклаз имеет едва видимый рельеф, четко выраженные полисинтетические двойники. В некоторых кристаллах наблюдается зональность. Встречаются единичные кристаллы пироксена, по размеру соответствующие плагиоклазу.

В основной массе встречаются волокнистые и чешуйчатые кристаллы хлорита, бледно-зеленого цвета, моноклинного амфибола, клиноцоизита. Кроме того, участками сохраняется вулканическое стекло – палагонит.

Продукты изменения андезибазальтов. Породы представляют собой микрозернистую клиноцоизит эпидот-амфибол-хлорит-кварцевую массу, на фоне которой выделяются вкрапленники плагиоклаза. Зачастую такие породы имеют полосчатые текстуры (рис. 4.5 *Б*). В породах встречаются нитевидные кварцевые прожилки.

Рудная минерализация представляет собой тонкорассеянное вещество, которое образует скопления либо вытягивается в полосы.

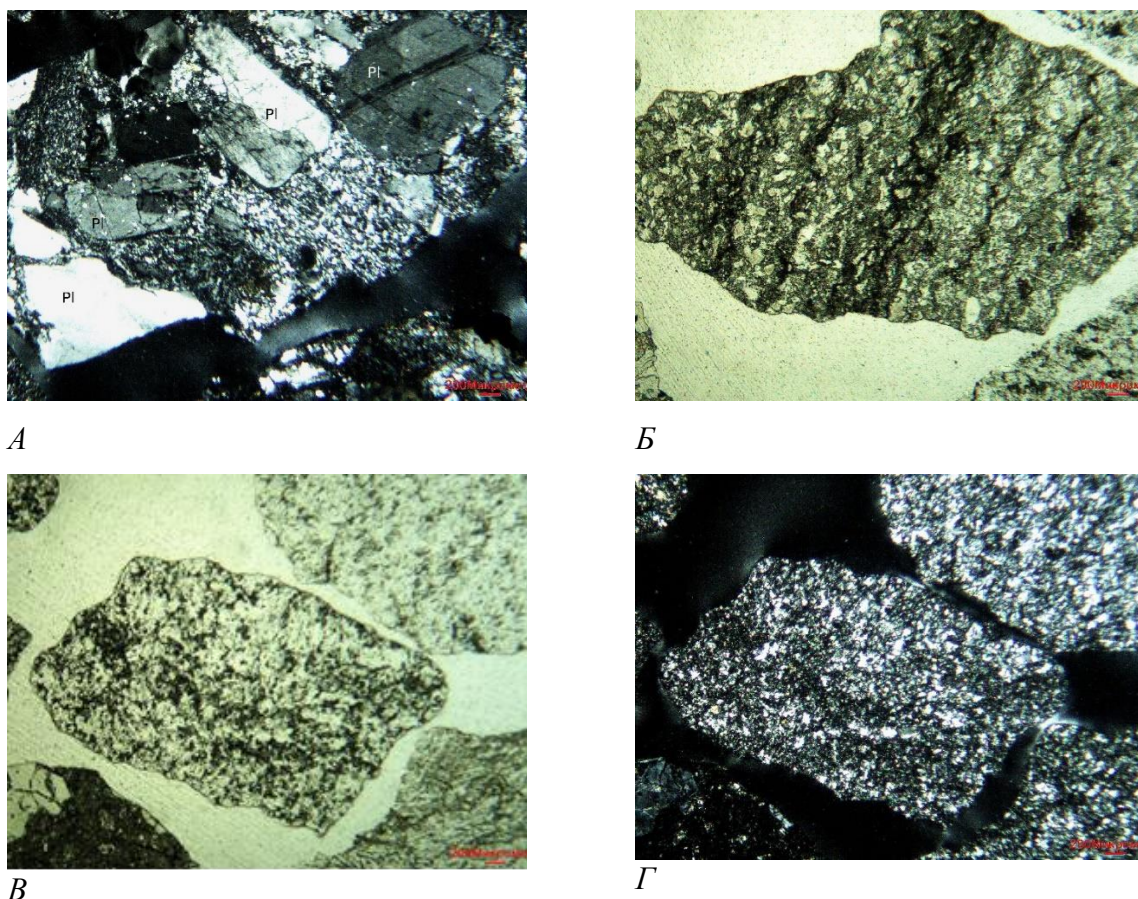


Рис. 4.5. Шлифы андезибазальтов участка Каеш-Ур: *A* – порфировая структура андезибазальтов (николи скрещены); *B* – полосчатая текстура продуктов изменения андезибазальтов (николи параллельны); *B, Г* – продукты изменения андезибазальтов (*B* – николи параллельны, *Г* – николи скрещены). Для всех фото размер поля фотографии: 6,2x4,6 мм.

4.3. Участок Танычау

Участок Танычау охватывает наиболее южную часть «Буйдинской» полосы развития Поляковского комплекса.

В процессе поисковых работ в пределах участка выявлены многочисленные выходы базальтоидов. Однако все выходы носят эпизодический характер. Помимо благоприятных пород встречены и не благоприятные: андезиты, кварциты (перекристаллизованные кремнистые горизонты) и др. В северной части участка встречены листовениты, присутствуют кустарные карьеры и дудки добычи золота прошлых лет. По базальтоидам имеет интенсивное развитие коры выветривания (рис. 4.6).

В шлифе встречается две разновидности пород: порфировидные долериты (80-85%) и породы типа мандельштейнов (15-20%).

Долериты порфировидные имеют порфировую структуру (рис. 4.7*A, Б*), состоят из вкрапленников и основной массы. Встречены фрагменты пород с реликтовой интерсертальной структурой (рис. 4.7*В*).



Рис. 4.6. Кора выветривания по базальтоидам

Вкрапленники представлены таблитчатыми кристаллами плагиоклаза основного состава, имеющего четко выраженные полисинтетические двойники, сосюритизирован. Настолько сильно изменен, что удается его обнаружить по единственному угасанию и форме. В некоторых кристаллах заметны включения вулканического стекла.

В подчиненном количестве встречаются вкрапленники пироксенов чаще в виде зерен неправильной формы либо в виде призматических кристаллов. Пироксен имеет высокий рельеф, косое погасание. В породах как правило трещиноватый, но не сильно измененный.

Соотношение вкрапленников плагиоклаза к пироксену примерно 90:10.

Основная масса раскристаллизована и представляет собой тонкий войлок из лейст плагиоклаза, чешуйчатого либо волокнистого хлорита.

Рудная минерализация проявлена в виде отдельных зерен сульфидов неправильной формы, количество в породах менее 1% (рис. 4.8).

Вторичные изменения – основная масса пород часто карбонатизирована (рис. 4.9А), по трещинкам часто развиты либо халцедон, либо минерал группы цеолитов (апофиллит). В значительном количестве представлен хлорит. Причем хлорит встречается двух разновидностей: первая – хлорит зеленой окраски, имеет аномальные цвета интерференции - чернильно-синие (пеннин); вторая – бесцветный хлорит со слабым двупреломлением (диабантит). Часто хлорит в виде волокнистых агрегатов, развитых вдоль границ вкрапленников плагиоклаза или пироксена (рис. 4.9 Б).

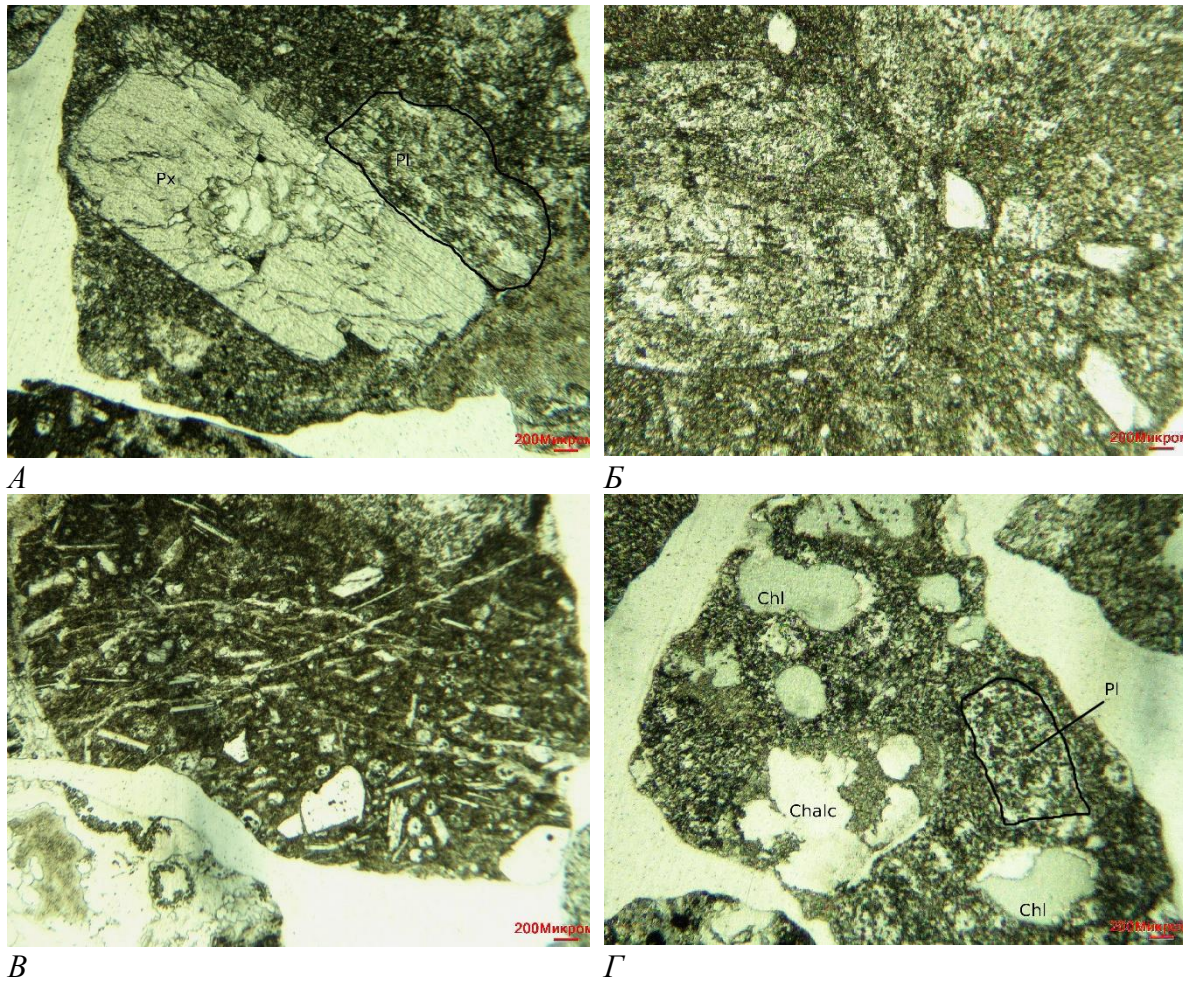


Рис. 4.7. Структуры и текстуры порфировидных долеритов участка Танычау:
 А, Б – порфировая структура долеритов; В – реликтовая интерсертальная структура;
 Г – миндалекаменная текстура мандельштейна. Pl – плагиоклаз, Px – пироксен, Chl –
 хлорит, Chalc – халцедон. Для всех фото - николи параллельны. Размер поля фотографии:
 6,2x4,6 мм.

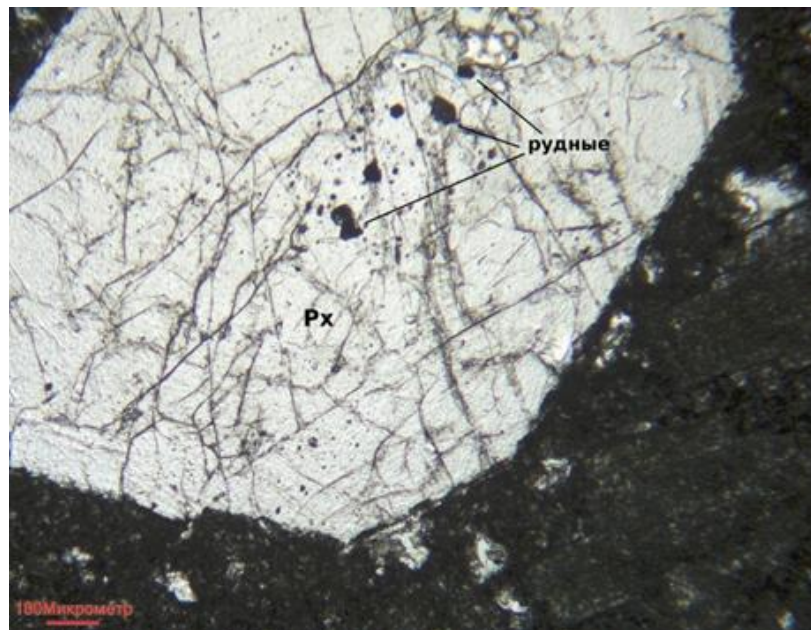


Рис. 4.8. Вкрапления пирита в пироксене

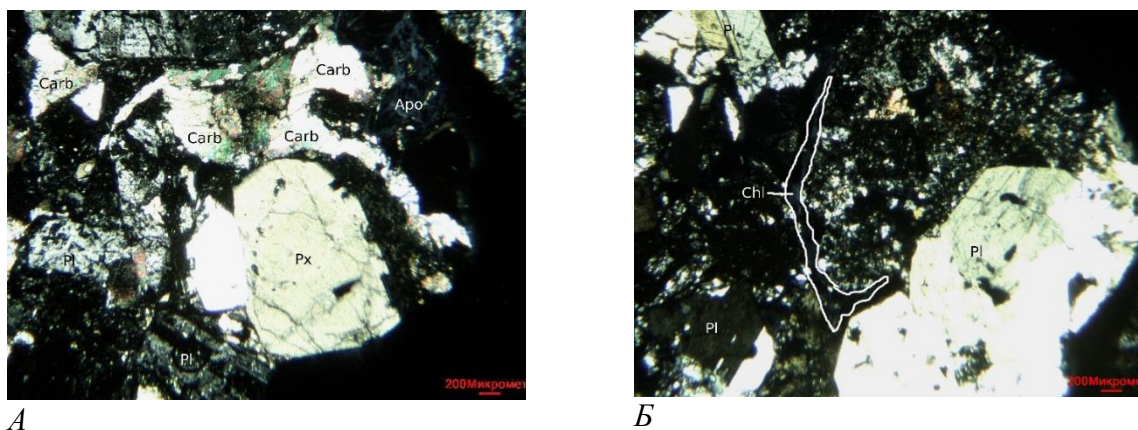


Рис. 4.9. Вторичные изменения базальтовых порфириров:

А – карбонатизация и развитие цеолита (апофиллита) по трещинкам в породе; *Б* – волокнистые агрегаты хлорита в основной массе породы. Pl – плагиоклаз, Px – пироксен, Chl – хлорит, Carb – карбонат. Для всех фото - николи параллельны. Размер поля фотографии: 6,2x4,6 мм.

Мандельштейны – это базальтовые породы с порфировой структурой и миндалекаменной текстурой (рис. 4.10), пустоты в которой заполнены халцедоном, цеолитом, либо хлоритом. В строении пустот часто наблюдается зональность, когда центральная часть выполнена одним минералом, а каемка – другим. Иногда миндалина нацело выполнена только халцедоном, цеолитом либо хлоритом.

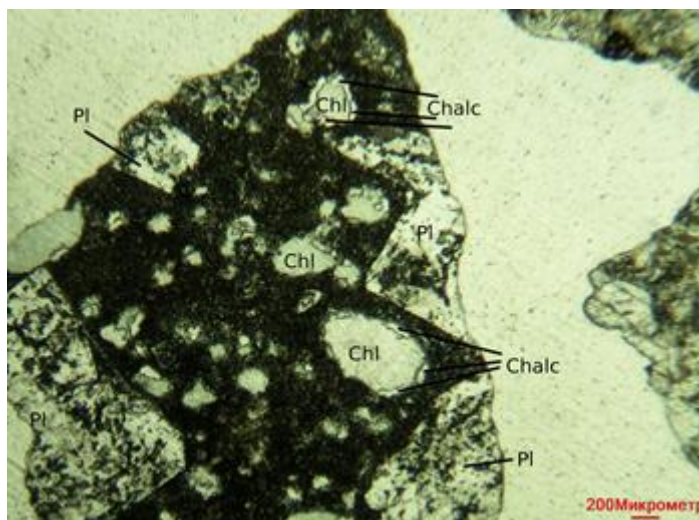


Рис. 4.10. Строение миндалин в мандельштейнах участка Танычау.

Pl – плагиоклаз, Chl – хлорит, Chalc – карбонат. Николи параллельны. Увеличение объектива 4x, размер поля фотографии: 6,2x4,6 мм.

На основании проведенных петрографических исследований можно сделать следующие выводы.

Базальтоиды Буйдинской площади представляют собой эффузивные магматические породы основного состава. Тем не менее все они различаются между собой по минеральному составу и по структурным особенностям. Стоит отметить, что все изученные породы претерпели зеленокаменные изменения (низкотемпературная ступень

метаморфизма) с формированием вторичных минералов (хлорит, амфибол, клиноцоизит и др.). «Свежих», не измененных пород не обнаружено.

4.4. Поведение пород при их нагреве до температур керамизации

При производстве кровельных гранул на предварительно раздробленный и отфракционированную материнскую породу наносится отдельно приготовленный красящий раствор. Типичный состав раствора – это жидкое стекло, каолин, пигменты и стабилизаторы. Перед нанесением краски гранулы подогревают для того, чтобы закрепить основу будущей керамической оболочки. После, в специальном миксере, на гранулы наносится красящий раствор. Далее гранулы отправляются во вращающуюся печь для запекания оболочки (рис. 4.11). Температура среды в печи до 1000°C . При этом гранулы нагреваются до температуры 600°C . В процессе нагрева в породе происходит процесс окисления, который проявляется в покрытии гранул гидроокислами железа и изменении их цвета на рыжий (рис. 4.12). Разные минералы меняют цвет с разной интенсивностью. Кроме того, происходит разрушение сульфидных минералов, что приводит к последующему вымыванию ржавчины на поверхность керамической оболочки.

После проведения ряда исследований, путем сопоставления данных по химическому и минералогическому составу пород, отобранных на эталонных объектах, и технологических свойств кровельных гранул были выявлены минералы, наиболее подверженные изменениям при воздействии установленных технологических температур. Прежде всего это минералы сульфидной группы и хлориты, в меньшей степени окислению подвержены железистые разновидности амфиболов (актинолит).

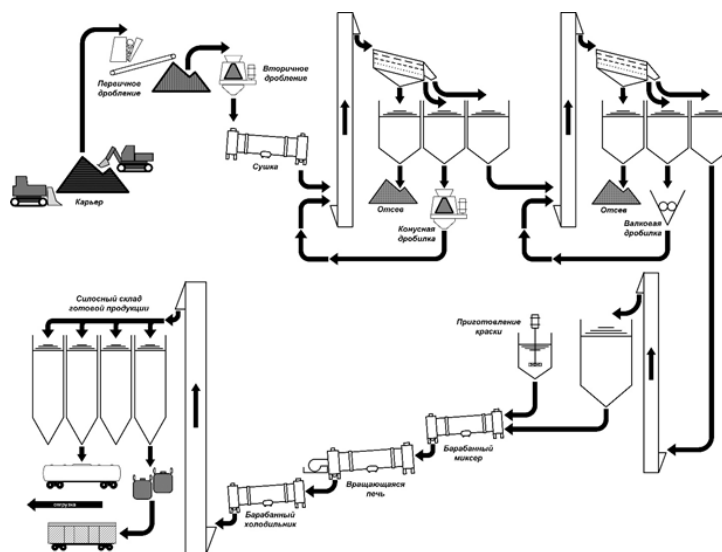


Рис. 4.11. Типичный процесс производства кровельных гранул

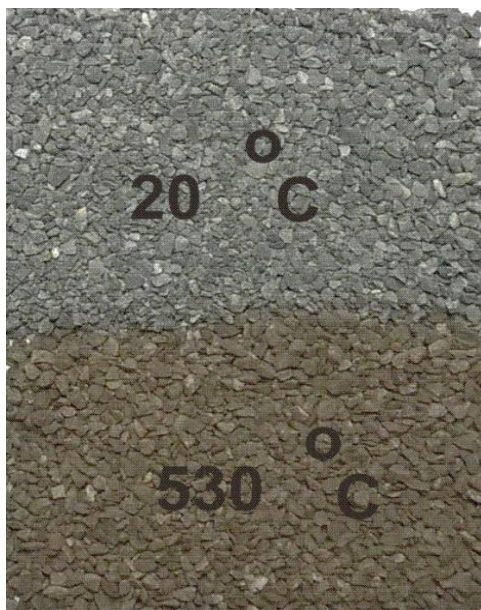
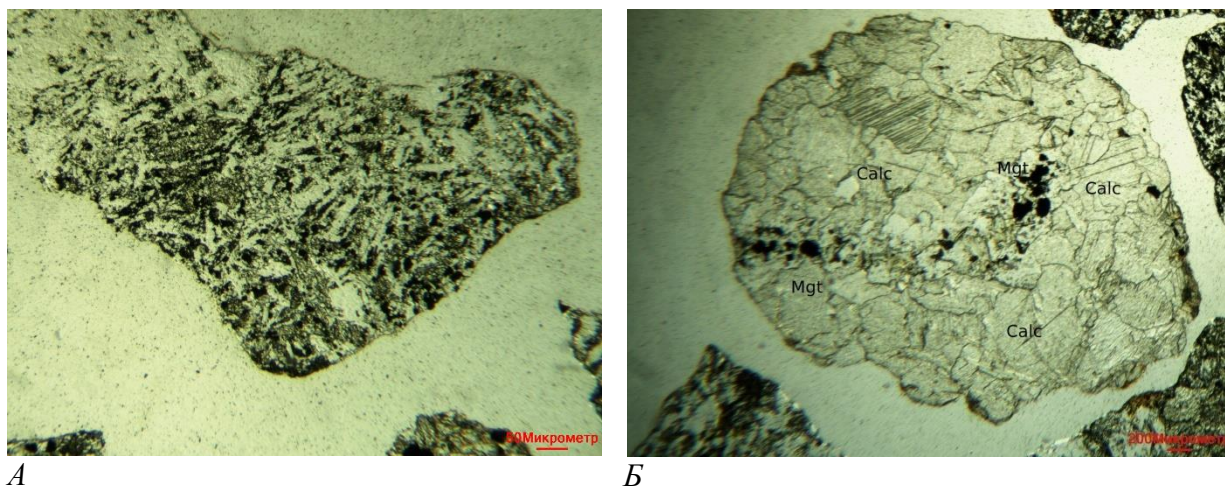


Рис. 4.12. Базальтовый щебень до и после прокаливания

Результаты исследования представлены в виде петрографического описания шлифов прогретых материнских пород.

В общем, базальты в той или иной степени подвержены изменениям, хотя нами были встречены единичные фрагменты неизменных базальтов (рис. 4.13 *А, Б*).



А

Б

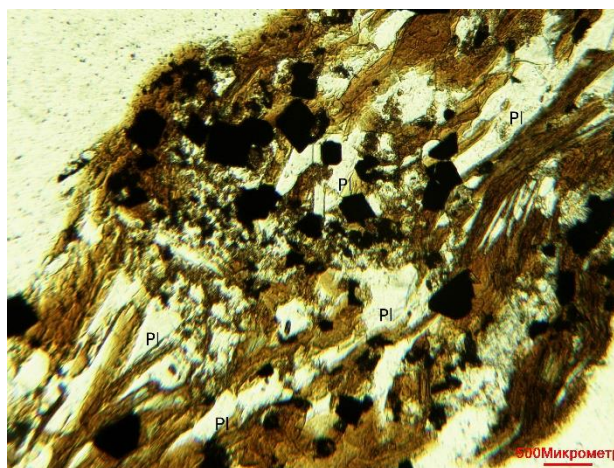
Рис. 4.13. Фрагменты неизменных после прокаливания пород базальтов Зириклинского участка:

А – неизменный базальт. Николи параллельны. Размер поля фотографии 1,00x0,75 мм; *Б* – миндалины кальцитового состава (Calc – кальцит, Mgt – магнетит). Николи параллельны. Размер поля фотографии: 6,2x4,6 мм.

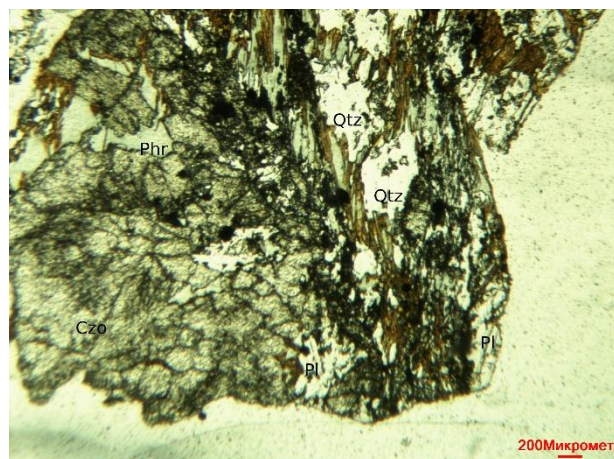
В базальтах после прокаливания неизменными остаются основные составляющие – плагиоклаз и пироксен, а рыжий цвет характерен больше для основной массы пород (рис. 4.14 *А*). Кроме того, устанавливаются определенные черты: во-первых, как правило, измененные рыжие и бурые минералы имеют узкопризматическую, вытянутую или игольчатую форму, а во-вторых, наблюдается ассоциация этого минерала с хлоритом

(рис. 4.14 *Б*). Из минерального состава неизменных базальтов под это описание подходит минерал актинолит (моноклинный амфибол).

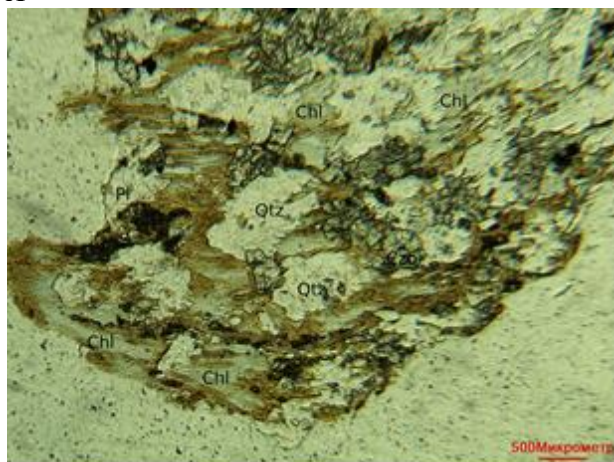
В некоторых фрагментах видно, как рыжий минерал развивается по хлориту (рис. 4.14 *Б*), возможно это связано с зональностью либо вторичными изменениями хлорита (ожелезняется хлорит второй генерации, который развивается по хлориту первой генерации).



А



Б



В

Рис. 4.14. Фрагменты пород базальтоидов участка Зириклы после прокаливания: *А* – основная масса в базальте бурого цвета, черные фрагменты - магнетит; *Б* – рыжий минерал узкопризматической, вытянутой формы; *В* – рыжий минерал в ассоциации с хлоритом. Для всех фото - николи параллельны. Размер поля фотографии: 6,2х4,6 мм.

Важно отметить, что рудный минерал, представленный магнетитом, остается неизменным после прокаливания. Это связано с его предельно-окисленным состоянием и стойкостью к термическим воздействиям.

После прокаливания в породах участка Танычау наблюдаются два типа «ожелезнения». Первый связан с основной массой в долеритах (рис. 4.15 *А*), второй с миндалинами в мандельштейнах (рис. 4.15 *Б*).

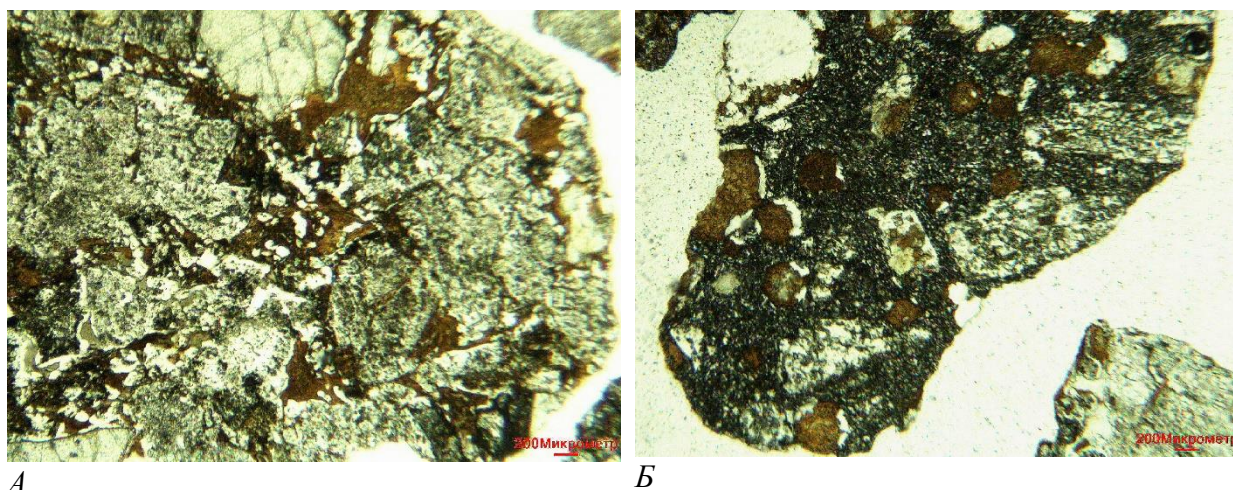


Рис. 4.15. Характер «ожелезнения» в породах участка Танычау после прокаливания: *А* – ожелезнение основной массы в долеритах; *Б* – ожелезнение миндалин в мандельштейнах. Для обоих фото - николи параллельны. Размер поля фотографии: 6,2х4,6 мм.

Не все миндалины в мандельштейнах «ожелезнены». Неизменными остаются миндалины, выполненные халцедоном либо цеолитами, то есть вероятнее всего «ожелезнение» связано с хлоритом (рис. 4.16). На рисунке 4.16 *Б*, по-видимому, зафиксирован начальный процесс ожелезнения (тонкие бурые пленки по хлориту).

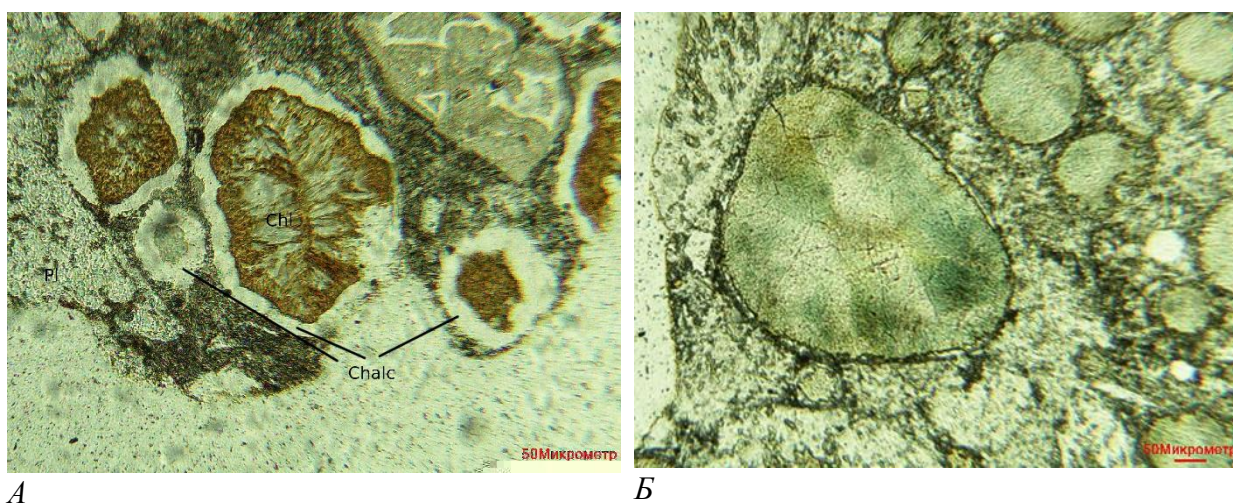


Рис. 4.16. Ожелезнение миндалин в мандельштейнах. Для обоих фото - николи параллельны. Размер поля фотографии: 1,00х0,75 мм.

В отличие от Зириклинских базальтов, рудные минералы в породах Участка Танычау представлены сульфидами: пирротинном, пиритом (размер выделений 0,05–0,1 мм). По сульфидам наблюдается наиболее интенсивное развитие гидроксидов железа. В шлифах (рис. 4.17) кристаллы и агрегаты пирита и пирротина замутнены и покрыты тонкодисперсным бурым веществом.

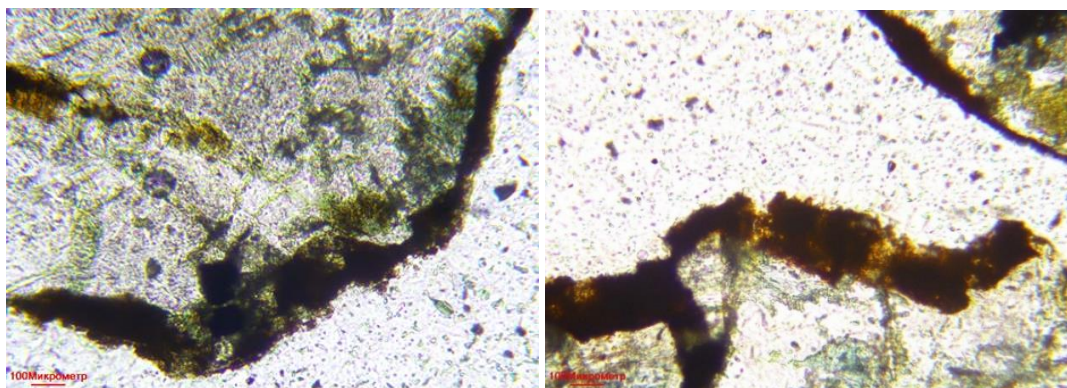
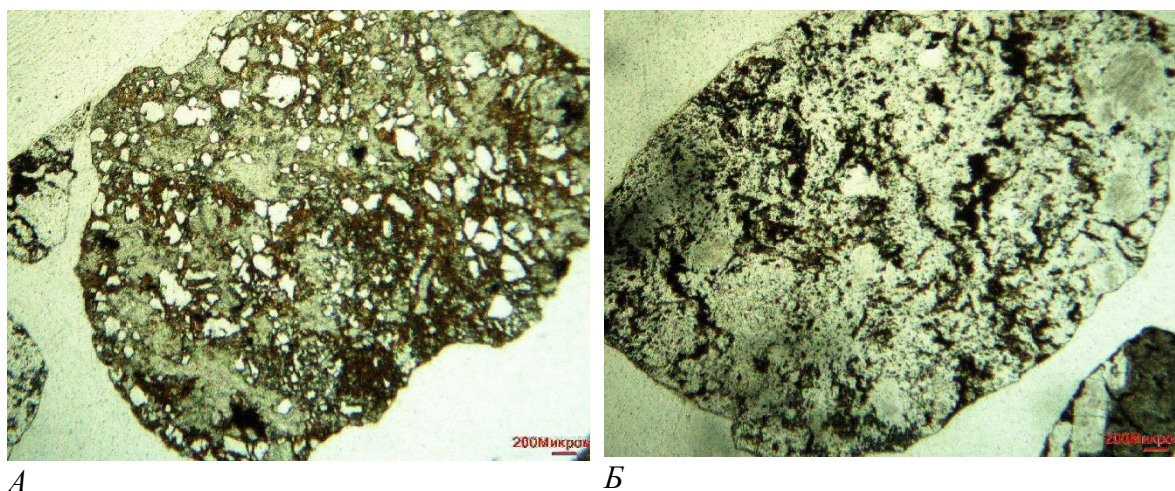


Рис. 4.17. Интенсивное развитие гидроокислов железа по сульфидам

В шлифах прокаленных андезибазальтов участка Каеш-Ур видно, что ожелезнение связано только с основной массой пород (рис. 4.18). Минералы бурого цвета имеют волокнистое либо чешуйчатое строение, развиваются вдоль границ минералов – вкрапленников. Вероятнее всего, ожелезнение здесь связано с хлоритом и амфиболом в основной массе породы.



А

Б

Рис. 4.18. Андезибазальты после прокаливания. Для обоих фото николи параллельны. Размер поля фотографии: 6,2х4,6 мм.

Таким образом, можно заключить, что в вулканитах Буйдинской площади развитие гидроокислов железа с формированием «рыжей» окраски связано с основной массой. В основной массе всех пород развиты как правило хлорит, моноклинный амфибол, клиноцоизит. По форме ожелезненных минералов (чешуйчатые агрегаты, игольчатые, волокнистые) можно сделать вывод, что скорее всего ожелезнение связано с хлоритом и – с амфиболом – актинолитом. Также легко подвергаются термическому разложению с последующим окислением рудные минералы, но только сульфидной группы. Предельные оксиды – магнетиты и гематиты – остаются стабильными. Отсюда следует вывод: при выборе сырья для производства кровельных гранул основное значение имеет не общее содержание железа в породах, а форма его фиксации в минеральных формах.

5. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ МИНЕРАЛЬНОГО ВЕЩЕСТВА

При производстве кровельных гранул рекомендуется использовать магматические породы основного состава. При этом нежелательными минералами в составе пород являются кварц и кальцит. Кварц обладает плохой адгезией и пропускает ультрафиолетовое излучение, что негативно сказывается на качестве готового продукта. Установлено опытным путём и научно доказано [Patent..., 2006], что ультрафиолетовое излучение разрушает полимерно-битумное вяжущее гибкой черепицы. Имеет значение и размерность выделения кварца (критично более 1 мм.).

Кальцит и карбонаты являются нежелательным осадочными минералам в составе породы, которую планируется использовать в качестве основы кровельных гранул. Карбонаты сильно отличаются от твёрдых изверженных пород, которые обычно используют в качестве сырья для производства кровельных гранул. Максимальная твердость карбонатов, это 3 единицы по шкале Мооса, в то время как основные породы имеют твердость 5-7 единиц. Кальциты и карбонаты разрушаются кислотными дождями, кальциты прозрачны для ультрафиолетовых лучей на и могут вызвать проблемы для готового продукта. При производстве кровельных гранул критичным содержанием кальцита в породах является не более 5 % с размерностью выделения не более 1 мм.

Осенью 2018 г в ИГ УФИЦ РАН с помощью рентгенфлуоресцентного и рентгенофазового анализом были получены результаты по химическому составу, а также общее содержание кварца и кальцита в 77 пробах базальтоидов Буйдинской площади (Приложение 1). В результате рентгенофазового анализа в ряде проб были обнаружены аномально высокие содержания кварца и кальцита.

Результаты по химическому составу и по содержаниям кварца и кальцита были проанализированы с помощью методов математической статистики с использованием программ «Statistica» и «Excel». В задачи статистического анализа входило: анализ связи химического и минерального состава пород, получение средних характеристик и дисперсий основных показателей, а также проверки достоверности и сопоставимости рентгенфлуоресцентного и рентгенофазового анализом.

При проведении статистического анализа использовалась общая выборка, состоящая из 77 проб базальтоидов (рис. 5.1). В результате проведенных исследований получены следующие данные.

Среднее содержание кремнезема в пробах составляет 50,56 %, что в целом соответствует породам основного состава. Стандартное отклонение равно 2,1, что говорит

о нормальном распределении кремнезема, что подтверждается гистограммой (рис. 5.2). При нормальном распределении кремнезема содержание кварца в пробах варьируется в широком диапазоне (от 0 до 27,4 %). При этом среднее содержание составляет 8,35 %, стандартное отклонение 6,7, что говорит о не нормальном распределении в пробах. И все же большинство проб находятся в диапазоне от 0 до 10 %. Это наблюдается на гистограмме (рис. 5.3 А). Кальцит также, как и кварц имеет ненормальное распределение и широкий разброс значений содержания (рис. 5.3 Б). Большинство проб имеют содержание кальцита до 2 %.

Variable	Descriptive Statistics (буйда.sta)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
SiO2	77	50,56338	45,88000	55,43000	2,109742
TiO2	77	0,96026	0,52000	2,15000	0,341371
Al2O3	77	13,29844	10,58000	15,89000	1,061156
Fe2O3	77	15,12442	8,68000	19,82000	2,021719
MnO	77	0,20818	0,15000	0,28000	0,027277
MgO	77	4,09091	0,30000	10,06000	1,864444
CaO	77	8,46818	3,21000	12,54000	1,877999
Na2O	77	3,32558	1,35000	5,37000	0,707407
K2O	77	0,90649	0,13000	4,73000	0,809637
P2O5	77	0,24026	0,12000	0,49000	0,089589
Собщ	77	0,01140	0,01000	0,02000	0,002098
ППП	77	3,16403	1,30000	8,96000	1,780588
кварц	77	8,35325	0,00000	27,40000	6,731145
кальцит	77	2,17078	0,05000	19,40000	3,754071

Рис. 5.1. Описательная статистика проб Буйдинской площади

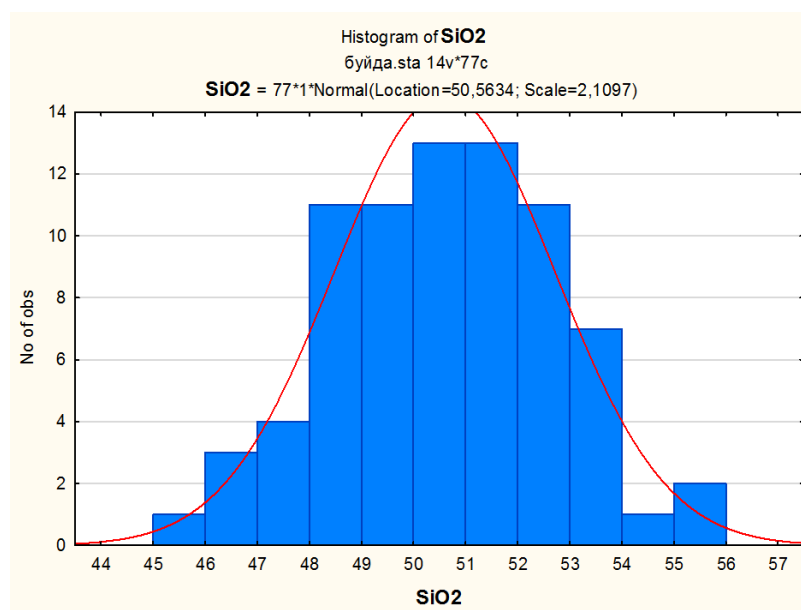
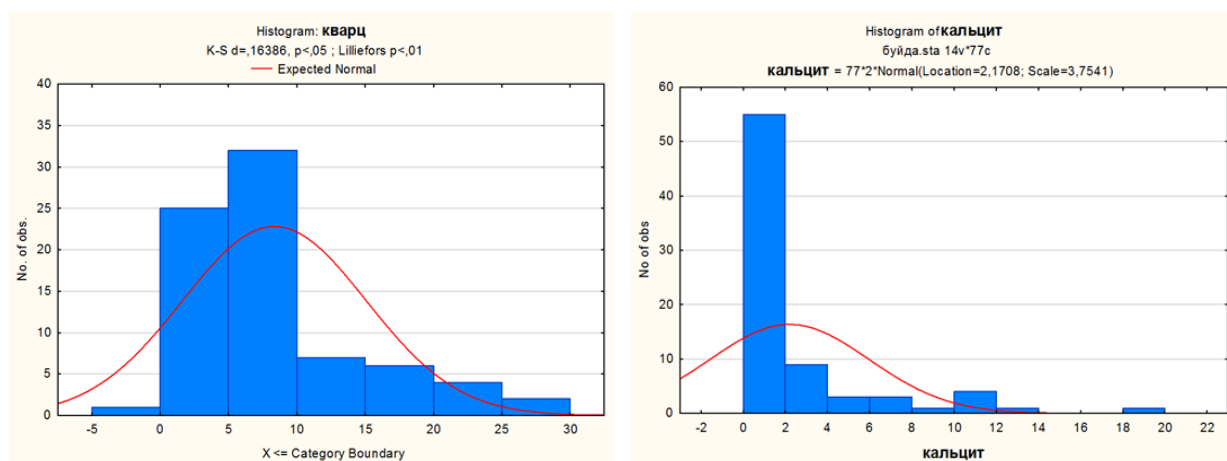


Рис. 5.2. Гистограмма содержания кремнезема



А

Б

Рис. 5.3. Гистограммы содержаний в породах:

А – кварца, Б – кальцита

В результате изучения матрицы парной корреляции было установлено, что основная масса SiO_2 связана с породообразующими силикатами (плагиоклаз, пироксен, амфибол). Также мы выяснили, что основную массу потерь при прокаливании (ППП) составляют продукты деструкции кальцита (кальцит и ППП имеют наиболее сильную корреляционную связь¹) (рис. 5.4).

Correlations (Буйда.ста)														
Marked correlations are significant at $p < .05000$														
N=77 (Casewise deletion of missing data)														
Variable	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	P2O5	Собщ	ППП	кварц	кальцит
SiO2	1,00000	-0,19881	-0,00124	0,15065	0,20232	-0,36034	-0,52003	-0,02273	0,10406	-0,00323	-0,04864	-0,43191	0,36580	-0,31683
TiO2	-0,19881	1,00000	0,11188	0,27854	0,01339	-0,03321	0,13813	-0,02258	-0,29345	0,42825	0,00937	-0,30649	-0,43256	-0,36540
Al2O3	-0,00124	0,11188	1,00000	-0,05010	-0,11614	-0,31492	-0,29428	0,31326	0,03574	0,24320	0,09592	-0,02987	-0,20254	-0,01842
Fe2O3	0,15065	0,27854	-0,05010	1,00000	0,53648	-0,32877	-0,36430	-0,01316	-0,31434	0,09585	0,18679	-0,40324	-0,13088	-0,52661
MnO	0,20232	0,01339	-0,11614	0,53648	1,00000	-0,07018	-0,51783	-0,13920	0,13621	0,19813	0,12060	-0,19978	0,30139	-0,30099
MgO	-0,36034	-0,03321	-0,31492	-0,32877	-0,07018	1,00000	0,15258	-0,27873	0,04170	-0,24034	-0,15083	-0,24584	-0,29256	-0,11514
CaO	-0,52003	0,13813	-0,29428	-0,36430	-0,51783	0,15258	1,00000	-0,26526	-0,31501	0,04535	-0,04737	0,23675	-0,26687	0,31021
Na2O	-0,02273	-0,02258	0,31326	-0,01316	-0,13920	-0,27873	-0,26526	1,00000	-0,11634	-0,04324	-0,04986	0,11296	-0,17775	0,14356
K2O	0,10406	-0,29345	0,03574	-0,31434	0,13621	0,04170	-0,31501	-0,11634	1,00000	-0,17603	0,00091	0,17943	0,45217	0,30940
P2O5	-0,00323	0,42825	0,24320	0,09585	0,19813	-0,24034	0,04535	-0,04324	-0,17603	1,00000	0,01106	-0,05129	-0,04437	-0,16316
Собщ	-0,04864	0,00937	0,09592	0,18679	0,12060	-0,15083	-0,04737	-0,04986	0,00091	0,01106	1,00000	0,01336	0,10170	0,02521
ППП	-0,43191	-0,30649	-0,02987	-0,40324	-0,19978	-0,24584	0,23675	0,11296	0,17943	-0,05129	0,01336	1,00000	0,39803	0,70143
кварц	0,36580	-0,43256	-0,20254	-0,13088	0,30139	-0,29256	-0,26687	-0,17775	0,45217	-0,04437	0,10170	0,39803	1,00000	0,38040
кальцит	-0,31683	-0,36540	-0,01842	-0,52661	-0,30099	-0,11514	0,31021	0,14356	0,30940	-0,16316	0,02521	0,70143	0,38040	1,00000

Рис. 5.4. Матрица парной корреляции основных петрогенных параметров

Для выявления факторов, обуславливающих взаимосвязи между изучаемыми признаками, был применен факторный анализ. В результате были установлены два главных фактора (главных компонент), влияющих на структуру взаимосвязей признаков. Первый фактор имеет высокую нагрузку на железо и кальций, за счет присутствия пироксенов и основных плагиоклазов главных породообразующих минералов базальтоидов. Поэтому данный фактор можно назвать породным. Связь кальцита и ППП (в основном CO_2) обусловлена интенсивной соссуритизацией плагиоклазов.

¹ Значимые коэффициенты корреляции выделены красным

Второй фактор имеет максимальную нагрузку на кварц, что позволяет связать данный фактор с интенсивным окварцеванием пород (рис. 5.5)

Variable	Factor Loadings (Unrotated) (буйда.ста) Extraction: Principal components (Marked loadings are >,700000)	
	Factor 1	Factor 2
SiO2	0,408235	-0,601444
TiO2	0,475302	0,526135
Al2O3	0,145481	-0,033595
Fe2O3	0,767025	-0,110600
MnO	0,511000	-0,491578
MgO	-0,139695	0,410965
CaO	-0,470872	0,684335
Na2O	-0,011507	-0,040754
K2O	-0,336378	-0,571137
P2O5	0,319320	0,134357
Собщ	0,088797	-0,143635
ППП	-0,759488	-0,152275
кварц	-0,305010	-0,800410
кальцит	-0,848812	-0,157280
Expl.Var	3,117885	2,585894
Prp.Totl	0,222706	0,184707

Рис. 5.5. Таблица факторных нагрузок на признаки

Используя результаты факторного анализа, можно выявить пробы с высокими значениями «породного» фактора и минимальными значениями фактора 2, которые могут представлять практический интерес при оценке кровельного сырья. На участке Зириклы таких проб 88 %, на участке Каеш-Ур 54 %, на участке Танычау 64 %. На этом основании наиболее предпочтительным для разработки является участок Зириклы, но все же существует возможность селективной добычи и с других участков.

Выводы:

- по результатам статистической обработки данных химического, минералогического анализов можно говорить о достоверности результатов рентгенофазового анализа, проведенных в лаборатории ИГ УНЦ РАН;
- среднее содержание кремнезема в пробах в целом соответствует породам основного состава
- основную массу потерь при прокаливании составляют продукты деструкции кальцита;
- основная масса железа связана с породообразующими силикатами;
- содержание кварца в целом не всегда коррелирует с кремнеземом, основная масса кремнезема заключена в породообразующих силикатах;
- при разработке Буйдинской площади существует возможность селективной добычи полезного ископаемого.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Буйдинская площадь входит в состав Буйдинской рудной зоны, расположенной в пределах восточного крыла Магнитогорского мегасинклинория и соответствует Учалинско-Александринской структурной зоне, сложенной палеозойскими вулканогенными и вулканогенно-осадочными породами.
2. В процессе поисковых работ на исследуемой площади были выделены три участка (Зириклинский, Каеш-Ур, Танычау), перспективных к освоению, которые приурочены к полям развития базальтоидов карамалыташской и поляковской свит нижне-средне палеозойского возраста.
3. По химическому составу породы Буйдинской площади соответствуют базальтоидам.
4. Изученные породы претерпели зеленокаменные изменения (низкотемпературная ступень метаморфизма) с формированием вторичных минералов (хлорита, амфибола, клиноцоизита, и др.), количество которых варьирует для различных участков. Базальтоиды различаются по структурам (долеритовая, порфирировая, толеитовая (массивная, миндалекаменная, полосчатая).
5. Окварцевание и карбонатизация, связанные с наложенными гидротермальными процессами проявлено неравномерно и наиболее развито в отдельных зонах участков Каеш-Ур и Танычау.
6. Присутствие в сырье для производства кровельных гранул кварца и кальцита является негативным фактором в виду их плохой адгезии и способностью пропускать через себя ультрафиолетовое излучение. Но все их плохие свойства нивелируются при выделениях менее 1 мм. При этом общее содержание SiO_2 и CaO по данным рентгенофлуоресцентного анализа не несет большой информативности, так как в базальтоидах большая их часть заключается в породообразующих силикатах.
7. Процессы «ржавления» гранул проявляются в результате их технологического нагрева, а также в процессе их эксплуатации и связаны в большей степени с окислением сульфидов, а также железосодержащих алюмосиликатов – хлоритов и актинолита. Предельные оксиды железа (магнетит и гематит) ведут себя инертно и не изменяются в практически значимых объемах. Для прогнозирования выделения продуктов окисления железа важно знать не только общее содержание железа в породе, но и форму его минеральной фиксации. Содержание в исходном сырье сульфидов железа должно рассматриваться как один из основных

лимитирующих факторов при оценке возможности его использования в производстве кровельных гранул.

8. Основу потерь при прокаливании в пробах Буйдинской площади составляют продукты деструкции кальцита. При этом повышенное содержание карбонатов в некоторых пробах может быть связано с интенсивной сосюритизацией пород.

В виду того, что базальтоиды в пределах Буйдинской площади различаются по качественным характеристикам, разработку рекомендуется производить селективно.

Полученные минералогические критерии могут быть использованы в процессе поиска сырьевых источников для обеспечения потребностей производства керамизированных кровельных гранул в пределах Учалинского района Республики Башкортостан. В результате проведенных работ были выделены и предложены для оценки три перспективных участка: Зириклы, Каеш-Ур и Танычау, в пределах которых планируется подготовка соответствующего месторождения.

Таким образом, минералогические методы изучения сырья, должны рассматриваться в качестве обязательных при изучении возможности использования минерального сырья в том числе и для нужд кровельной промышленности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Опубликованная:

1. Алматов А.С., Соков В.Н. Причины изменения цвета кровельных гранул, окрашенных керамическим способом // Строительные материалы. – 2018. – № 1-2. – С. 106–110.
2. Дю Т.А. Минералогические особенности базальтоидов для производства кровельных гранул (по материалам практики в ООО «Уральское горно-геологическое агентство») // Практика геологов на производстве: сборник трудов III Всероссийской студенческой научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2018. – 140 с.
3. Зайков В.В., Масленников В.В., Зайкова Е.В., Херрингтон Р. Рудно-формационный и рудно-фациальный анализ колчеданных месторождений Уральского палеоокеана. – Миасс: ИМин УрО РАН, 2001. 35 с.
4. Знаменский С.Е., Пучков В.Н. и др. Геологическая интерпретация сейсмического профиля Уралсейс (Центральный домен) // Глубинное строение и геодинамика Южного Урала (проект Уралсейс). – Тверь: ГЕРС, 2001.– С. 154–164.
5. Кочергин А.В, Калистратова Е.О., Блинов И.А, Мичурин С.В., Галимов Н.Р., Гилязов А.А. Роль минералогии в решении технологических проблем производства полимерно-битумных кровельных материалов // Роль технологической минералогии в рациональном недропользовании. М.: ВИМС, 2018. – С. 28–30.
6. Пучков В.Н. Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. – Уфа: Даурия, 2000. – 146 с.
7. Серавкин И.Б. Вулканизм и колчеданные месторождения Южного Урала. М.: Наука, 1986. – 268 с.
8. Серавкин И.Б. Металлогения Южного Урала и Центрального Казахстана. – Уфа: АНРБ, Гилем, 2010. – 284 с.
9. Фролова Т.И., Бурикова И.А. Геосинклиальный вулканизм (на примере восточного склона Южного Урала). М.: МГУ, 1977. – 279 с.
10. Шарова Т.В., Грановская Н.В. Учебно-методическое пособие по оформлению текстовых работ студентов Института наук о Земле специальности «Прикладная геология». – Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2014. – 30 с.
11. Jewett C.L: «Roofing Granules» Industrial minerals and Rocks, 5th ed. / S.J. Lefond, ed AIME. – New York, 1983. – P. 15-19.
12. Kogel J.E., Triverdi N.C., Barker J.M., Krukowski S.T. Roofing materials // Industrial Minerals and Rocks. 2006. N 7. – P. 1174–1175.

13. Patent US 20060251807 A1. Roofing Granules With Improved Surface Coating Coverage And Functionalities And Method For Producing Same. / Keith Hong, Ming Shiao. Declared 21.04.2006. Published 09.11.2006.
14. Patent US 5516573 A. Roofing materials having a thermoplastic adhesive intergace between coating asphalt and roofing granules. / Billy L. George, Stefan A. Babirad, Vincent J. Laraia, Jr., Wilson S. Bigham. Declared 26.09.1994. Published 14.05.1996.

Фондовая:

15. Анисимов И.С., Сопко Л.Н., Ямаев Ф.А. и др. Отчет по геологическому доизучению в масштабе 1:50 000 Северо-Учалинской площади (планшеты N-40-48-В (б, г); N-40-59-Б (б, г); N-40-60-А; N-40-72-А) за 1978-83 г.г. Т. 1-7. Башкирский РГФ – 1983. – 389 с.
16. Анисимов И.С., Ямаев Ф.А., Сопко Л.Н. и др. Отчет по геологическому доизучению в масштабе 1:50 000 объекта «Ургунская площадь» (планшеты N-40-59-Г, N-40-60-В, N-40-71-Б) за 1972-78 г.г. Т. 1-5. Башкирский РГФ – 1978. – 406 с.
17. Бабкин В.В., Левит А.И., Бобков М.Ф. и др. Отчет восточно-Уральского ГСО о результатах группового геологического доизучения масштаба 1:50 000 Миасской площади (листы N-41-25-А-а, в; N-41-25-А-б (зап. половина); N-41-25-А-г (зап. половина); N-40-36-Г-г; N-41-25-В (зап. половина); N-40-48-Б, Г; N-41-37-А-а; N-41-37-А-в (зап. половина); N-40-60-Б) в Чебаркульском и Уйском районах и на территории г. Миасс Челябинской области РСФСР и в Учалинском районе Башкирской АССР за 1977-82 г.г. Т. 1-6. ТГФ (г. Челябинск). – 1982. – 437 с.
18. Гаврилов В.А. Геологическая карта района. N-40-XVIII. 1:25 000. ОАО «Башкиргеология». – 2001.
19. Кац Ш.Н., Тамбовцев В.В., Калташева И.И. и др. Отчет по геологическому доизучению в масштабе 1:50 000 Миндякской площади (планшеты N-40-70-Г (б, в, г); N-40-71-А, В; N-40-82-А (б, в, г), Б) по работам за 1975-80 г.г. Т. 1-7. Башкирский РГФ. – 1980. – 233 с.
20. Козлов В.И., Краев Ю.П., Цоцур В.С. Геологическое строение северной части Башкирского Урал-Тау. (Отчет Кирябинской геологической партии за 1961-63 г.г.). Т. 1-3. Башкирский РГФ. – 1964. – 348 с.
21. Кочергин А.В., Калистратова Е.О., Гилязов А.А. Отчет о результатах выполнения научно-исследовательской работы: «Поиски объектов минерального сырья для получения кровельных гранул» ООО «Уральское горно-геологическое агентство». – 2017. – 73 с.

22. Мосейчук В.М., Яркова А.В., Кашина Л.В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000, изд. 2-е, лист N-40-XXIV (Магнитогорск). – 2000.
23. Нестоянова О.А., Ленных Г.А. Геологическая карта СССР м-ба 1:200 000. Серия Южно-Уральская. Лист N-40-XVIII (объяснительная записка)/ М.: Госгеолтехиздат. – 1959. – 155 с.
24. Штейнберг А.Д., Сурин Т.Н., Баранов Э.Н. и др. Отчет о геологическом доизучении поверхности палеозойского фундамента масштаба 1:25 000, среднемасштабном объемном геологическом картировании и общих поисках медноколчеданных руд на Орловской площади в пределах трапеций N-40-71-Г, N-40-83-Б, проведенных Орловским геологосъемочным отрядом в 1985-90 г.г. Т. 1-14. ТГФ (г. Челябинск). – 1990. – 326 с.

Приложение А

Результаты рентгенофлуоресцентного и рентгенофазового анализов проб базальтоидов
Буйдинской площади

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	P2O5	Собщ	ППП	кварц	кальцит
370	49,7	0,74	13,57	15,96	0,22	3,72	10,1	3,37	0,15	0,34	0,01	2,72	5,4	2
371	49,87	0,63	12,3	14,73	0,17	6,79	9,87	2,2	0,14	0,24	0,013	2,92	9,1	0,15
372	50,69	0,64	14	14,63	0,18	3,85	10,39	2,7	0,16	0,26	0,01	3,4	9,2	8,6
376	51,17	0,62	11,07	11,83	0,22	6,91	11,26	2,7	0,38	0,16	0,01	2,9	6,1	0,6
180600	51	1,16	11,62	12,77	0,19	7,23	10,35	3,4	0,27	0,19	0,01	1,76	0	0,1
20610	51,28	1,24	12,85	13,87	0,18	6,11	9,48	3,1	0,23	0,14	0,01	1,8	0,3	0,1
20810	48,32	0,92	14,22	12,52	0,15	6,86	10,98	2,3	0,57	0,13	0,01	2,8	0,8	0,1
208105	50,62	1,11	14,34	14,57	0,2	2,7	9,17	5,37	0,32	0,19	0,01	2	2,3	0,1
208112	51	1,08	13,84	14,28	0,18	4,3	9,9	3,1	0,34	0,4	0,011	2,12	3,8	0,15
208113	48,93	1	13,74	14,57	0,2	6,14	8,57	2,8	0,72	0,15	0,011	3	1,5	0,1
20910	54,02	0,78	15,28	13,08	0,18	2,28	9,24	2,4	1,35	0,19	0,012	2,08	11,6	0,1
21010	51,92	0,85	13,36	17,15	0,22	3,47	7,09	3,5	0,41	0,17	0,02	2,36	5,8	0,1
210102	52,27	0,82	13,79	16,38	0,21	3,65	7,68	3	0,5	0,16	0,015	2,32	9,5	0,1
211102	51,23	0,84	13,82	16,07	0,23	4,89	7,1	3,4	0,76	0,16	0,01	2,14	6,2	0,1
211103	52,34	0,91	11,91	17,46	0,21	4,34	7,09	3,4	0,65	0,17	0,012	2,34	9,6	0,1
211114	52,4	0,9	13,45	15,13	0,21	4,11	6,8	4	0,87	0,16	0,012	2,7	4,6	1,8
21710	48,29	0,52	11,55	12,2	0,15	3,87	11,28	2,7	1,84	0,13	0,01	8,42	19,7	10,3
217102	48,67	0,76	12,92	12,81	0,21	6,68	7,76	3,4	1,09	0,12	0,01	5,3	6,8	10,3
21910	53,25	0,7	14,27	12,68	0,2	2	9,33	3,9	0,63	0,49	0,01	3,36	3,7	2,5
219102	53,48	0,8	14,82	16	0,21	0,3	7,72	3,6	0,63	0,48	0,011	2,89	5,8	0,3
219103	51,84	0,75	13	15,09	0,18	4,3	8,26	3,7	0,74	0,15	0,01	2,6	8,2	3,9
219104	50,4	0,78	13,96	14,17	0,18	2,75	8,61	3,9	0,79	0,29	0,011	3,33	4,5	5,9
219105	51,66	0,72	13	12,36	0,21	4,07	8,02	3,4	1,51	0,32	0,013	5,3	22,5	5,3
219106	51,46	0,78	12,54	14,85	0,18	0,55	10,64	2,7	1,16	0,14	0,01	5,94	25,7	10,3
22110	55,43	0,75	13,55	15,3	0,19	0,56	6,84	4	0,95	0,15	0,01	3,02	17,1	3,4
221102	52,05	0,82	13,39	16,32	0,21	3,88	6,79	3,56	1,19	0,13	0,011	2	5,9	1,7
221103	53	0,83	13,58	16,6	0,2	2,05	6,7	3,65	1,1	0,15	0,014	2,7	9,5	2,9
221104	52,44	0,75	14,52	16,12	0,19	2,57	6,85	3,65	1,1	0,14	0,01	2,04	8,9	1
221105	51,67	0,69	12,45	14,09	0,18	1,79	9,87	3,65	0,84	0,16	0,016	4,9	17,8	7
221106	52,12	0,9	14,17	17,58	0,2	4,19	4,32	4	0,95	0,14	0,01	2	4,9	0,15
374	50,39	0,79	13,1	16,23	0,25	4,12	7,77	3,71	0,27	0,16	0,011	2,72	5,4	0,1
208103	49,15	1,39	13,38	15,01	0,18	5,73	11,09	2,36	0,4	0,2	0,015	1,86	1,4	0,05
208105	49,53	0,63	12,85	13,79	0,2	6,15	9,31	3,39	0,65	0,14	0,01	2,92	5,8	0,1
210103	45,88	0,83	14,09	15,16	0,23	2,82	8,56	5	0,77	0,21	0,012	7,22	20	11,9
210104	49,55	0,86	13,72	17,35	0,24	3,02	7,57	4,85	0,86	0,24	0,015	2,48	8,8	0,2
210105	49,81	0,82	14,1	16,12	0,25	5,24	6,64	3,59	1,12	0,26	0,012	2,14	5,1	0,1
210106	53,44	0,64	12,37	14,07	0,28	5,04	6,58	1,35	4,73	0,21	0,01	2	23,6	1,6
210107	49,28	0,7	12,73	14,64	0,2	6,54	9,46	2,7	0,36	0,26	0,01	2,7	6,9	0,5
211103	51,36	0,75	14,13	16,38	0,22	3,52	6,84	3,77	0,7	0,22	0,013	2,58	7,6	0,05
211104	52,24	0,87	13,47	15,37	0,23	4,11	7,73	3,37	1,28	0,24	0,011	7,89	9,9	0,15
211105	48,37	0,94	13,2	16,34	0,21	1,92	6,29	3,8	0,98	0,26	0,013	8,08	6,9	0,1
211106	52,79	0,87	13,03	17,5	0,21	1,54	7,45	3,7	0,6	0,21	0,01	2,96	6,7	0,15
211107	53,08	0,88	13,65	16,98	0,21	2,05	7,28	3,7	0,63	0,25	0,01	2,14	9,2	0,1
211108	47,17	0,93	13,51	15,82	0,22	2,54	8,87	3,9	0,51	0,21	0,011	6,82	9,9	7,5
211109	53,23	1,26	15,76	10,33	0,15	2,51	6,26	4,85	1,89	0,43	0,01	4,12	12,3	3,5
211110	47,5	0,56	11,19	14,18	0,22	10,06	9,52	2	0,3	0,17	0,01	3,46	7,1	0,1
211111	47,61	0,65	11,78	13,38	0,21	7,52	11,16	2,5	1,91	0,2	0,012	3,84	5,5	6,3
211112	49,26	0,81	12,26	13,04	0,21	8,08	7,93	3	3,44	0,18	0,01	2,62	9,3	3,3
211113	46,15	0,77	10,58	11,37	0,18	3,49	12,54	3,59	2,14	0,21	0,01	8,96	23,4	13,4
21210	49,64	0,83	12,63	19,48	0,24	3,32	7,69	3,7	0,94	0,24	0,011	1,9	2,6	0,05
212102	49,75	0,72	12,91	15,13	0,2	6,53	7,93	3,9	0,38	0,19	0,01	2	0,3	1,1
212103	46,24	0,53	15,89	8,68	0,17	4,26	11,22	3,7	1,67	0,28	0,014	7,3	9	19,4
212104	48,58	0,73	13,66	13,33	0,19	4,17	10,11	3,7	1,49	0,2	0,016	3,4	4,6	4,5
212105	51,21	0,84	15,29	13,39	0,21	4,43	4,98	3,2	3,83	0,17	0,012	2,56	14,3	3,2
212106	48,12	0,83	12,25	13,95	0,17	3,86	11,62	3,59	0,88	0,2	0,01	4,92	15,1	3,7
21510	52,88	0,95	13,48	15,21	0,21	3,74	6,09	3,85	2,09	0,22	0,01	2,06	10,1	2,9
22210	48,89	1,1	13,72	16,68	0,23	5,24	6,35	3,9	1,22	0,2	0,011	1,96	3,4	0,1
222103	50,6	0,95	12,53	15,85	0,23	5,48	8,11	3,8	0,29	0,27	0,01	2,2	2,3	1,7
223102	55,28	0,78	13,12	16,46	0,25	4,33	3,21	3,71	1,01	0,23	0,011	2,22	27,4	0,1
223103	50,93	0,88	12,87	16,97	0,28	5,36	4,66	3,5	1,35	0,36	0,011	2,54	17,6	0,15
223104	53,07	0,79	13,1	13,79	0,23	6,34	5,18	2,7	1,46	0,35	0,013	2,78	24,9	0,1
22410	50,56	0,98	14,41	16,79	0,22	2,87	9,42	1,35	0,41	0,35	0,01	3,28	14,6	0,1
224103	48,27	0,98	14,57	14,28	0,21	1,04	8	3,59	0,76	0,28	0,01	8,9	7	0,05
224104	50,08	1,48	13,24	17,56	0,21	3,12	7,86	2,7	1,51	0,24	0,015	1,8	2,5	0,1
224105	50,1	1,28	12,9	19,82	0,23	2,13	8,78	3,03	0,48	0,27	0,011	1,9	2	0,1
22510	51,61	1,57	11,17	16,9	0,19	3,34	10,82	3	0,2	0,34	0,011	1,5	0,9	0,4
225102	52,05	1,51	11,13	16,28	0,19	3,21	11,62	3	0,13	0,27	0,01	1,3	0,7	0,05
225103	53,77	0,81	13,19	12,79	0,19	4,56	8,92	3,59	0,29	0,22	0,01	1,78	2,9	0,05
225104	50,25	1,54	12,16	17,25	0,22	4,68	8,8	3,1	0,26	0,31	0,01	1,4	4,2	0,1
22610	51,47	0,95	12,91	15,52	0,22	3,03	9,92	3,1	0,25	0,29	0,01	2,8	13,1	0,05
226102	51,28	1,32	13,04	17,89	0,28	2,53	7,75	2,5	0,47	0,44	0,01	3,2	14,2	0,1
226103	50,23	1,53	14,68	17,33	0,26	2,1	7,54	2,7	0,95	0,31	0,01	3,34	5,9	0,05
226104	48,62	1,72	14,24	14,66	0,21	4,89	8,96	3,1	0,49	0,31	0,012	2,56	2,9	0,1
226106	48,08	1,95	14,03	14,36	0,2	5,33	9,46	3,59	0,22	0,38	0,011	2,26	0,8	0,1
226107	49,19	2,04	13,88	15	0,2	4,29	9,62	3,59	0,33	0,32	0,01	2,1	0,8	0,2
226108	47,32	2,15	13,35	15,36	0,21	5,68	10,24	2,7	0,35	0,41	0,013	2	0,6	0,05
226110	47	1,34	13,85	19,64	0,24	2,23	10,28	2,5	0,21	0,39	0,019	3	6,9	0,1