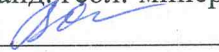


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)
Геолого-географический факультет
Кафедра петрографии

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ В ГЭК
Руководитель ООП
канд. геол.-минерал. наук, доцент
 И.В. Вологодина

« 09 » июня 2022 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

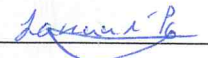
ПЕТРОЛОГИЯ УЛЬТРАМАФИТОВЫХ МАССИВОВ ГОР СЕВЕРНОЙ, ЗЕЛЕННОЙ,
БАРХАТНОЙ (КУЗНЕЦКИЙ АЛАТАУ)

по направлению подготовки 05.03.01 Геология
направленность (профиль) «Геология»

Рагозин Даниил Дмитриевич

Руководитель ВКР
канд. геол.-минерал. наук, доцент
 Т.С. Краснова

« 09 » июня 2023 г.

Автор работы
студент группы № 021901
 Д.Д. Рагозин

« 09 » июня 2023 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 Геологическое строение района	4
1.1 Геологическая характеристика массивов гор Северной, Зеленой, Бархатной.....	4
1.2 Стратиграфия.....	6
1.3 Магматизм.....	11
1.4 Тектоника.....	12
2 Петрографическое описание пород исследуемых массивов	15
2.1 Дуниты.....	15
2.2 Хромититы.....	17
3 Петрохимическая характеристика пород массивов	19
4 Особенности минералогического состава.....	23
4.1 Оливин	23
4.2 Хромшпинелиды	24
5. Оценка температур оливин-хромшпинелевых равновесий.....	29
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	31
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	32
Приложение А Химический состав пород гг. Северной, Зеленой и Бархатной.....	34
Приложение Б Химический состав оливинов в ультрамафитах гг. Северной-Зеленой и Бархатной	36
Приложение В Химический состав хромшпинелидов в ультрамафитах гг. Северной-Зеленой и Бархатной.....	38

ВВЕДЕНИЕ

Выпускная квалификационная работа бакалавра посвящена петрографической, петрохимической и геохимической характеристике ультрамафитовых пород массивов гор Северной, Зеленой, Бархатной. Работа написана по материалам, предоставленным доцентом кафедры петрографии, канд. геол.-минерал. наук И.Ф. Гертнером.

Целью работы является изучение петрологической характеристики пород ультрамафитовых массивов. Для достижения поставленной цели были выполнены такие задачи, как: систематизация и анализ геологической информации по изучаемому району и объекту исследования; петрографическая типизация и установление особенностей петрогеохимического и минералогического состава образцов ультрамафитов.

В ходе исследования было изучено геологическое строение массивов, проведена диагностика породообразующих минералов по набору их оптических свойств, на основе изучения прозрачных шлифов на поляризационном микроскопе с применением данных по геохимии выполнена типизация рассматриваемых пород, проинтерпретированы результаты геохимических анализов.

Автор выражает особую благодарность своему научному руководителю Красновой Татьяне Семеновне, кандидату геолого-минералогических наук, доценту Гертнеру Игорю Федоровичу, ассистенту кафедры петрографии Крыловой Вере Алексеевне за помощь в написании данной работы.

1 Геологическое строение района

Алтае-Саянская складчатая область, сформировавшаяся в результате коллизии нескольких разновеликих террейнов, представленных как континентальными блоками, так и фрагментами островодужных систем, отличается крайней неоднородностью своего строения и включает складчатые сооружения различного геологического возраста: байкальские, каледонские, герцинские и киммерийские [7]. Относительно древняя структура Кузнецкого Алатау, имея общее субмеридиональное простирание, занимает западную часть АССО. На юге она переходит в элементы Горного Алтая, а на севере погружается под мезозойско-кайнозойский чехол Западно-Сибирской плиты. На востоке эта система отделяется от Восточного Саяна областью среднепалеозойских межгорных впадин (Северо- и Южно-Минусинская и др.), на западе - Кузнецким каменноугольным бассейном от Салаира и Обь-Зайсанских герцинид [10].

Характерной особенностью данной территории является крайне невыдержанное по латерали развитие интенсивно дислоцированных позднепротерозойских и кембрийских карбонатно-терригенно-вулканогенных образований, а также субконтинентальных среднепалеозойских вулканогенно-осадочных отложений, обусловленное неоднократной тектонической активностью и заложением многочисленных разломов северо-западного, субмеридионального и северо-восточного простирания [1].

Кузнецкий Алатау в структурном плане характеризуется достаточно выраженным коленообразным изгибом, имея на юге север-северо-восточное, а на севере - северо-западное простирание. В тектоническом отношении данный район представляет собой сложно дифференцированную структуру, включающую выступы докембрийского фундамента, систему прогибов и поднятий раннекаледонского орогена, а также наложенные среднепалеозойские впадины грабен-синклинального типа [6].

1.1 Геологическая характеристика массивов гор Северной, Зеленой, Бархатной

Ультрамафитовые массивы гор Бархатной и Северной-Зеленой представляют собой тектонизированные фрагменты единого офиолитового парагенеза. Породы исследуемого офиолитового парагенеза формируют погружающуюся на север подковообразную синформу, в которой наиболее крупные фрагменты дунит-гарцбургитового комплекса - массивы гор Северной-Зеленой (СЗМ) и Бархатной (БМ), слагают краевые ветви, а

замковая часть представлена мощной зоной серпентинитового меланжа с небольшими реликтовыми блоками гипербазитов. По геофизическим данным предполагается достаточно крутое падение ультрамафитовых тел навстречу друг другу [8]. Пространственная и геологическая позиция СЗМ указывает на более низкий гипсометрический уровень залегания слагающих его пород в сводном разрезе реститового дунит-гарцбургитового комплекса по сравнению с БМ, где картируются локальные зоны хромитового оруденения [6].

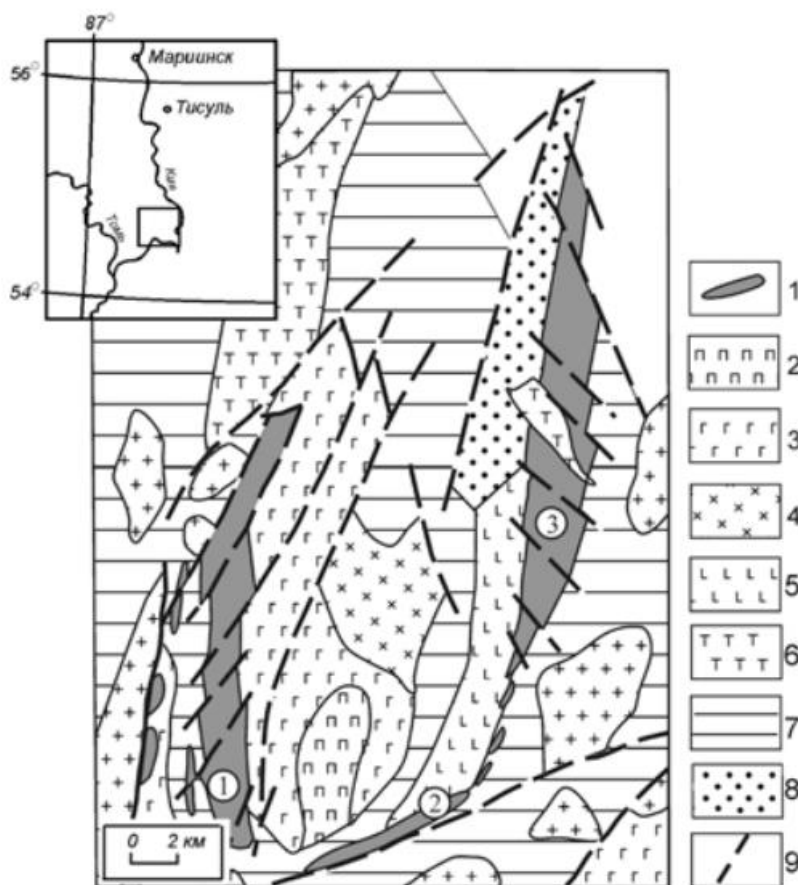


Рисунок 1 – Схема геологического строения офиолитового парагенеза гор Северной, Зеленой, Бархатной и Заячьей (составлена Т.С. Красновой) [6]

- 1 – ультрамафитовые массивы (1 – гор Северной-Зеленой, 2 – Заячьей, 3 – Бархатной); 2 – пироксениты и габбро-пироксениты; 3 - гнейсовидные и полосчатые габброиды; 4 – лейко-габброиды и габбро-диориты; 5 – габбро-диабазы и диорит-диабазы субвулканического комплекса; 6 – интрузии субщелочных габброидов;
- 7 – субокеанические и окраинно-континентальные осадочные толщи;
- 8 – ордовикские и девонские субконтинентальные осадки дейтерогенных впадин;
- 9 – тектонические нарушения.

Внутренняя часть офиолитового парагенеза выполнена породами основного состава с широким спектром петрографических типов – от габбро-перидотитов и

пироксенитов до лейкоабброидов и диоритов, а также локальными фрагментами рифей-вендских терригенно-карбонатных отложений и узким клиновидным блоком девонских вулканогенных осадков Растайского грабена [6].

Ультрамафитовые массивы образуют плитообразные тела, вытянутые в субмеридиональном направлении на 20-25 км при ширине 1-3 км. Их внутреннее строение нарушено секущими разломами сбросо-сдвигового типа. При этом для БМ характерны нарушения северо-западного, а для СЗМ – северо-восточного простирания. Набор петрографических видов в составе массивов является типичным для альпинотипных гипербазитов и включает гарцбургиты, дуниты и их серпентинизированные разности [6].

1.2 Стратиграфия

В геологическом строении изучаемой площади принимают участие различные протерозойские, фанерозойские отложения

Протерозойская акротема (PR)

Верхнепротерозойская эонотема (PR₂)

Верхнерифейская эратема (RF₃)

Белоиюсская? свита (RF_{3bi}?)

Вендская система (V)

Прокопьевская свита (Vpr)

Растайская свита (Vrs)

Фанерозойская эонотема (PH)

Палеозойская эратема (PZ)

Кембрийская система (Є)

Нижний отдел (Є₁)

Усть - анзасская свита (Є_{1un})

Нижнеусть – анзасская подсвита (Є_{1un1})

Среднеусть – анзасская подсвита (Є_{1un2})

Верхнеусть – анзасская подсвита (Є_{1un3})

Усинская свита (Є_{1us})

Полтавская свита (Є_{1pl})

Средний отдел (Є₂)

Берикульская свита (Є_{2br})

Девонская система (D)

Нижний отдел (D₁)

Палатнинская свита (D_{1pl})
 Базырская толща (D_{1bz})
 Мезозойская эратема (MZ)
 Юрская система (J)
 Нижний отдел (J_1)
 Макаровская свита (J_{1mk})
 Средний отдел (J_2)
 Итатская свита (J_{2it})
 Нижнеитатская подсвита (J_{2it_1})
 Верхнеитатская подсвита (J_{2it_2})
 Средний–верхний отделы (J_{2-3})
 Тяжинская свита (J_{2-3tz})
 Меловая система (K)
 Нижний отдел (K_1)
 Илекская свита (K_{1il})
 Нижнеилекская (алташская) подсвита (K_{1il_1})
 Кайнозойская эратема (KZ)
 Четвертичная система (aQII-n)

Верхний протерозой

Верхний рифей

Белоиусская? свита ($RF_{3bi}?$) образования выделены условно на северном берегу оз. Бол. Берчикуль в пределах небольшого Шамаракского блока, отграниченного с севера Терсино-Талановским, с востока Кургусульским, с юга Берчикульским, с запада безымянным разломами. Свита сложена рассланцованными базальтами с прослоями амфиболовых и кремнистых сланцев, глинистых известняков. Локально развиты сланцы с андалузитом. Мощность свиты 850 м. Органических остатков в породах свиты не обнаружено [3].

Вендская система

Прокопьевская свита (V_{pr}) отложения участвуют в строении Кийской и Кийкинской антиклиналей, распространены в правобережье р. Кия ниже пос. Московка, в бассейнах рр. Колбушка-2, Кийка, Каштак. В составе свиты преобладают серые, темно-серые известняки мраморизованные, известняки глинистые, антраконитовые, кремнистые с прослоями и линзами микрокварцитов (фтанитов), углеродисто-кремнистых и

углеродисто-кремнисто-глинистых сланцев. Мощность свиты 1100 м. Органические остатки представлены *Yussenia sp* [3].

Растайская свита (Vrs) отложения распространены вдоль р. Кия от пос. Макаракий на севере, до пос. Московка – на юге, а также в бассейне р. Колбушка-2. Представлена доломитами известковистыми, известково-глинистыми, кремнистыми, реже – известняками, в том числе глинистыми и доломитистыми. Отмечаются прослои карбонатных осадочных брекчий, кварцитов, углеродисто-кремнисто-глинистых и известковоглинистых сланцев, изредка – туфов и лав базальтов. Мощность свиты 985 м. В карбонатных породах свиты выявлены микрофитолиды и микрофоссилии [3].

Кембрийская система (Є)

Нижний отдел (Є₁)

Усть - анзасская свита (Є_{1un}) выделена в районе пос. Макаракий и Комсомольский и к западу от пос. Московка. Представлены известняками, базальтами и их туфами, известковыми песчаниками, туфопесчаниками и туфоалевролитами, кремнисто-глинистыми сланцами, кварцитами, редко – доломитами. По особенностям литологического состава она расчленяется на три подсвиты: нижнюю, среднюю и верхнюю. Органические остатки представлены: *Osagia tenuilamellata* Reitl., *O. minuta* Z. Zhur., *Gleocapsella sp.* и др [3].

Нижнеусть – анзасская подсвита (Є_{1un1}) разрез нижней подсвиты изучен по левому берегу р. Кия, ниже пос. Макаракий. В составе нижней подсвиты преобладают известняки глинистые с примесью вулканогенного материала, с маломощными прослоями кремнисто-глинистых сланцев, реже – туфоалевролитов. Мощность подсвиты составляет 395 м.

Среднеусть – анзасская подсвита (Є_{1un2}) представлена в правобережье р. Кия ниже пос. Макаракий. Подсвита сложена туфопесчаниками, глинистыми известняками, туфоалевролитами, туфами трахибазальтов с прослоями известняков, кремнисто-глинистыми сланцами. Мощность подсвиты 545 м.

Верхнеусть – анзасская подсвита (Є_{1un3}) распространены в районе пос. Макаракий и Комсомольский, представлены туфопесчаниками, туфами трахибазальтов, трахибазальтами. Мощность верхней подсвиты по разрезу – 500 м.

Усинская свита (Є_{1us}) распространены в междуречье рр. Колбушка 1-я, Колбушка 2-я; в бассейне р. Тисулька, восточнее оз. Бол. Берчикуль, в бассейнах рр. Урюп, Яковлевка, Сунгуол. Они представлены органогенными и хемогенными известняками, прослоями мергелей, реже – кремнистых и известняковых алевролитов и песчаников с примесью вулканогенного материала. Мощность свиты 2100 м. Органические остатки представлены

трилобитами: *Elganellus cribus* Rep., *Mundocephalina pervulgata* Rep., *Resimopsis basaichica* Rep., и др [3].

Полтавская свита (Є_{1pl}) выделена В. К. Моничем в 1941 г. в центральной части Кузнецкого Алатау. Свита представлена конгломератами, гравелитами, песчаниками и алевролитами с редкими маломощными прослоями известняков, локализованные в истоках рр. Обьюл, Березовая, Яковлевка, отложения левобережья р. Кия представлены туфоалевролитами, туфопесчаниками, алевролитами с линзами и прослоями туфов базальтов. Мощность свиты 1265 – 565 м. Органические остатки представлены трилобитами *Serrodiscus* sp., *S. levis* Rep., *S. fossuliferrus* Rep. и др [3].

Средний отдел (Є₂)

Берикульская свита (Є_{2br}) распространены на водоразделах рр. Мал. Дудет, Кия, Бол. и Мал. Белокаменка, в верховьях рр. Дудет, Мал. Тулуял, Яковлевка. Сложена лавами и туфами трахибазальтов, с прослоями и линзами туфоалевролитов, туфопесчаников. Присутствуют единичные потоки риодацитов. Мощность свиты 1475 м. Палеонтологическая характеристика свиты отсутствует, среднекембрийский возраст принят согласно серийной легенде, обосновывается согласным залеганием на отложениях полтавской свиты [3].

Девонская система (D)

Нижний отдел (D₁)

Палатнинская свита (D_{1pl}) породы локализованы в двух небольших тектонических блоках в лево- и правобережье р. Кия в районе пос. Макаракский, а также слагают покровную структуру в верховьях р. Колбушка-2. Свита сложена базальтами, трахиандезибазальтами, реже – трахиандезитами. В виде прослоев и линз присутствуют туфы базальтоидов, туфогравелиты, туфопесчаники, туфоалевролиты и конгломераты. Мощность свиты 1085 м. В отложениях свиты собраны остатки раннедевонских остракод.

Базырская толща (D_{1bz}) осадочно-вулканогенные образования распространены на западной и южной окраинах Северо-Минусинской впадины, сложена базальтами и трахибазальтами, реже – андезибазальтами, андезитами, трахиандезитами, трахитами с редкими прослоями и линзами туфов, туфоконгломератов, туфопесчаников, туфогравелитов. Мощность толщи по разрезу 1200 м. Органических остатков в породах толщи не обнаружено.

Юрская система (J)

Нижний отдел (J₁)

Макаровская свита (J_{1mk}) выходы отложений прослеживаются вдоль юго-восточного края Чулымо-Енисейской впадины. Свита сложена песчаниками,

конгломератами, гравелитами, реже – алевролитами и аргиллитами с маломощными пластами бурых углей. Общая мощность макаровской свиты достигает 120 м. Органические остатки представлены пылью *Quadraeculina limbata* Mal., спорами: *Tripartina variabilis* Mal., *Stereisporites compactus* (Bolch.) Il. и др., флорой: *Equisetites* sp., *Equisetostachys sibiricus* (Heer) Nath., *Ginkgo sibirica* Heer и др [3].

Средний отдел (J₂)

Итатская свита (J₂it) объединяет среднеюрские угленосные отложения, распространенные в южной части Чулымо-Енисейской впадины. По литологическому составу она подразделяется на нижнюю и верхнюю подсвиты. Органические остатки представлены спорами: *Cyathidites australis* Coup., *C. minor* Coup., *Osmundacidites* sp., *Tripartina variabilis* Mal., *Obtusisporis junctus* (K.-M.) Росок и др [3].

Нижнеитатская подсвита (J₂it₁) отложения широко распространены к северо-востоку от оз. Бол. Берчикуль и к северу от д. Большепичугино. Подсвита сложена переслаивающимися серыми алевролитами и аргиллитами, реже – серыми полимиктовыми песчаниками, вмещающими маломощные пласты бурого угля, светло-серыми и серыми кварц-полевошпатовыми песчаниками. Мощность подсвиты 270 м.

Верхнеитатская подсвита (J₂it₂) отложения подсвиты представлены бурым углем, слагающим продуктивный Итатский пласт, углистыми алевролитами и аргиллитами, темно-серыми и почти черными плотными аргиллитами, серыми однородными алевролитами и полимиктовыми песчаниками. Мощность подсвиты достигает 250 м.

Средний–верхний отделы (J₂₋₃)

Тяжинская свита (J₂₋₃tz) отложения распространены в южной части Чулымо-Енисейской впадины. Свита сложена неритмично переслаивающимися алевролитами, аргиллитами, песчаниками. Присутствуют редкие и маломощные пласты бурого угля, прослой углистых аргиллитов. Мощность свиты колеблется от 30 до 150 м. Органические остатки представлены спорами *Gleichenia triplex* Bolch., пылью *Glassopollis* и *Caytonia oncodes* (Harris) Bolch [3].

Меловая система (K)

Нижний отдел (K₁)

Илекская свита (K₁il) распространена в пределах Чулымо-Енисейской впадины в бассейнах рр. Кия, Серта и Тяжин. Представлена пестроцветными полимиктовыми песками, песчаниками, алевролитами и аргиллитами с повышенной карбонатностью. По литологическому составу свита подразделена на ниже-, средне- и вышеилекскую подсвиты.

Нижнеилекская (алташская) подсвета (K_{1il_1}) образования подсветы прослеживаются от д. Владимировка на восток. Представлены слабо сцементированными мелко- и среднезернистыми известковистыми песчаниками с прослоями пестроцветных алевролитов и аргиллитов. В основании разреза залегают линзы конгломератов, состоящих из галек кремней. Мощность подсветы от 80 до 120 м. В отложениях верхнеилекской подсветы встречаются остатки раннемеловых остракод: *Timiriasevia crustiformis* Mand., *Cyprideae consulta* Mand., *C. sulcata* Mand [3].

Четвертичная система (аQII-н)

Аллювиальные отложения (аQII-н) показаны на геологической карте в пределах речных долин, где их мощность 5–28 м и отражение геологического строения фундамента под ними не представляется возможным. Повсеместно они сложены аллювием пойм и надпойменных террас. Их расчленение показано на карте четвертичных образований, а описание состава и строения приводятся выше [3].

1.3 Магмазитзм

В геологическом строении исследуемой территории принимают участие интрузивные породы, занимающие большую площадь, сформированные в течение длительного времени – от позднего рифея до мезозоя.

Ранний венд-раннекембрийский этап связан с формированием магматических комплексов, традиционно объединяемых в офиолитовую ассоциацию [4; 2]. Сюда могут быть отнесены бархатный гипербазитовый (ранее известный как Терсинский или Саланский), Усинский верлит-клинопироксенит-габбровый и Московский перидотит-пироксенит-габбровый, Кундустуюльский и буюнский габбро-диорит-диабазовые, Котласский и Устьянзасский metabазальтовые комплексы, а также вулканогенные и кремнистые осадки венд-нижнекембрийских толщ [6]. В целом перечисленные комплексы отличаются относительно невысокой степенью дифференцированности с преобладанием низкощелочных, часто высокомагнезиальных, пород преимущественно толеитовой специализации [5].

Второй этап магматизма охватывает в основном средний кембрий и связан с формированием наиболее полно дифференцированных известково-щелочных серий с широким участием пород среднего и кислого состава. Начинается он интенсивными вулканическими излияниями (Единисский дацит-андезит-базальтовый и Берикульский риодацит-базаль-трахибазальтовый комплексы), проявление которых связывается с активизацией островодужной системы. Вблизи развития фрагментов офиолитовой

ассоциации (бассейн р. Кийский Шалтырь) преобладают относительно высокомагнезиальные базальты с натровым уклоном, а по мере удаления на север (бассейн руч. Берикуль) увеличивается роль кислых и субщелочных разностей с повышенными содержаниями K_2O [6].

Более поздние стадии среднекембрийского магматизма фиксируются в становлении крупных полиформационных интрузий пестрого состава, объединяющих широкий спектр разновидностей от пироксенитов и габброидов до гранитоидов. Согласно взглядам С.П. Шокальского с соавторами, среди данных образований выделяются Таскыльский пироксенит-габбровый, Почитанский пироксенит-габбронорит-габбровый, Мартайгинский габбро-диорит-гранодиоритовый и Малодудетский монцогаббро-монцодиоритовый комплексы, для которых предполагается близкий возрастной интервал формирования [5].

Третий этап магматизма выделяется с определенной долей условности, ограничиваясь временным промежутком от позднего кембрия до раннего ордовика. Его проявление фиксируется становлением синиверсионных батолитов тигертышского гранитного комплекса, тяготеющих к наиболее устойчивым (тыловым) блокам вулканоплутонического пояса. Возраст этих пород, определенный уран-свинцовым и рубидий-стронциевым изотопными методами, соответствует интервалу 510-470 млн. лет [6].

1.4 Тектоника

Исследуемая территория расположена в северо-западной части Алтае-Саянской каледонской складчатой области и охватывает область сочленения структур Алтае-Саянской каледонской складчатой области и Западно-Сибирской мезозойско-кайнозойской плиты [3].

Выступы позднерифейско-ранневендского основания образованы позднерифейско-ранневендским структурно-вещественным комплексом байкалит, включающим дислоцированные и метаморфизованные образования позднерифейского белоиносского (Шамаракский блок) и ранневендского сынныгского (северное окончание Среднетерсинского блока) вулканических комплексов, дифференцированные тела габброидов московкинского, гипабиссальные интрузии кундусуюльского комплексов и небольшие тела ранневендских плагиогранитоидов. Они повсеместно имеют тектонические ограничения [3].

Алтае-Кузнецкая каледонская складчатая система представлена Центрально-Мартайгинским блоком, граничащими по Кожуховскому разлому северо-восточного простирания. В пределах Центрально-Мартайгинского блока выходы наиболее древних вендских карбонатных, сланцево-карбонатных и вулканических пород (прокопьевская, малорастайская, растайская свиты) тяготеют к западной части. Омоложение разреза наблюдается в восточном направлении, где в бассейнах рек Мокрый и Сухой Берикуль, Дудет он сложен ранне- и среднекембрийскими вулканогенными (усть-анзасская и берикульская свиты), терригенными (полтавская свита), рифогенными и сланцево-известняковыми (усинская и устькундатская свиты) комплексами. Далее на восток они перекрываются девонскими образованиями Северо-Минусинской впадины. Стратифицированные образования салаирид прорваны многочисленными габбро-гранитоидными интрузиями малодудетского и карнаюльского комплексов, внедрение которых приурочено к рубежу кембрия и ордовика, а также более молодыми образованиями [3].

Герцинские наложенные структуры связаны с активными тектономагматическими процессами в смежных Кузнецком, Минусинском прогибах и Обь-Зайсанской складчатой области в среднем палеозое.

Раннедевонский структурный ярус сформирован эмскими трахит-трахиандезит-трахибазальтовой (палатнинская и белоосиповская свиты) и щелочно-базальтовой (базырская, берешская и ашпанская толщи) ассоциациями с маломощной красноцветной терригенной толщей (устькундусуюльская свита) в основании. Образования палатнинской и белоосиповской свит локализованы к западу от Терсинско-Талановского разлома, выполняют Осинový и Макараческий грабены, слагают восточную окраину Палатнинской вулcano-тектонической структуры и Владимировскую моноклиналъ, характеризуются моноклиналъным залеганием. С раннедевонским этапом связано становление гипабиссальных интрузий горячегогорского, карадатского, чебулинского комплексов повышенной щелочности [3].

Западно-Сибирская мезозойско-кайнозойская плита представлена структурой Чулымо-Енисейской впадины, состоит из юрского, мелового и кайнозойского структурных ярусов.

Юрский структурный ярус образован сероцветной терригенной угленосной формацией ранней-поздней юры (макаровская, иланская, итатская, тяжинская свиты) мощностью около 900 м, характеризуется пологим (2–5°) моноклиналъным падением слоев, осложненным конседиментационными мульдами и валами с падением пород на

крыльях под углом около 10°. Стратифицированные образования яруса прорваны редкими дайками порфировых долеритов [3].

Меловой структурный ярус трансгрессивно налегает на размытую поверхность юрских отложений. Он сложен пестроцветными мелкообломочными песчано-глинисто-алевритовыми озерно-аллювиальными фациями (илекская и кийская свиты) мощностью около 600 м, с проявлениями переотложенных зрелых кор выветривания.

Кайнозойский структурно-вещественный комплекс отделен структурным несогласием и перерывом в осадконакоплении от подстилающих мезозойских и палеозойских образований, представлен недислоцированными делювиально-пролювиальными, озерно-аллювиальными, аллювиальными и эоловыми фациями неоген–четвертичного возраста [3].

2 Петрографическое описание пород исследуемых массивов

В данном разделе приводится петрографическое исследование пород (дунитов, хромититов) ультрамафитовых массивов гор Северной, Зеленой, Бархатной. Ниже подробно рассмотрены данные разновидности пород.

2.1 Дуниты

При микроскопическом изучении дуниты имеют весьма разнообразную структуру – от панидиоморфозернистой до гетерогранобластовой. Количественно-минералогический состав имеет следующие соотношения: основную массу породы составляет оливин – 80-90%; хромшпинелид – 5-20%; серпентинизация занимает – 5-10%.

Оливин является главным породообразующим минералом и составляет основную массу породы. Представлен в виде зерен субизометричной, удлиненной, линзовидной формы с неравномерными зазубренными краями. Зерна разбиты многочисленными трещинами. Размер зерен варьируется от 1 до 4 мм, при одном никеле бесцветные, прозрачные, в скрещенных отмечаются яркие цвета интерференции ($N_g-N_p \approx 0,035$). Отмечается отчетливым развитием отдельности по (010), реже по (100) и (001). Характеризуются выраженным неоднородным волнистым погасанием.

Хромшпинелид. Представлен в виде равномерно распределенных идиоморфных призматических и субизометричных, округлых вкрапленников, размером 0,2-0,3 мм, до 1-2 мм. Под микроскопом хромшпинелиды имеют темно-вишневый цвет, буро-коричневый. В измененных разностях (вследствие замещения магнетитом) - черный. В отдельных зернах отмечается зональное строение, выраженное в наличии у коричневых зерен краевой черной каймы замещения магнетитом. В скрещенных николях минерал изотропен

Образцы в разной степени серпентинизированы. Серпентин развивается по периферии зерен и трещинок оливина. Имеет игольчатые, радиально-лучистые индивиды антигорита. Отличается низкими серыми цветами интерференции ($N_g-N_p \approx 0,005$). Имеет прямое погасание по удлинению.

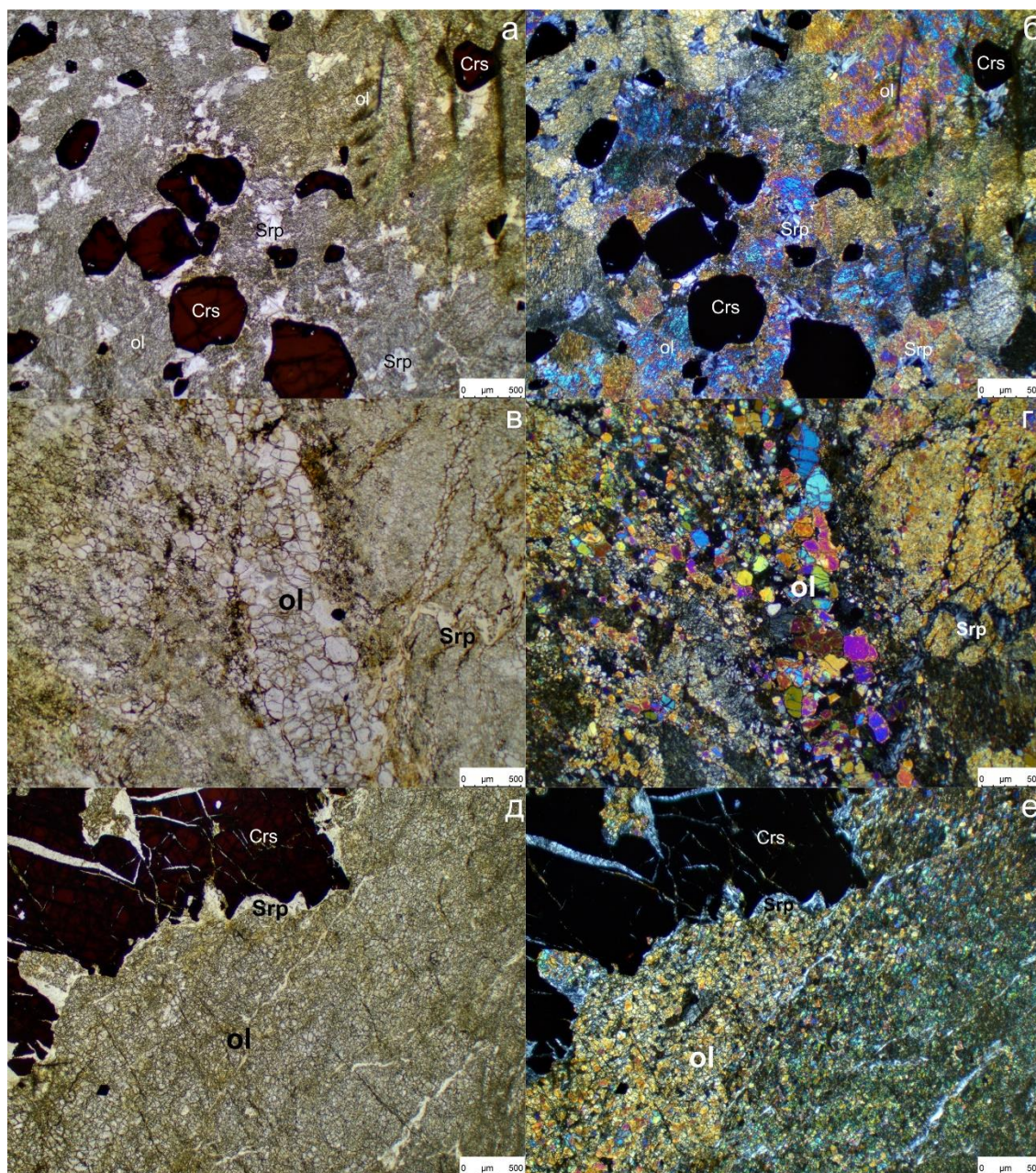


Рисунок 2 – Образцы дунитов, а, в, д – николи параллельны (П); б, г, е – николи скрещены (Х). Фото а, б и д, е – гетерогранобластовая структур фото в, г – панидиоморфозернистая структура
ol – оливин, crs – хромшпинелид, srp - серпентин

2.2 Хромититы

При микроскопическом изучении хромититы имеют грубо- и крупнозернистую структуру с изометричной, округлой формой зерен. Количественно-минералогический состав имеет следующие соотношения: хромшпинелид – 75-85% оливин, антигорит – 15-25%.

Хромшпинелид. Представляет собой преобладающий минерал в породе. Хромшпинелиды в одних случаях наблюдаются преимущественно в виде отдельных обособленных зерен, реже в виде их тесных срастаний. Размер зерен варьируется от 1 до 4 мм. Хромшпинелиды наблюдаются в виде разнообразных по форме зерен: от идиоморфных ромбовидных до субизометричных, округлых зерен. Хромшпинелиды имеют вишнево-красный цвет, а по краям и трещинкам – черный, вследствие замещения магнетитом. Мелкие индивиды обычно полностью черные. Зерна разбиты хаотичными трещинами.

Оливин. Представлен в виде зерен субизометричной, удлиненной, линзовидной формы с неравномерными зазубренными краями, бесцветные, прозрачные. Зерна разбиты многочисленными трещинами. Размер зерен варьируется от 1 до 3 мм. Имеет высокий рельеф, яркие цвета интерференции ($N_g-N_p \approx 0,035$). Характеризуются выраженным неоднородным волнистым погасанием.

Образцы в незначительной степени серпентинизированы. Серпентин развивается по периферии зерен и в трещинах оливина. Имеет игольчатые, радиально-лучистые индивиды антигорита. Отличается низкими серыми цветами интерференции ($N_g-N_p \approx 0,005$). Имеет прямое погасание по удлинению.

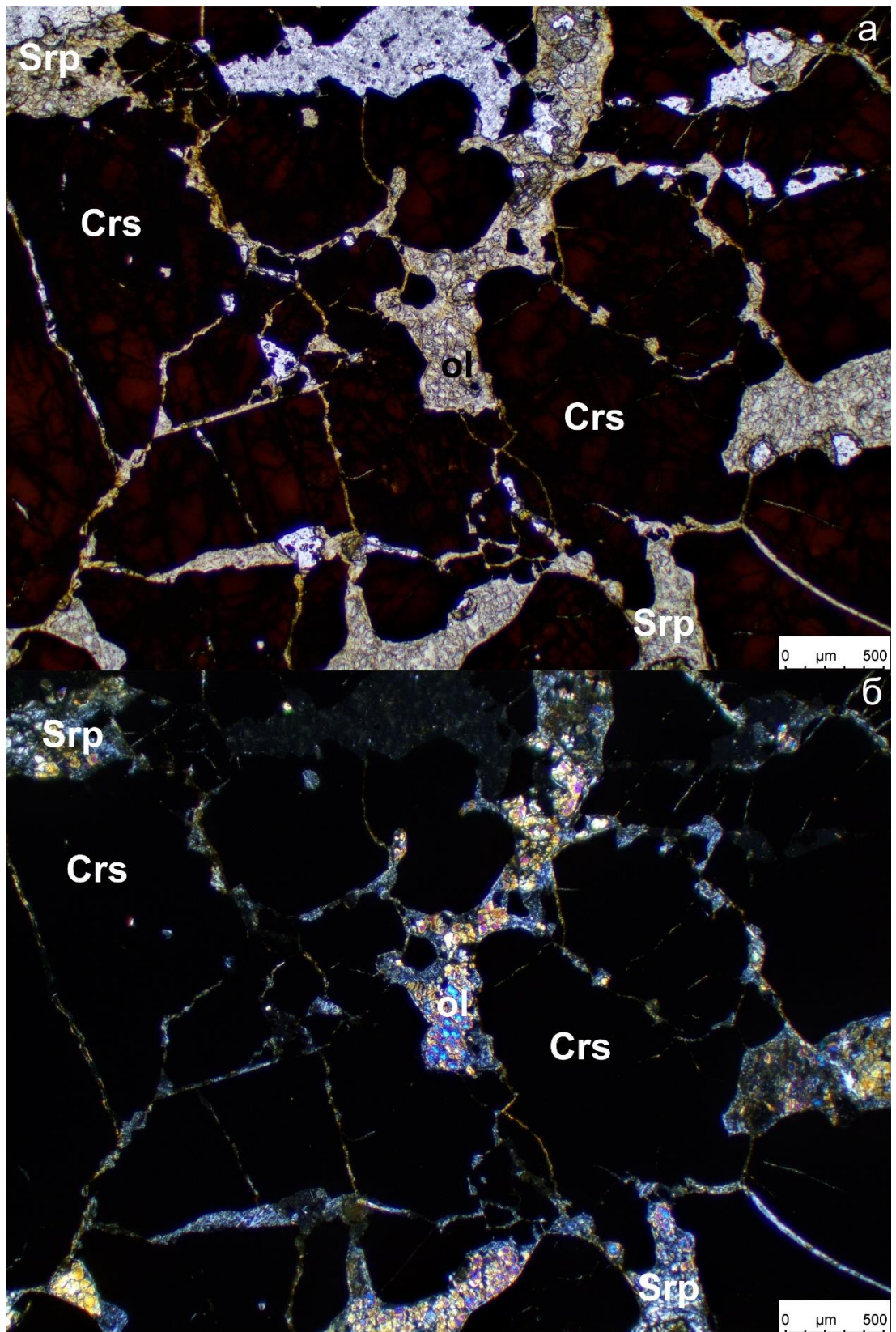


Рисунок 3 – Хромитит крупнозернистый, густовкрапленный, а – николи параллельны (II), б – николи скрещены (X)
 ol – оливин, crs – хромшпинелид, srp - серпентин

3 Петрохимическая характеристика пород массивов

Для распределения магматических пород по группам (по кремнекислотности) и по петрохимическим рядам (по степени щелочности), были построены бинарные диаграммы на основе рассчитанных коэффициентов, наглядно отражающих химический состав пород.

Для этого была использована бинарная TAS-диаграмма ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) – SiO_2 и $(\text{FeO}^*/\text{MgO})$ – SiO_2 . (Рисунок 4).

Таблица 1 – Химический состав ультрамафитов (в мас. %)

Образец	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	FeO^*	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O
Бх-5/5	37,85	0,025	0,85	8,677	0,27	46,02	0,05	0,08	0,01
Бх-7/8	39,56	0,025	1,7	8,243	0,26	42,85	0,05	0,05	0,01
Бх-10/2	39,72	0,025	0,97	7,52	0,23	44,4	0,05	0,05	0,01
Бх-32/3	38,35	0,025	1,09	7,421	0,22	43,95	0,42	0,03	0,01
Бх-34/2	40,55	0,025	1,21	8,315	0,27	45,76	0,6	0,05	0,01
Бх-34/5	38,44	0,025	1,21	9,097	0,23	45,02	0,78	0,08	0,01
Бх-34/9	36	0,025	1,7	7,269	0,24	43,95	4	0,03	0,01
Бх-34/13	37,73	0,025	0,85	7,176	0,26	16,2	42,4	0,08	0,01
Бх-34/16	12,08	0,11	10,5	16,359	0,11	16,2	42,4	0,08	0,01
Бх-34/10	40,15	0,025	0,61	9,102	0,26	45,96	0,58	0,03	0,01
Бх-34/4	39,58	0,025	1,21	7,985	0,24	43,69	0,58	0,13	0,24
ЗС-28/1	40,51	<0,03	0	7,101	0,124	46,3	0,09	0,34	0,04
ЗС-9/9	40,77	<0,03	0,11	6,777	0,128	46,15	0,1	0,34	0,04
ЗС-21/5	39,84	<0,03	0,13	6,489	0,112	45,96	0,21	0,34	0,04
ЗС-8/7	42,61	<0,03	0,86	9,954	0,101	38,99	0,19	0,64	0,07
ЗС-7/2	40,93	<0,03	0,26	6,462	0,11	42,88	0	0,34	0,04
ЗС-27/9	40,1	<0,03	0,46	6,804	0,114	42,37	0,12	0,34	0,06
ЗС-6/10	40,39	<0,03	0,34	7,074	0,134	43,98	0	0,34	0,04
ЗС-21/2	40,46	<0,03	0,3	6,741	0,131	45,36	0,04	0,2	0
ЗС-25/5	41,58	<0,03	0,46	7,704	0,136	41,94	0,08	0,2	0
ЗС-27/6	45,74	<0,03	0,93	10,296	0,159	39,08	0,33	0,2	0,07
ЗС-25/7	43,75	<0,03	0,37	5,499	0,082	40,08	0,02	0,2	0

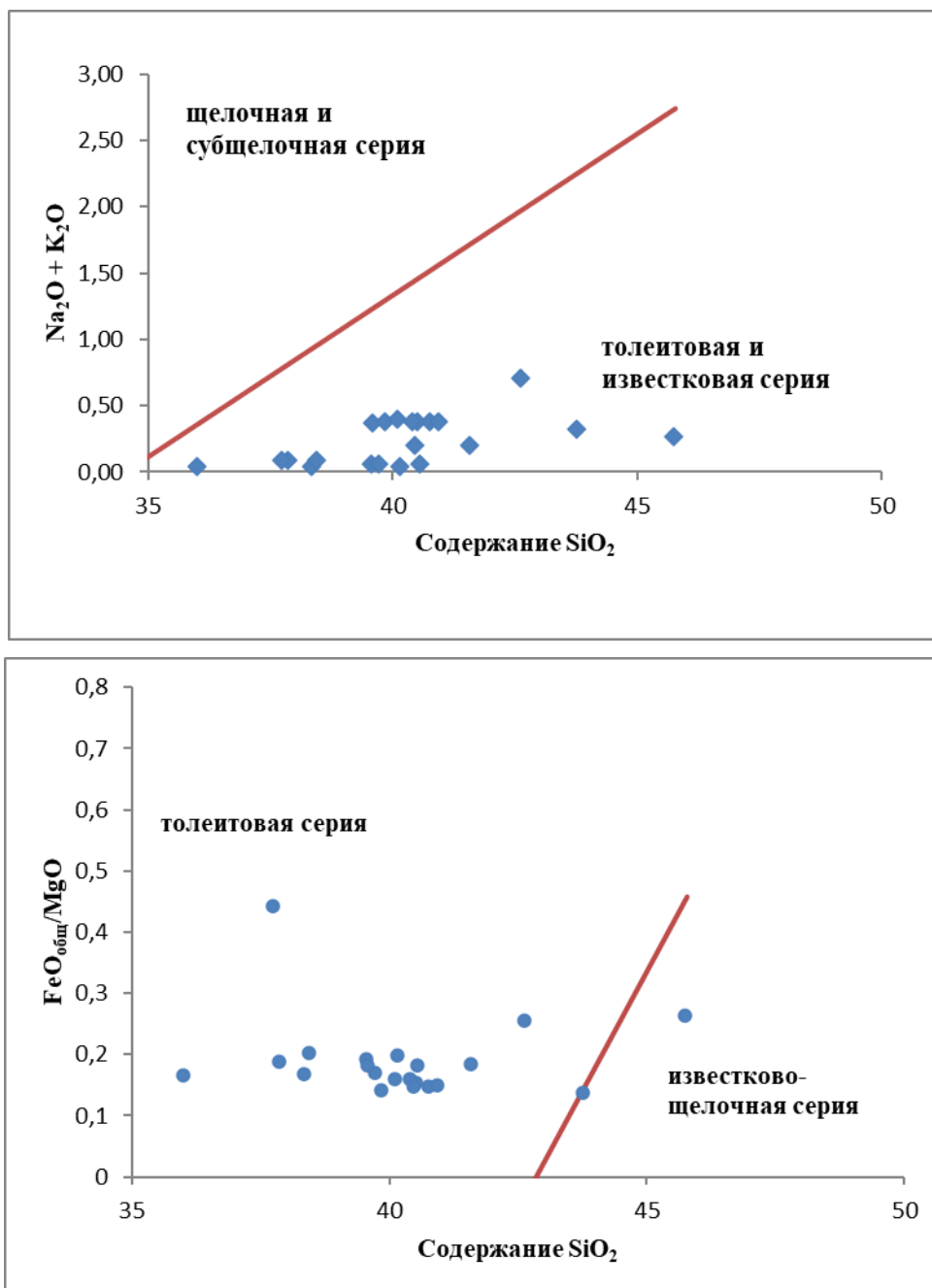


Рисунок 4 – Бинарные диаграммы распределения горных пород по щелочности и по содержанию суммарного железа

На диаграмме $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{SiO}_2$ видно, что все пробы лежат в толеитовой и известковой сериях. Породы соответствуют семействам ультраосновных. На диаграмме видно, что большинство пород попадают в поле с вариациями содержаний SiO_2 , примерно, от 37 до 47 %. По содержанию щелочей все породы варьируют до 0,5 %.

По итогу анализа пород по суммарному железу вышло, что породы массивов принадлежат толеитовой серии. Большая часть проб принадлежат толеитовой серии, а две пробы – известковой серии.

Далее породы были разделены по степени щелочности (Рисунок 5).

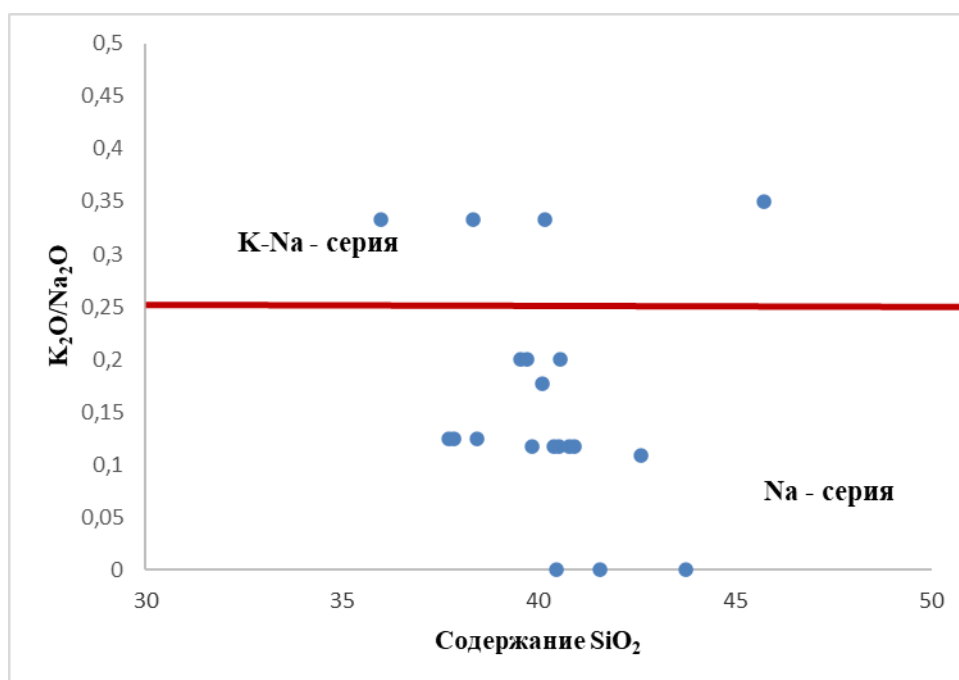


Рисунок 5 – Бинарная диаграмма разделения пород по степени щелочности

На диаграмме видно, что ультрамафитовая серия пород массивов ложится в поле натриевой серии, тогда как некоторые пробы попадают в область калий-натриевой серии.

Для характеристики эволюции химического состава пород в процессе их кристаллизации были построены бинарные диаграммы для основных петрогенных элементов (Рисунок 6).

В целом на большинстве диаграмм формируется отчетливый единый тренд, характеризующий поведение петрогенных элементов в процессе кристаллизации породной серии данных массивов.

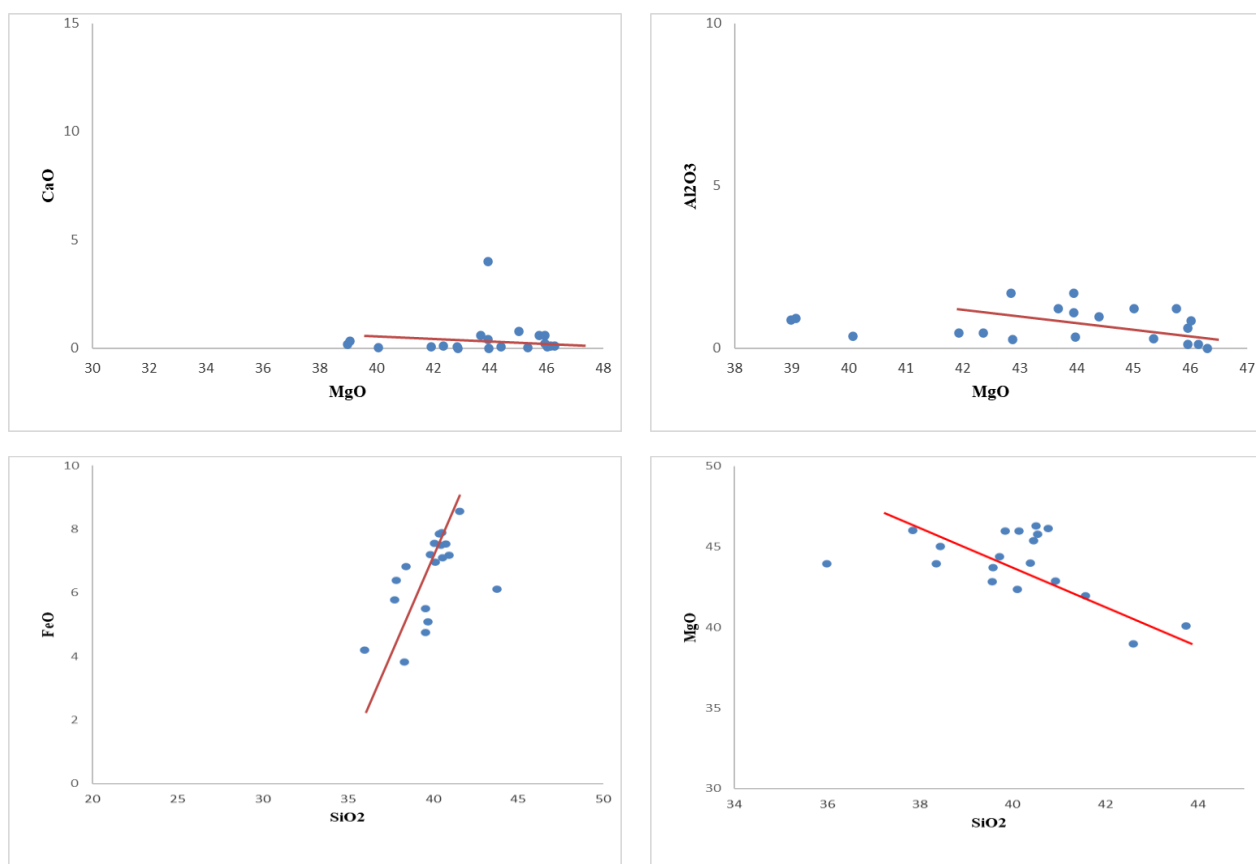


Рисунок 6 – Бинарные диаграммы FeO – SiO₂, Al₂O₃ – MgO, CaO – MgO, MgO – SiO₂

Таким образом, в процессе кристаллизации пород массивов гор Бархатной, Зеленой и Северной происходит увеличение содержаний магния и железа при уменьшении значений кальция, алюминия и кремния.

4 Особенности минералогического состава

При изучении минералогического состава ультрамафитов массивов гор Бархатной, Зеленой и Северной внимание уделялось химическому составу оливинов и хромшпинелидов.

4.1 Оливин

Состав оливина в ультрамафитах Бархатного массива представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Химический состав оливинов в ультрамафитах Бархатного массива (в мас. %)

Образец	SiO ₂	MgO	FeO	NiO	Сумма	Fa
Бх-5/5	41,1	49,73	8,17	0,384	99,55	8,36
Бх-34/4	41,3	49,68	9,08	0,314	100,47	9,22
Бх-34/5	41,26	50,32	7,51	0,353	99,52	7,66
Бх-34/2	41,31	50,1	8,03	0,377	99,98	8,18
Бх-34/10	41,96	52,18	5,6	0,291	100,2	5,63
Бх-34/9	41,36	50,76	6,76	0,321	99,36	6,89
Бх-34/16	41,55	51,55	6,1	0,441	99,78	6,17
Бх-34/13	41,2	50,31	7,62	0,429	99,69	7,76
Бх-10/2	40,88	50,26	8,15	0,36	99,78	8,26
Бх-7/8	41	49,92	8,59	0,374	100,02	8,73
Бх-32/3	40,62	49,97	8,45	0,351	99,51	8,59

Примечание – Fa – содержание фаялитового минала $[Fa (\%) = Fe / (Fe + Mg) \cdot 100]$

Оливин в ультрамафитах Бархатного массива по химическому составу соответствует форстериту с вариацией Fa=5,63–9,22%, при этом для оливинов массива характерны незначительные вариации NiO от 0,29 до 0,44 мас. %.

Таблица 3 – Химический состав оливинов в ультрамафитах гор Северной-Зеленой (в мас. %)

Образец	SiO ₂	MgO	FeO	NiO	Сумма	Fa
ЗС-21/2	41,15	50,912	6,76	0,413	100,01	6,87
ЗС-28/1	41,398	52,16	5,874	0,377	100	5,89
ЗС-25/5	41,561	49,98	7,604	0,257	99,99	7,79
ЗС-9/9	41,76	56,47	4,51	-	102,83	4,25
ЗС-21/5	41,78	51,78	6,05	0,317	100,01	6,10
ЗС-27/9	40,48	47,49	11,47	0,119	99,65	11,83
ЗС-27/6	40,17	47,74	11,5	0,298	100	11,80
ЗС-25/7	40,97	50,25	7,663	0,3	100	7,81
ЗС-7/2	41,91	53,673	3,96	0,244	100	3,94
ЗС-8/7	41,74	53,496	4,09	0,437	100,01	4,07
ЗС-6/10	41,45	51,192	6,704	0,289	99,99	6,78

Примечание – Fa – содержание фаялитового минала $[Fa (\%) = Fe / (Fe + Mg) \cdot 100]$

Оливин в ультрамафитах массива гор Зеленой-Северной по химическому составу соответствует форстерит с вариацией Fa=4,25–11,80%, при этом для оливинов массива характерны незначительные вариации NiO от 0 до 0,44 мас. %.

По своему составу оливины ультрамафитовых массивов являются практически аналогичными и близкими оливинам, в которых вариации Fa=4,25–11,80%, а содержания NiO от 0 до 0,44 мас. %.

4.2 Хромшпинелиды

Проведённые исследования показывают, что все проанализированные хромшпинелиды (таблица 4) характеризуются высокохромистым составом ($Cr_2O_3=38,5...62,5\%$). В химическом составе постоянно отмечается небольшое содержание NiO (до 0,5%). Хромшпинелиды в ультрамафитах массивов гор Бархатной, Северной, Зеленой имеют однородный химического состава.

Таблица 4 – Химический состав хромшпинелидов в ультрамафитах массивов гор Бархатной, Северной, Зеленой (в мас. %)

Образец	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MnO	MgO	NiO	Fe ₂ O ₃	FeO	Сумма
Бх-5/5	-	59,60	9,19	0,20	9,73	-	1,88	17,99	98,40
Бх-34/4	0,03	60,85	8,35	0,27	7,61	0,07	0,92	21,25	99,26
Бх-34/5	0,03	58,78	8,48	0,59	6,07	-	1,83	23,26	99,04
Бх-34/2	0,03	62,17	7,23	0,38	7,20	-	1,55	22,07	100,48
Бх-34/10	0,05	61,38	8,61	0,27	8,52	0,03	1,40	20,36	100,48
Бх-34/9	0,05	60,72	8,63	0,24	8,86	-	1,72	19,65	99,70
Бх-34/16	0,05	59,86	9,73	0,21	11,20	0,07	3,30	16,54	100,63
Бх-34/13	0,02	60,00	8,75	0,25	8,69	0,02	1,68	19,61	98,85
Бх-10/2	0,00	59,35	10,07	0,18	10,21	0,01	1,53	17,49	98,69
Бх-7/8	0,00	57,91	11,30	0,20	9,89	0,02	1,77	18,32	99,24
Бх-32/3	0,01	58,75	10,16	0,23	9,66	0,01	2,12	18,48	99,21
ЗС-21/2	0,01	61,15	7,38	0,68	7,06	-	1,61	21,61	99,50
ЗС-28/1	0,01	53,95	1,71	1,02	3,34	0,03	14,84	26,58	100,00
ЗС-25/5	0,00	54,96	11,87	0,37	6,99	-	3,14	22,99	100,00
ЗС-9/9	0,01	38,55	1,44	0,62	4,25	0,52	32,35	25,50	100,00
ЗС-21/5	0,01	56,26	7,14	0,27	6,20	0,03	5,75	22,98	98,06
ЗС-27/9	0,03	56,52	7,57	0,17	5,80	0,02	4,96	23,88	98,45
ЗС-27/6	0,00	56,11	8,70	0,32	6,64	-	5,67	23,12	100,00
ЗС-25/7	-	59,30	10,01	0,33	7,17	-	0,88	22,41	100,00
ЗС-7/2	-	63,28	7,83	0,53	10,36	-	1,13	16,98	100,00
ЗС-8/7	0,01	56,92	4,45	0,38	6,08	0,01	9,77	23,36	100,00
ЗС-6/10	0,00	41,52	0,55	0,54	2,44	0,16	29,23	28,48	100,00

В соответствии с классификацией Н.В. Павлова [9], в ультрамафитах Бархатного массива все хромшпинелиды по химическому составу соответствует субферриалюмохромитам, ровно также, как большая часть хромшпинелидов массива Северного-Зеленого массивов соответствует субферриалюмохромитам, также в значительно меньшем количестве отмечаются алюмохромиты и хромпикотиты (Рисунок 7).

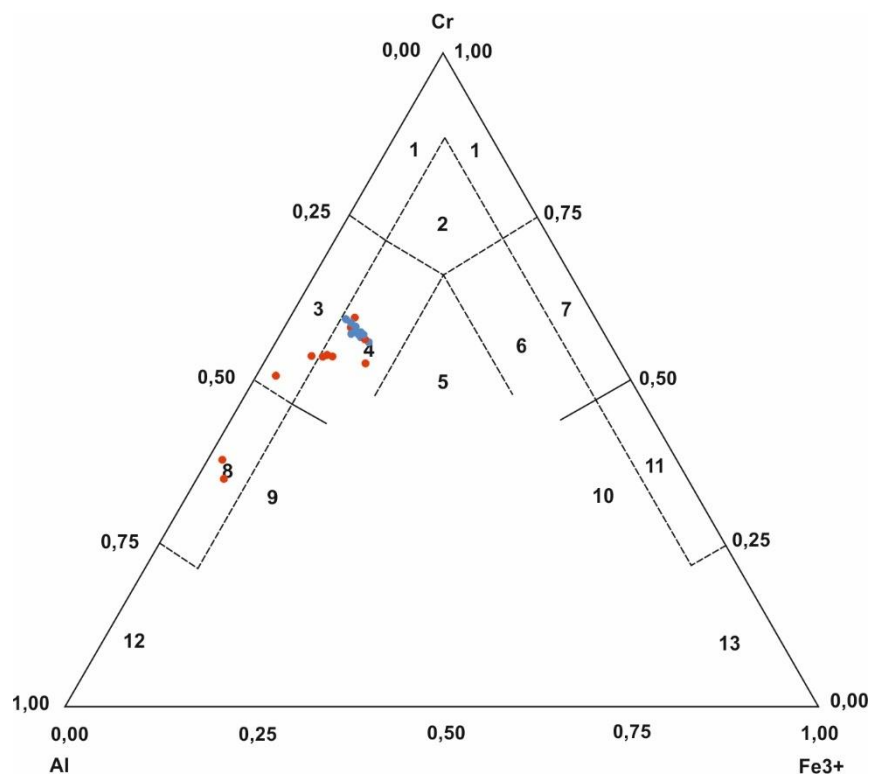


Рисунок 7 – Составы хромшпинелидов из ультрамафитов
на классификационной диаграмме Н.В. Павлова

Области на графике: 1 – хромиты, 2 – субферрихромиты,
3 – алюмохромиты, 4 – субферриалюмохромиты, 5 – ферриалюмохромиты,
6 – субалюмоферрихромиты, 7 – феррихромиты, 8 – хромпикотиты,
9 – субферрихромпикотиты, 10 – субалюмохроммагнетиты,
11 – хром магнетиты, 12 – пикотиты, 13 – магнетиты [10].

Примечание – Синие фигуративные точки – Бархатный массив; красные фигуративные точки – массив гор Северной, Зеленой.

Оценка химического состава хромшпинелидов с использованием полученных данных позволила определить степень частичного плавления мантийного субстрата при формировании пород массивов гор Бархатной, Зеленой, Северной. Согласно расчётам, указанные в таблице 5, с использованием химического состава хромшпинелидов, степень частичного плавления мантийного источника при формировании ультрамафитов варьируется в интервале 33–43%.

Таблица 5 – Степень частичного плавления мантийного субстрата при формировании ультрамафитов Бархатного, Северного, Зеленого массивов

Образец	Cr ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Cr#	Dmelt
Бх-5/5	59,60	9,19	81,32	36,18
Бх-34/4	60,85	8,35	83,02	36,91
Бх-34/5	58,78	8,48	82,31	36,60
Бх-34/2	62,17	7,23	85,23	37,85
Бх-34/10	61,38	8,61	82,71	36,77
Бх-34/9	60,72	8,63	82,52	36,69
Бх-34/16	59,86	9,73	80,50	35,83
Бх-34/13	60,00	8,75	82,15	36,53
Бх-10/2	59,35	10,07	79,82	35,54
Бх-7/8	57,91	11,30	77,47	34,54
Бх-32/3	58,75	10,16	79,51	35,41
ЗС-21/2	61,15	7,38	84,76	37,64
ЗС-28/1	53,95	1,71	95,48	42,21
ЗС-25/5	54,96	11,87	75,65	33,76
ЗС-9/9	38,55	1,44	94,73	41,89
ЗС-21/5	56,26	7,14	84,10	37,36
ЗС-27/9	56,52	7,57	83,36	37,05
ЗС-27/6	56,11	8,70	81,24	36,15
ЗС-25/7	59,30	10,01	79,91	35,58
ЗС-7/2	63,28	7,83	84,43	37,51
ЗС-8/7	56,92	4,45	89,57	39,69
ЗС-6/10	41,52	0,55	98,05	43,31

Примечание – Cr# – хромистость [$Cr\# = Cr/(Cr + Al)$, %]; Dmelt – степень частичного плавление мантийного источника [$Dmelt = 0.426Cr\# + 1.538$, %].

Сравнив степень частичного плавления мантийного субстрата при формировании ультрамафитов Бархатного массива со степенью плавления массива гор Зеленой и Северной, можно сказать, что мантийный субстрат ультрамафитов Бархатного массива имел большую степень деплетирования. Для его хромшпинелидов характерна небольшая вариация при формировании пород, чем субстрат массива гор Зеленой и Северной, что мы можем наглядно увидеть на рисунке 8. Скорее всего, хром, как наиболее тугоплавкий компонент, был достаточно инертным и его концентрация отражает в большей степени трансформацию состава минерала при частичном плавлении из исходного мантийного субстрата. Однако данное заключение может быть достаточно спорным.

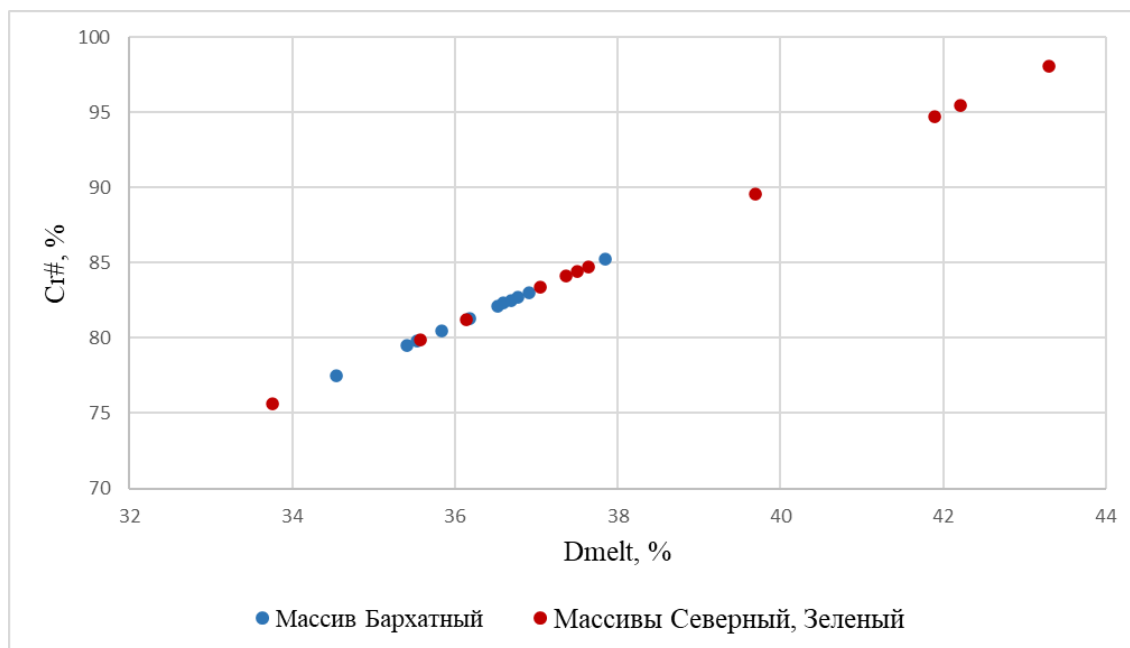


Рисунок 8 – График зависимости значений параметра Cr# хромшпинелидов от степени частичного плавления ультрамафитов

Примечание – Cr# – хромистость [$Cr\# = Cr/(Cr + Al)$, %]; Dmelt – степень частичного плавления мантийного источника [$Dmelt = 0.426Cr\# + 1.538$, %].

5. Оценка температур оливин-хромшпинелевых равновесий

Доказано, что хромшпинелиды – одна из первых минеральных фаз кристаллизации ультраосновных расплавов, из которых они выделяются до, или совместно с магнезиальным оливином. При этом магматогенная природа первых в магматических ультрамафитовых телах подтверждается морфологией зерен, характером их распределения, взаимоотношением с другими минеральными фазами, наличием в них первичных расплавных включений. Поэтому для большинства ультрамафитов наиболее характерен оливин-хромшпинелевый парагенезис, который, учитывая особенности составов хромшпинелидов, может использоваться в качестве индикатора условий образования ультраосновных пород [11].

Для ультрамафитовых и мафит-ультрамафитовых массивов складчатых областей на примере реститового, расслоенного и дифференцированного массивов наиболее объективным для расчета температур представляется геотермометр Фабри. Он дает температуру наложенного метаморфизма, в ходе которого оливин-хромшпинелиевая ассоциация испытала переуравновешивание [12].

Собственно расчет температур равновесия по методике Дж. Фабри [13] показывает крайне широкий диапазон значений и составляет 654–826 °С для Бархатного массива, 662–823 °С для массива гор Зеленой и Северной. Результаты расчётов представлены в таблице 6.

Сравнив полученные температуры для данных массивов, можно сделать вывод, что температуры образования имеют довольно близкие значения, средний температурный показатель равен 738 °С, минимальный равен 644 °С, а максимальный равен 826 °С.

Таблица 6 – Температурные равновесия, рассчитанные по оливин-хромшпинелидовому геотермометру Дж. Фабри для ультрамафитов массивов гор Бархатной, Северной, Зеленой

Образец	Оливин		Хромшпинелид				Т, °C
	MgO	FeO	Cr2O3	Al2O3	FeO	MgO	
Бх-5/5	49,73	8,17	59,60	9,19	17,99	9,73	822
Бх-34/4	49,68	9,08	60,85	8,35	21,25	7,61	749
Бх-34/5	50,32	7,51	58,78	8,48	23,26	6,07	654
Бх-34/2	50,1	8,03	62,17	7,23	22,07	7,20	720
Бх-34/10	52,18	5,6	61,38	8,61	20,36	8,52	677
Бх-34/9	50,76	6,76	60,72	8,63	19,65	8,86	737
Бх-34/16	51,55	6,1	59,86	9,73	16,54	11,20	809
Бх-34/13	50,31	7,62	60,00	8,75	19,61	8,69	759
Бх-10/2	50,26	8,15	59,35	10,07	17,49	10,21	826
Бх-7/8	49,92	8,59	57,91	11,30	18,32	9,89	812
Бх-32/3	49,97	8,45	58,75	10,16	18,48	9,66	814
3С-21/2	50,912	6,76	61,15	7,38	21,61	7,06	683
3С-28/1	52,16	5,874	53,95	1,71	26,58	3,34	662
3С-25/5	49,98	7,604	54,96	11,87	22,99	6,99	663
3С-9/9	56,47	4,51	38,55	1,44	25,50	4,25	823
3С-21/5	51,78	6,05	56,26	7,14	22,98	6,20	662
3С-27/9	47,49	11,47	56,52	7,57	23,88	5,80	773
3С-27/6	47,74	11,5	56,11	8,70	23,12	6,64	808
3С-25/7	50,25	7,663	59,30	10,01	22,41	7,17	674
3С-7/2	53,673	3,96	63,28	7,83	16,98	10,36	683
3С-8/7	53,496	4,09	56,92	4,45	23,36	6,08	644
3С-6/10	51,192	6,704	41,52	0,55	28,48	2,44	773

Примечание – $T, K = (4250 \cdot \alpha + 1343) / (\ln KD + 1,825 \cdot \alpha + 0,571)$; P – давление в GPa, для расчётов принято равным 1 GPa; α, β, γ – атомные доли Cr, Al, Fe^{3+} по отношению к их сумме в хромшпинелиде, соответственно; $Cr\# = Cr / (Cr + Al)$ в хромшпинелиде; $Fa = Fe / (Fe + Mg)$ в оливине; $f = Fe^{2+} / (Fe^{2+} + Mg)$ в хромшпинелиде; $KD = (XMgOl \cdot f) / (XMgSp \cdot Fa)$, где $XMg = Mg / (Mg + Fe)$ в оливине и хромшпинелиде, соответственно; $KD_o = \ln KD - 4 \cdot \gamma$; R – универсальная газовая постоянная, $R = 8,31$ Дж/(моль·К).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения данной выпускной квалификационной работы было проведено обширное исследование пород исследуемых массивов с использованием петрографических, петрохимических и минералогических методов. В результате проведенного детального петрографического изучения пород массивов гор Бархатной, Северной и Зеленой были диагностированы и охарактеризованы: дуниты и хромититы. Дуниты обычно имеют мелко-среднезернистую структуру, а под микроскопом от панидиоморфозернистой до гетерогранобластовой. Хромититы имеют грубо- и крупнозернистую структуру. Породы в различной степени подвержены вторичным изменениям.

Петрохимический анализ ультрамафитовых пород массивов гор Бархатной, Зеленой и Северной показал, что в процессе кристаллизации пород происходило увеличение содержания магния и железа при уменьшении значений кальция, алюминия и кремния.

Минералогические исследования показали, что оливин в ультрамафитах по химическому составу соответствует форстериту с вариацией фаялитового минала до 11%, также для оливина характерны незначительные вариации NiO до 0,44 мас.%. Хромшпинелиды по химическому составу в ультрамафитах Бархатного массива соответствуют субферриалюмохромитам, а хромшпинелиды в ультрамафитах Зеленого и Северного массивов соответствуют, главным образом, субферриалюмохромитам, а также алюмохромитам и хромпикотитам.

В ходе работы была определена степень частичного плавления мантийного источника при формировании ультрамафитов и можно сказать, что мантийный субстрат ультрамафитов имел небольшую вариацию при формировании пород, который варьируется в интервале 33–43%.

Оценка температур оливин-хромшпинелевых равновесий показала, что температуры образования имеют довольно близкие значения.

Более детальные и точные исследования требуют дополнительного изучения химического состава и особенностей породообразующих минералов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алабин Л.В. Структурно-формационная и металлогеническая зональность Кузнецкого Алатау. Новосибирск: Наука, 1983. 102 с.
2. Гончаренко А.И. Деформация и петроструктурная эволюция альпинотипных гипербазитов. Томск, 1989. 400 с.
3. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Издание второе. Кузбасская. Лист N-45-V (Тисуль) / А. Н. Уваров, В. Н. Токарев, В. С. Дубский [и др.] – Объяснительная записка – М. : Московский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2019. – 221 с.
4. Коновалова О.Г., Прусевич Н.А. Дунит-гарцбургитовые массивы Кузнецкого Алатау и Салаира. – Новосибирск: Наука, 1977. – 166 с.
5. Корреляция магматических и метаморфических комплексов западной части Алтае-Саянской складчатой области / С.П. Шокальский, Г.А. Бабин, А.Г. Владимиров, С.М. Борисов и др. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2000. 187 с.
6. Краснова, Т. С. Петрология ультрамафитовых массивов гор Северной, Зеленой и Бархатной (Кузнецкий Алатау) : специальность 25.00.04 "Петрология, вулканология" : диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук / Краснова Татьяна Семеновна. – Томск, 2005. – 270 с. (3)
7. Кузнецов В.А. Геотектоническое районирование Алтае-Саянской области // Вопросы геологии Азии. М.: АН СССР, 1954. Т. 1. С. 202-227 (5)
8. Николаев Д.П. и др. Отчет по теме «Прогнозная оценка гипербазитового массива г. Бархатной в Кузнецком Алатау на выявление промышленного месторождения хризотил-асбеста». ОФЗСПГО, 1987, 172с.
9. Павлов Н.В. Химический состав хромшпинелидов в связи с петрографическим составом пород ультраосновных интрузивов // Труды Геологического института РАН. - 1949. - №103. - 91 с.
10. Тектоника континентов и океанов: Объяснительная записка к Международной тектонической карте мира м-ба 1:15 000 000. М.: Наука, 1988. 245 с (6)
11. Юричев А.Н. Моделирование температурного режима формирования дунитов Кингашского Ультрамафитового массива (северо-запад восточного Саяна) / А. Юричев, А. Чернышев // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2015. – Т. 326. – №8. – С. 47–52 .

12. Юричев, А. Н. Расчет термических параметров кристаллизации ультрамафитов / А. Н. Юричев // Математические исследования в естественных науках. – 2015. – № 12. – С. 141-144.
13. Fabries J. Spinel-olivine geothermometry in peridotites from ultramafic complexes // Contrib. Miner. Petrol. 1979. V. 69. N 4. P. 329-336.

Приложение А

Химический состав пород гг. Северной, Зеленой и Бархатной

Таблица А.1 – Химический состав пород гг. Северной, Зеленой и Бархатной

	Бх-5/5	Бх-7/8	Бх-10/2	Бх-32/3	Бх-34/2	Бх-34/5	Бх-34/9	Бх-34/13	Бх-34/16	Бх-34/10	Бх-34/4
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO ₂	37,85	39,56	39,72	38,35	40,55	38,44	36	37,73	12,08	40,15	39,58
TiO ₂	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,11	0,025	0,025
Al ₂ O ₃	0,85	1,7	0,97	1,09	1,21	1,21	1,7	0,85	10,5	0,61	1,21
FeO	6,4	4,76	5,09	3,83	7,1	6,82	4,2	5,79	2,94	6,96	5,51
Fe ₂ O ₃	2,53	3,87	2,7	3,99	1,35	2,53	3,41	1,54	14,91	2,38	2,75
MnO	0,27	0,26	0,23	0,22	0,27	0,23	0,24	0,26	0,11	0,26	0,24
MgO	46,02	42,85	44,4	43,95	45,76	45,02	43,95	16,2	16,2	45,96	43,69
CaO	0,05	0,05	0,05	0,42	0,6	0,78	4	42,4	42,4	0,58	0,58
Cr ₂ O ₃	1,14	0,5	0,56	0,24	0,292	0,292	0,22	0,18	0,18	0,312	0,292
NiO	0,292	0,274	0,244	0,05	0,05	0,37	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
K ₂ O	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,24
Na ₂ O	0,08	0,05	0,05	0,03	0,05	0,08	0,03	0,08	0,08	0,03	0,13
P ₂ O ₅	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
CO ₂	0,52	0,1	0,1	0,44	0,1	0,4	0,1	0,1	0,1	0,28	0,1
Ba	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
ppp	4,94	6,6	6,38	7,62	3,1	4,51	5,7	0,72	0,72	2,8	6,07
Сумма	100,977	100,609	100,529	100,265	100,467	100,717	99,635	105,935	100,39	100,407	100,467

Окончание таблицы А.1

	3С-28/1	3С-9/9	3С-21/5	3С-8/7	3С-7/2	3С-27/9	3С-6/10	3С-21/2	3С-25/5	3С-27/6	3С-25/7
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
SiO ₂	40,51	40,77	39,84	42,61	40,93	40,1	40,39	40,46	41,58	45,74	43,75
TiO ₂	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Al ₂ O ₃	0	0,11	0,13	0,86	0,26	0,46	0,34	0,3	0,46	0,93	0,37
Fe ₂ O ₃	7,89	7,53	7,21	11,06	7,18	7,56	7,86	7,49	8,56	11,44	6,11
MnO	0,124	0,128	0,112	0,101	0,11	0,114	0,134	0,131	0,136	0,159	0,082
MgO	46,3	46,15	45,96	38,99	42,88	42,37	43,98	45,36	41,94	39,08	40,08
CaO	0,09	0,1	0,21	0,19	0	0,12	0	0,04	0,08	0,33	0,02
K ₂ O	0,04	0,04	0,04	0,07	0,04	0,06	0,04	0	0	0,07	0
Na ₂ O	0,34	0,34	0,34	0,64	0,34	0,34	0,34	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
P ₂ O ₅	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Ba	<0,003	<0,003	<0,003	<0,086	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,086	<0,003
ppp	4,04	4,53	5,96	4,78	7,73	8,39	6,32	6,02	6,75	2,12	9,4
Сумма	99,33	99,7	99,8	99,3	99,47	99,5	99,4	99,8	99,51	99,88	99,82

Примечание. Содержания оксидов (мас. %): ан. 1-11 – определены Савиной Н.И. в центральной лаборатории аналитической химии ПГО «Севказгеология», г. Кустанай; ан. 12-22 – Глуховой Н.М. в лаборатории РФА и ЛА ОИГТМ СО РАН, г. Новосибирск.

Приложение Б

Химический состав оливинов в ультрамафитах гг. Северной-Зеленой и Бархатной

Таблица Б.1 – Химический состав оливинов в ультрамафитах гг. Северной-Зеленой и Бархатной

Образец	Бх-5/5	Бх-34/4	Бх-34/5	Бх-34/2	Бх-34/10	Бх-34/9	Бх-34/16	Бх-34/13	Бх-10/2	Бх-7/8	Бх-32/3
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO ₂	41,1	41,3	41,26	41,31	41,96	41,36	41,55	41,2	40,88	41	40,62
TiO ₂	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Cr ₂ O ₃	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
FeO	8,17	9,08	7,51	8,03	5,6	6,76	6,1	7,62	8,15	8,59	8,45
MnO	0,107	–	0,056	0,154	0,157	0,149	0,133	0,127	0,107	0,109	0,103
MgO	49,73	49,68	50,32	50,1	52,18	50,76	51,55	50,31	50,26	49,92	49,97
CaO	0,056	0,1	0,016	0,005	0,009	0,009	0,01	0,006	0,02	0,026	0,017
NiO	0,384	0,314	0,353	0,377	0,291	0,321	0,441	0,429	0,36	0,374	0,351
Сумма	99,55	100,47	99,52	99,98	100,2	99,36	99,78	99,69	99,78	100,02	99,51

Окончание таблицы Б.1

Образец	ЗС-21/2	ЗС-28/1	ЗС-25/5	ЗС-9/9	ЗС-21/5	ЗС-27/9	ЗС-27/6	ЗС-25/7	ЗС-7/2	ЗС-8/7	ЗС-6/10
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
SiO ₂	41,15	41,398	41,561	41,76	41,78	40,48	40,17	40,97	41,91	41,74	41,45
TiO ₂	0,107	0,022	0,038	–	–	–	0,048	0,08	0,012	0,04	0,049
Cr ₂ O ₃	0,073	0,021	0,06	–	–	–	0,016	0,133	0,019	0,034	0,035
FeO	6,76	5,874	7,604	4,51	6,05	11,47	11,5	7,663	3,96	4,09	6,704
MnO	0,075	0,121	0,134	0,09	0,08	0,092	0,138	0,132	0,123	0,093	0,145
MgO	50,912	52,16	49,98	56,47	51,78	47,49	47,74	50,25	53,673	53,496	51,192
CaO	н.о.	0,024	0,351	–	0,006	–	0,094	0,471	0,055	0,076	0,139
NiO	0,413	0,377	0,257	–	0,317	0,119	0,298	0,3	0,244	0,437	0,289
Сумма	100,01	100	99,99	102,83	100,01	99,65	100	100	100	100,01	99,99

Примечание. Анализы выполнены в ОИГГМ СО РАН на установке «Самебах-Микро». Аналитики О.С. Хмельникова, В.А. Акимцев.

Приложение В

Химический состав хромшпинелидов в ультрамафитах гг. Северной-Зеленой и Бархатной

Таблица В.1 – Химический состав хромшпинелидов в ультрамафитах гг. Северной-Зеленой и Бархатной

Образец	Бх-5/5	Бх-34/4	Бх-34/5	Бх-34/2	Бх-34/10	Бх-34/9	Бх-34/16	Бх-34/13	Бх-10/2	Бх-7/8	Бх-32/3
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
TiO ₂	–	0,033	0,03	0,033	0,053	0,05	0,045	0,023	–	–	0,006
Al ₂ O ₃	9,19	8,35	8,48	7,23	8,61	8,63	9,73	8,75	10,07	11,3	10,16
Cr ₂ O ₃	59,6	60,85	58,78	62,17	61,38	60,72	59,86	60	59,35	57,91	58,75
Fe ₂ O ₃	1,878	0,919	1,834	1,55	1,4	1,72	3,3	1,679	1,534	1,766	2,118
FeO	17,99	21,25	23,26	22,07	20,36	19,65	16,54	19,608	17,49	18,32	18,484
MnO	0,204	0,271	0,59	0,377	0,269	0,243	0,208	0,252	0,18	0,204	0,226
MgO	9,73	7,61	6,07	7,2	8,52	8,86	11,2	8,69	10,21	9,89	9,66
NiO	–	0,069	–	–	0,027	–	0,073	0,017	0,012	0,022	0,013
Сумма	98,4	99,26	99,04	100,48	100,48	99,7	100,63	98,85	98,69	99,24	99,21

Окончание таблицы Б.1

Образец	ЗС-21/2	ЗС-28/1	ЗС-25/5	ЗС-9/9	ЗС-21/5	ЗС-27/9	ЗС-27/6	ЗС-25/7	ЗС-7/2	ЗС-8/7	ЗС-6/10
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
TiO ₂	0,01	0,005	–	0,007	0,013	0,026	–	–	0,004	0,01	–
Al ₂ O ₃	7,38	1,714	11,874	1,44	7,14	7,57	8,695	10,005	7,831	4,448	0,554
Cr ₂ O ₃	61,15	53,95	54,96	38,55	56,26	56,52	56,11	59,3	63,28	56,92	41,52
Fe ₂ O ₃	1,61	14,84	3,14	32,35	5,75	4,96	5,67	0,88	1,13	9,77	29,23
FeO	21,61	26,58	22,99	25,5	22,98	23,88	23,12	22,41	16,98	23,36	28,48
MnO	0,68	1,023	0,366	0,615	0,27	0,172	0,324	0,332	0,526	0,379	0,543
MgO	7,06	3,335	6,993	4,247	6,2	5,8	6,644	7,166	10,361	6,076	2,437
NiO	–	0,033	–	0,523	0,029	0,024	–	–	–	0,013	0,161
Сумма	99,5	100	100	100	98,06	98,45	100	100	100	100	100

Примечание. Анализы выполнены в ОИГГМ СО РАН на установке «Сатебах-Місто». Аналитики О.С. Хмельникова, В.А. Акимцев.

СПРАВКА

Томский Государственный Университет

о результатах проверки текстового документа
на наличие заимствований

ПРОВЕРКА ВЫПОЛНЕНА В СИСТЕМЕ АНТИПЛАГИАТ.ВУЗ

Автор работы: Рагозин Даниил Дмитриевич
Самоцитирование
рассчитано для: Рагозин Даниил Дмитриевич
Название работы: ВКР_Рагозин.pdf
Тип работы: Дипломная работа
Подразделение:

РЕЗУЛЬТАТЫ

■ ОТЧЕТ О ПРОВЕРКЕ КОРРЕКТИРОВАЛСЯ: НИЖЕ ПРЕДСТАВЛЕНЫ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕРКИ ДО КОРРЕКТИРОВКИ

СОВПАДЕНИЯ	50.74%	СОВПАДЕНИЯ	40.46%
ОРИГИНАЛЬНОСТЬ	49.26%	ОРИГИНАЛЬНОСТЬ	59.54%
ЦИТИРОВАНИЯ	0%	ЦИТИРОВАНИЯ	0%
САМОЦИТИРОВАНИЯ	0%	САМОЦИТИРОВАНИЯ	0%

ДАТА ПОСЛЕДНЕЙ ПРОВЕРКИ: 08.06.2023

ДАТА И ВРЕМЯ КОРРЕКТИРОВКИ: 08.06.2023 12:31

Структура документа: Проверенные разделы: основная часть с.2-30
Модули поиска:

ИПС Адилет; Библиография; Сводная коллекция ЭБС; Интернет Плюс*; Сводная коллекция РГБ; Цитирование; Переводные заимствования (RuEn); Переводные заимствования по eLIBRARY.RU (EnRu); Переводные заимствования по коллекции Гарант: аналитика; Переводные заимствования по коллекции Интернет в английском сегменте; Переводные заимствования по Интернету (EnRu); Переводные заимствования по коллекции Интернет в русском сегменте; Переводные заимствования издательства Wiley; eLIBRARY.RU; СПС ГАРАНТ: аналитика; Диссертации НББ; Коллекция НБУ; Перефразирования по eLIBRARY.RU; Перефразирования по СПС ГАРАНТ: аналитика; Перефразирования по Интернету; Перефразирования по Интернету (EN); Перефразированные заимствования по коллекции Интернет в английском сегменте; Перефразированные заимствования по коллекции Интернет в русском сегменте; Перефразирования по коллекции издательства Wiley; Модуль поиска "tsu"; Издательство Wiley;

Работу проверил: Вологодина Ирина Валентиновна

ФИО проверяющего

Дата подписи: 08.06.2023



Подпись проверяющего

Чтобы убедиться
в подлинности справки, используйте QR-код,
который содержит ссылку на отчет.

Ответ на вопрос, является ли обнаруженное заимствование
корректным, система оставляет на усмотрение проверяющего.
Предоставленная информация не подлежит использованию
в коммерческих целях.