

Санкт-Петербургский государственный университет

*ГЕМБЕЛЬ Лев Романович*

**Выпускная квалификационная работа**

*Типоморфизм хлорита в метасоматитах*

*Ульбейского массива (Хабаровский край)*

Уровень образования: Бакалавриат

Направление: 05.03.01 «Геология»

Основная образовательная программа: СВ.5018.2019  
«Геология»

Научный руководитель:

к.г.-м.н., доцент Петров Сергей

Викторович

Рецензент:

к.г.-м.н, главный специалист

ООО "АйДи Инжиниринг"

Федоров Сергей Александрович

Санкт-Петербург

2023

## Оглавление

Введение .....	3
Материалы и методы .....	5
Физико-географическое положение .....	6
Геологическое строение .....	9
Обзор ранее проведённых работ.....	9
Характеристика объекта.....	9
Стратиграфия.....	10
Тектоника .....	13
Магматизм .....	15
История геологического развития.....	18
Порфиновый тип месторождений и Ульбейский массив.....	20
Минералы группы хлорита. Общая информация. ....	22
Общая концепция .....	24
Различие между метаморфическими и гидротермальными хлоритами .....	25
Уравнения хлоритовых геотермометров .....	25
Геологическое строение территории .....	27
Описание основных типов горных пород .....	27
Геологическое строение исследуемой территории.....	33
Вторичные изменения .....	34
Типоморфизм хлоритов и интерпретация результатов .....	36
Методика работ .....	36
Классификация хлоритов и их кристаллохимические формулы .....	37
Термометрия хлорита.....	41
Зональность результатов термометрии .....	44
Поиск центра магматической системы по элементам-примесям в хлоритах .....	47
Итоги и выводы .....	48
Список литературы .....	49
Приложение .....	51

## Введение

### Актуальность работы.

В последние десятилетия геологи занимаются поиском и оценкой месторождений полезных ископаемых мелкого и среднего масштаба, успех которых будет зависеть от правильного понимания региональной геологии и специфики пород. На данный момент, активно развиваются относительно простые и недорогие методы разведки, где используются геохимические и структурные особенности минералов вторичных преобразований (хлорит, эпидот и другие), а последние улучшения в таких инструментальных методах исследования, как масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS), рентгеноспектральный анализ, позволяют сделать оценки рудоносности месторождений на основе полученных данных более точными и достоверными. Одним из таких минералов-индикаторов стал хлорит, исследование которого в последнее время стало актуальным в научной среде.

В среднем течении реки Ульбея, в долине ручьёв Гранитный, Левый Джанку, Охотского района, Хабаровского края, имеется серия перспективных золотоносных россыпей, однако коренные источники этих месторождений пока остаются неизвестными. В пределах территории вышеупомянутых месторождений выделяется крупный гранитоидный Ульбейский массив, с которым и связывают коренные источники месторождений в бассейне реки Ульбея (Павлова, 2022).

ГПП «Марекан» занимается добычей золота из россыпей среднего течения бассейна реки Ульбеи. Для расширения производства была поставлена задача поиска коренных источников данных россыпей и оценки их рудоносности, чтобы в будущем привлечь инвесторов на данных участок.

**Цель:** выявить закономерности изменения составов хлоритов в метасоматитах для установления потенциальных участков коренных месторождений золота на исследуемой территории.

### Задачи:

- Анализ работ предшественников, касающихся изменениям типоморфизма хлорита от расстояния к коренным источникам золота, особенно в медно-порфировых месторождениях
- Уточнение геологического строения участка работ
- Определение химического состава хлоритов в метасоматитах

- Анализ полученных данных, классификация хлоритов
- Выявление потенциальных участков на рудоносность

### **Практическая значимость работы**

Полученные в результате исследования данные позволяют осуществить предположение о различных характеристиках пород территории, которая была обделена долгое время вниманием геологов, а также о наличии или отсутствии коренных источников, питающие россыпи в бассейне реки Ульбея. В дальнейшем это будет способствовать прогнозно-поисковым работам на коренное золото на данной территории.

### **Благодарности**

Автор выражает благодарность и глубокую признательность своему научному руководителю – доценту кафедры геологии месторождений полезных ископаемых, кандидату геолого-минералогических наук Петрову Сергею Викторовичу. Отдельную благодарность, автор выражает всем работникам ГПП «Марекан» за помощь в сборе и предоставлении материала для выпускной квалификационной работы, а также сотрудникам ресурсного центра за консультации и за возможность проведения необходимых лабораторных исследований.

## **Материалы и методы**

Основным материалом для исследований стала коллекция образцов горных пород, вулканитов, отобранных с исследуемой территории. Она была собрана сотрудниками компании ООО «ГПП «Марекан» и автором данной дипломной работы в августе-сентябре 2022 года. В процессе геологоразведочных работ было принято решение об исследовании закономерности изменения составов хлоритов в метасоматически преобразованных породах апикальных частей Ульбейского массива для установления потенциальных участков коренных месторождений золота на исследуемой территории. Для этого было пройдено три профиля длиной 1,5 – 2 км по контакту интрузии с вмещающими породами и параллельно ему. Образцы пород были отобраны через каждые 200 метров. Всего было отобрано около 40 различных образцов. Они были взяты из делювиальных и элювиальных отложений на вершинах гор и хребтов.

Из полученных образцов пород были сделаны петрографические шлифы. Всего было изучено 42 шлифа. С помощью бинокулярного микроскопа Leica DM – 2500 в РЦ «Рентгенодифракционные методы исследования» был детально проанализирован петрографический состав образцов, определены процентные содержания компонентов, сделаны описания шлифов, изучены метасоматические преобразования пород и отдельных минералов в образцах, а также были сделаны фотографии шлифов в параллельных и скрещенных николях.

Химический состав хлоритов и прочих минералов был изучен в РЦ СПбГУ «Геомодель» на сканирующем электронном микроскопе Hitachi S-3400N с ЭДС-приставкой Oxford Instruments X-Max 20, аналитик Н.С. Власенко.

Для обработки результатов аналитических исследований, оформления графического и картографического материала использовались программы Microsoft Excel, ArcGIS, CorelDraw, Graphics, WinCcas.

### **Методы:**

- Полевые наблюдения.
- Геологическое картирование местности.
- Рентгеноспектральный анализ плоско полированных шлифов из отобранных образцов метасоматитов, определение химического состава хлоритов в породах.
- Непосредственное оптическое наблюдение отобранных образцов

## Физико-географическое положение

Ульбейский массив расположен на севере Хабаровского края, в Охотском районе, в 200 километрах север-восточнее от посёлка городского типа Охотск, в долине реки Ульбея. Территория района относится к северо-восточной части листа Р-54-XXXVI.

Массив находится на юге хребта Сунтар-Хаята, который является крупным водоразделом рек Кухтуй и Ульбея. Местность имеет большие перепады высот: вершины исследуемого массива достигают более 1300 метров, тогда как долины реки Ульбея и её притоков имеют высоту в 700-600 метров над уровнем моря.

Рельеф на территории массива можно условно разделить на среднегорье и мелкогорье, которые отличаются своими высотами и характером склонов (рис. 1).

Среднегорье расположено преимущественно в северной части массива. В этом районе присутствуют преимущественно крутые и изрезанные склоны, узкие, иногда гребневидные водоразделы с пикообразными вершинами. Присутствует асимметрия склонов. Так, например, склоны, обращенные в сторону долины реки Ульбея крутые, тогда как обращенные в противоположную сторону – более пологие. Южнее, начиная с места впадения р. Нюлкали-2 в р. Ульбею, рельеф приобретает черты мелкогорья с более оглаженными склонами с тупыми вершинами (Песков, 1977).



Рис. 1. Спутниковый снимок участка реки Ульбея и ручья Нюлькали-2 (Яндекс-Карты, 2018 год).

Речная сеть территории представлена главным образом рекой Ульбеей, протекающей в пределах данного района с севера на юг, а также её притоками: Нюлкали-1, Нюлкали-2, Гранитный, Джанку, Большой Тучак и другими. Длина главного водотока – 400 километров, притоков – до 50-60 километров. Сама Ульбея впадает в Охотское море, её русло имеет ширину в среднем в 60-70 метров, средняя скорость течения вод всей гидросети около 1 м/с. Форма долины реки Ульбеи чередуется в зависимости от рельефа и пород с корытообразной шириной до километра и V-образной, которая сужает её до 200 метров. Наиболее характерной особенностью гидросети является наличие эпигенетических участков долин и речных перехватов. Вскрытие рек происходит в первой половине мая, ледостав же начинается во второй половине октября (Захаров, 1961, Зуев, 1985).

Климат района резко континентальный с продолжительной суровой зимой и коротким дождливым летом. Средняя температура в январе  $-21^{\circ}\text{C}$ , в июне  $+8^{\circ}\text{C}$ . Район располагается в зоне вечной мерзлоты. Зимний снег стаивает только в конце июня, а снежный покров формируется во второй половине октября (Захаров, 1961, Зуев, 1985).

Растительность весьма бедная. На склонах гор, на высоте до 800-900 метров, имеются заросли кедрового стланика, сплошные покровы карликовой берёзы, в долинах водотоков растут береза, тополь, ива, малина, шиповник, ольха. Проходимость по большей части исследуемого района плохая (Зуев, 1985).

Животный мир представлен в первую очередь бурыми медведями, лисами, лосями, дикими оленями и горными баранами. Помимо них, на территории Ульбейского массива обитают зайцы, белки, бурундуки, горностаи, куропатки, глухари, рябчики. Реки также обитаемы: среди рыб встречаются главным образом хариус и лососевые, такие как кета, горбуша, мальма (Захаров, 1961, Зуев, 1985).

Район экономически не освоен и не заселён, находится далеко за пределами основной полосы расселения и хозяйственного освоения России (рис. 2). В нескольких километрах от исследуемой территории находится старательский посёлок Джанку, расположенный в устье одноименного ручья. Ближайшим относительно крупным населённым пунктом является Охотск, посёлок городского типа, центр одноимённого района с населением около 3000 человек, а также несколько близлежащих прибрежных поселений. В данном населённом пункте функционируют морской порт и аэропорт, принимающий самолёты АН-24 и вертолёты всех видов. Также в 50-40 километрах южнее от Ульбейского массива находятся самые северные посёлки Хабаровского края - Арка, Уега и Хаканджа с постоянным населением в несколько сот человек. Через них проходит зимник из Охотска в Оймякон (республика Якутия). Грунтовых и железных дорог нет. Единственные доступные пути

сообщения с внешним миром – воздушный (вертолёты) и водный транспорт (в летний сезон) (Зуев, 1985).

Ключевую роль в экономике Охотского района играют рыболовные и горнодобывающие предприятия, от которых поступает больше половины налоговых отчислений в бюджет района и создают в совокупности более 2000 рабочих мест. На побережье Охотского моря добываются лососевые и сельдии. Добычу золота и серебра ведут несколько предприятий, такие как «Светлое» (входит в «Полиметалл»), Охотская горно-геологическая компания и «Хаканджинское».

Поселок Джанку автономен, электроэнергия обеспечивается дизельными генераторами и оборудован постоянным жильем, средствами коммуникации и спецтехникой. Транспортировка рабочих предприятия и грузов между Хабаровском и Охотском (около 1300 км) осуществляется рейсовыми самолётами и водным транспортом. Транспортировка с основной технической базы «ГПП Марекан» в Охотске в старательский поселок Джанку осуществляется на гусеничных вездеходах (около 20 часов) и вертолетом (45 минут), в зимний сезон – по автозимнику (один день). Также возможен сплав с поселка Джанку до Охотска на лодках по рекам Гусинка – Кухтуй.

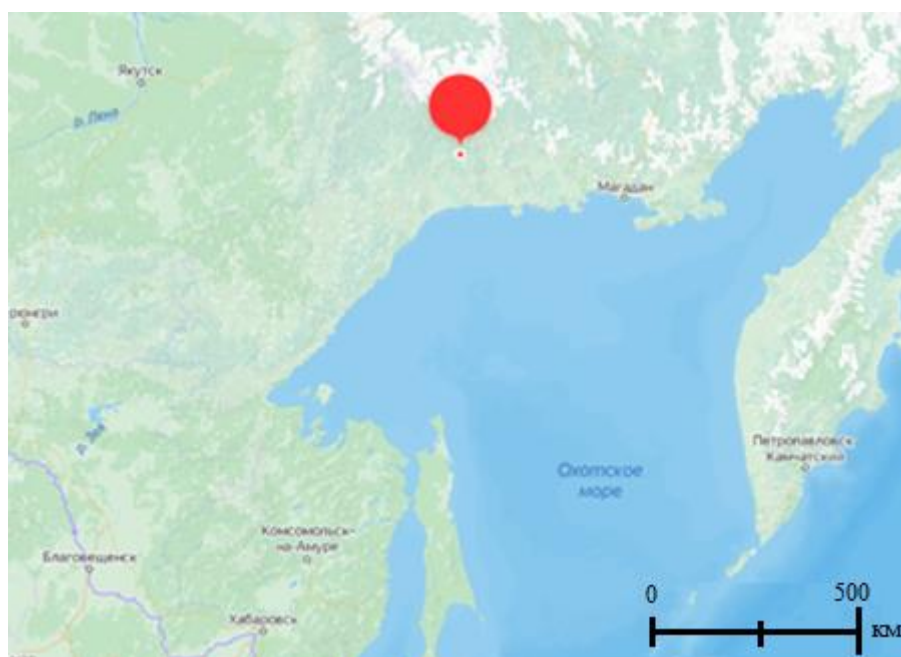


Рис. 2. Местоположение Ульбейского массива на физической карте Дальнего Востока (Яндекс-Карты. 2022 год).



## **Геологическое строение**

### **Обзор ранее проведенных работ**

Первые сведения о геологическом строении и золотоносности района были получены в середине 1940-х годов в ходе среднемасштабных геологосъемочных и поисковых работ и тогда же в долинах р. Элкан и Сибега было выявлено аллювиальное золото.

В 1958-61 годах Нюлкалинской и Сибягенской партиями были установлены первые непромышленные коренные проявления золота в междуречье Устюг-Брусничный (экзо- и эндоконтактовые зоны позднемеловых интрузий гранитоидов). В 1967 г. на территории района была проведена государственная геологическая съемка масштаба 1:200 000 и составлены геологические карты района. В течение 1985-91 годов Охотской экспедицией проводились работы, нацеленные в основном на поиски россыпей в среднем течении бассейна р. Ульбея. Небольшие промышленные россыпи были выявлены в аллювии ручьев Устюг, Брусничный, Подъем, Гранитный и Джанку. Проведенные работы показали широкое распространение на исследованной площади различных типов рудной минерализации, связанной со скарнами, карбонатными и сульфидизированными породами.

Таким образом, непосредственно исследуемая территория характеризуется низкой степенью изученности. Предшественниками здесь проводилась лишь геологическая съемка в масштабе 1:200 000, по результатам которой на геологических картах в пределах участка отображены гранитоиды эндоконтакта Ульбейского массива.

С начала 2000-х годов развитие района ограничивалось разработкой ООО «ГПП Марекан» россыпей ручьев Джанку, Гранитный и Левый Джанку. Последняя разрабатывается по настоящее время.

### **Характеристика объекта**

В геологическом отношении изучаемый район находится в пределах центральной части Охотско-Чукотского вулканоплутонического пояса, на территории Охотского террейна (также именуемым в научной литературе массивом). Он с запада и северо-востока обрамляется Верхоянским прогибом Сибирской платформы, а с юго-востока – Кони-Тайгоносским орогенным поясом. Кристаллический фундамент Охотского террейна сложен различными архейскими метаморфическими породами, а осадочный чехол - разновозрастными терригенно-карбонатными осадочными толщами, которые резко отличаются от одновозрастных отложений граничащих с массивом прогибов. Также имеются меловые вулканогенные образования на территории данного террейна, однако они являются наложенной структурой.

## Стратиграфия

### Архей

Архейские породы, которые являются фундаментом для всей исследуемой территории, представлены прежде всего глубокометаморфизованными гнейсами (биотитовыми, биотит-амфиболовыми, амфиболовыми, амфибол-пироксеновыми и слюдисто-гранатовыми) гранулитовой фации, которые образуют пласты залежей мощностью от 15 до 100 метров. Общая мощность всех архейских пород не менее 4000 метров. Азимут сланцеватости пород имеет  $270^{\circ}$ - $310^{\circ}$ , угол падения –  $70^{\circ}$ - $90^{\circ}$ . Гнейсы преимущественно амфиболовые, состоят из зелёной роговой обманки (40-50%), плагиоклазов №25-35 (20-30%), кварца (15-20%), а также микроклина, биотита, рудных минералов. Данные породы не обнажаются на территории массива и возле него (Зуев, 1985).

### Пермская система

Пермские отложения присутствуют восточнее Ульбейского массива и в его южной части. Они разделены на две свиты: кухтуйскую (нижний отдел) и нюлкалинскую (нижний и средний отделы) (Захаров, 1961, Зуев, 1985).

#### Нижний отдел

*Кухтуйская свита ( $P_{1kh}$ )* состоит главным образом из алевролитов с прослоями углистых аргиллитов. Они слагают пачки мощностью 10-90 метров с пластами песчаников по 10-25 метров. Чёткая граница с нижележащими породами отсутствует и выделяется преобладанием углисто-глинистых сланцев. Мощность всей свиты – 600-650 метров (Зуев, 1985, Тиньков, 2020).

#### Нижний и средний отделы

*Нюлкалинская свита ( $P_{1-2nl}$ )* залегает согласно на нижележащих породах с чёткой границей. Обнажается в южной части Ульбейского массива, в бассейне одноименного ручья (рис. 3). Толща сложена гравелитами, разномерными песчаниками, алевролитами с прослоями углисто-глинистых, кремнистых сланцев и эффузивов. Для свиты характерно переслаивание, в которой было выделено 28 пачек. В нижней и в верхней частях разреза (по 120 метров каждая) преобладают гравелиты и песчаники, тогда как в средней части (с мощностью около 380 метров) все компоненты свиты находятся примерно в равных соотношениях. Встречаются также по всему разрезу пачки переслаивания аргиллитов и алевролитов мощностью до 10 метров. Мощность всей свиты 650 м (Зуев, 1985, Тиньков, 2020).

## Триасовая система

### Верхний отдел

Триасовые отложения присутствуют на южных и юго-западных окраинах Ульбейского массива в виде небольших разобщенных выходов (см. рис. 3). Самый крупный выход со всеми тремя ярусами отдела находится на левобережье ручья Нюлкали-2 и имеет площадь примерно в 16 км<sup>2</sup> (Захаров, 1961, Зуев, 1985).

*Карнийский ярус (Т<sub>3к</sub>)* сложен песчаниками с прослоями мелкогалечных конгломератов, песчано-глинистых и глинистых сланцев, реже алевролитов. Залегает на нижележащих породах с угловым несогласием на правобережье Нюлкали-2, в остальных местах без такового, но со стратиграфическим перерывом. Мощность отложений 500-600 метров (Зуев, 1985).

*Нижний норийский подъярус (Т<sub>3п1</sub>)* согласно залегает на нижележащих породах карнийского яруса и представлены глинистыми, песчано-глинистыми сланцами с прослоями мелкозернистых песчаников и алевролитов. В основании повсеместно прослежена 200-250 метровая пачка известково-глинистых сланцев с многочисленными горизонтами ракушняков мощностью от 0,4 до 70 метров. Граница между карнийским и норийским ярусами проводится по горизонту пеллециподовых ракушняков. Мощность подъяруса около 450 метров (Зуев, 1985).

*Верхний норийский подъярус – рэтский ярус (Т<sub>3п2+r?</sub>)* представлен песчаниками с редкими прослоями глинистых и песчано-глинистых сланцев и гравелитов. Он согласно залегают на породах нижнего норийского подъяруса. Граница с ним проводится условно, по смене литологии пород, сланцев на песчаники. Общая мощность - не более 350 метров (Зуев, 1985).

### Меловая система

Меловые отложения на исследуемой территории представлены различными вулканогенными образованиями, которые обнажаются в верховьях ручьев Нюлкали-2, вдоль левого берега реки Ульбея (см. рис. 3) (Захаров, 1961, Зуев, 1985).

### Нижний отдел

*Ульбериканская свита (К<sub>1ул</sub>)* состоит из андезитов, андезитовых туфов, лавобрекчий. Самый большой выход данной свиты находится в верховьях ручьев Элкан и Нюлкали-2 и имеет площадь около 30 км<sup>2</sup>. Не согласно залегает на нижележащих толщах. Мощность – 700-750 метров (Зуев, 1985).

### Верхний отдел

*Амкинская свита (К<sub>2ат</sub>)* представлена кислыми лавами, риолитами, дацитами, их туфами и игнимбритами с преобладанием лав, несогласно перекрывающими более древние

породы. Обнажается в верховьях ручьев Элкан и Нюлкали-2 и образует небольшие субвулканические тела и дайки. Мощность свиты 400-450 метров (Зуев, 1985).

#### Четвертичная система

##### *Верхнечетвертичные ледниковые и водно-ледниковые отложения*

Верхнечетвертичные отложения можно отнести на две группы: ледниковые и водно-ледниковые, которые возникли после последнего крупного оледенения. Ледниковые отложения представлены песчанисто-глинистой массой с валунно-галечным материалом без определённой сортировки и слоистости. Водно-ледниковые отложения состоят из окатанной гальки, песчаника, мелких валунов, а они сами образуют террасы водотока реки Ульбеи в несколько десятков метров. Мощность всех верхнечетвертичных ледниковых и водно-ледниковых отложений достигает сотни метров (Захаров, 1961, Зуев, 1985).

##### *Современные отложения*

Среди современных отложений выделить аллювий, элювий и биогенные образования. Аллювиальные отложения реки Ульбеи и её притоков состоят из рыхлых косослоистых песков, галечников, валунников и суглинков, они слагают поймы и террасы этих водотоков мощностью до 10 метров. Элювиальные отложения, развитые на склонах гор, имеют мощность до 2-4 метров, а к подножью увеличивается до 12-15 метров. Биогенные образования сложены сырыми сфагново-осоковыми слаборазложившимися торфами, развитыми в пределах межгорных впадин, чаще всего у подножий склонов. Мощность их достигает 2 м (Зуев, 1985).

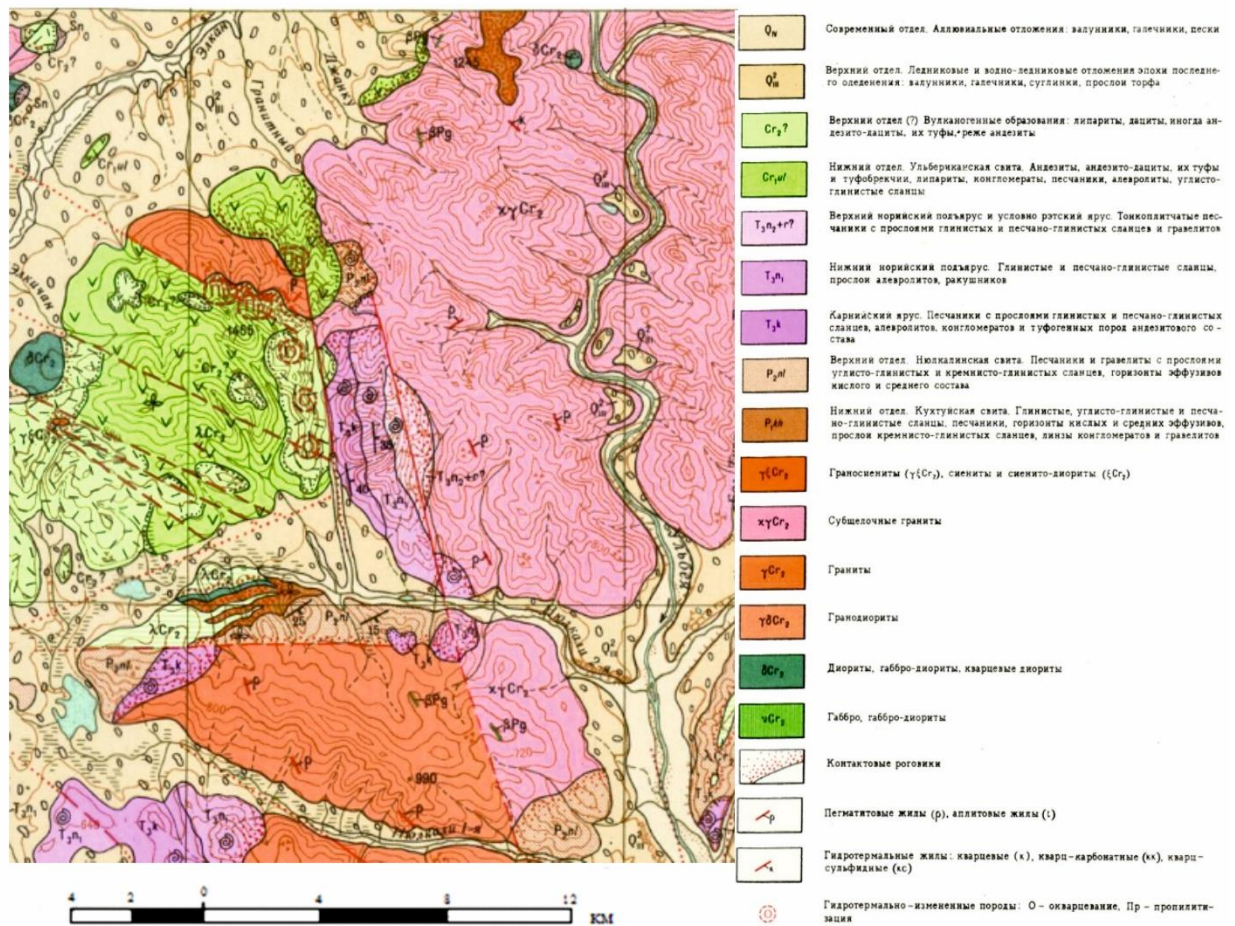


Рис. 3. Вырезка из геологической карты масштаба 1:200000 (юго-восточная часть Ульбейского массива). (Песков, 1977)

### Тектоника

Близлежащая территория Ульбейского массива разделяется на два блока: Нют-Ульбейский и Нядбаки-Сибеганский со ступенчато погружающимся фундаментом с запада на восток (Зуев, 1985).

Нядбаки-Сибеганский блок располагается западнее Ульбейского массива. В его восточной части осадочный чехол сложен девонскими породами и верхоянским комплексом, а в западной – различными верхнепалеозойскими отложениями. Фундамент залегает на глубине от 500 метров до полутора километра (с запада на восток). На востоке чехол смят в брахиформные складки, которые простираются на 8 – 18 километров с севера на юг и имеют углы падения крыльев в диапазоне от 5° до 20°. В западной же части складки коробчатые (антиклинальные) и щелевидные (синклинальные). Последние часто осложнены складками второго и третьего порядков (Зуев, 1985).

Границей Нядбаки-Сибеганского блока с соседним Нют-Ульбейским является Ульбейский глубинный разлом, который проходит примерно вдоль одноимённой реки.

Нют-Ульбейский блок является второй ступенью погружения фундамента, его основание располагается на глубине от 8 километров. Осадочный чехол сложен разнообразными палеозойскими толщами каменноугольного, пермского и триасового периодов. Чехол осложнён аналогичными типами складок, что и в Нядбаки-Сибеганском блоке (Зуев, 1985).

Ульбейский массив имеет различные надвинутые структуры, это межгорная неоген-четвертичная Ульбейская впадина, а также меловые вулканогенные образования, которые являются частью особого тектоно-магматического цикла развития региона (Зуев, 1985).

Меловые вулканогенные образования являются наложенными, находятся южнее и западнее Ульбейского массива и залегают на более древних нижележащих толщах с угловым несогласием. Угол несогласия между меловыми эффузивами и толщами триаса остаётся неясным и дискуссионным. Тем не менее, подтверждением такого несогласия являются верховья ручья Чужого. Эффузивные породы располагаются под углом в  $40^{\circ}$ - $50^{\circ}$ , когда как нижележащие толщи –  $70^{\circ}$ - $80^{\circ}$  (Зуев, 1985).

Южнее изучаемой территории находится крупный Ульбейский разлом, который проходит по долине одноимённой реки. Вероятно, именно к нему приурочен выход Ульбейского массива, а также других гранитоидных, габбровых и диоритовых интрузивов. Амплитуда смещения разлома составляет несколько километров. Ульбейский разлом простирается от устья ручья Нюлкали-2 на юг более чем на 100 километров по долине реки Ульбея. Вертикальная амплитуда разлома – более 1000 метров (Зуев, 1985).

Помимо этого, на изучаемой территории распространены более мелкие разрывные нарушения. Они представляют собой, в большинстве случаев, сбросы с амплитудой в несколько сот метров, длиной в 25-50 километров с северо-западным, северо-восточным и широтным направлением. Некоторые из них были дешифрованы с помощью аэромагнитной съёмки (Зуев, 1985).

## Магматизм

Территория междуречья рек Ульбея и Кухтуй имеет множество свидетельств проходившего в различное время активных процессов магматизма. В данном районе можно выделить два типа интрузий: позднемеловые и палеогеновые.

### Позднемеловые интрузии

На территории карты Р-54-XXXVI позднемеловые интрузии являются самыми крупными и многочисленными. Они вытянуты с севера на юг и приурочены чаще всего к крупным разломам, таким как Ульбейский. По вещественному составу интрузии разнообразны, выделяют три группы: 1) диоритовые, габбро-диоритовые, диорит-порфириновые интрузии и дайки, 2) гранитные, гранодиоритовые, гранит-порфириновые и гранодиорит-порфириновые, 3) субщелочные гранитные (к ним, традиционно, относят изучаемый в данной работе Ульбейский массив). Интрузивы образуют крупные массивы площадью в несколько сот квадратных километров, такие как Бултуковский, Ульбейский, Джуктагинский, а также более мелкие и изолированные (Захаров, 1961, Зуев, 1985).

Можно выделить следующую последовательность внедрений интрузий: в начале изливались лавы кислого состава, затем среднего, после чего внедрялись интрузии габбро, габбро-диоритов и диоритов. Следующим этапом стало появление на территории интрузий субщелочных грантов, например, таких как, Ульбейский массив. Последним этапом стало внедрение интрузий граносиенитов, сиенитов, сиенито-диоритов, а также образование субвулканических риолитовых тел (Песков, 1977).

Диориты, кварцевые диориты, и габбро-диориты образуют единые интрузивы, ряд мелких тел на исследуемой территории (Песков, 1977). Площадь данных тел не превышает 2-3 квадратных километра. В Ульбейском массиве они были найдены в междуречье Уютак-Анмандыкан-1. Западнее массива, в верховьях реки Гусинки, ими сложены трещинные интрузии протяжённостью в несколько километров при ширине в первые сотни метров. В центральной части массива присутствуют дайки диоритов и диоритовых порфиритов, мощностью от 1-2 до 100 метров, а по простиранию до 1 километра (Зуев, 1985).

Диориты мелко-среднезернистые массивные породы гипидиоморфной структуры. Состав в %: плагиоклаз – 45-50, роговая обманка – 30-35, кварц – 5, рудный минерал – 3-5. Плагиоклаз образует призматические кристаллы размером 0,3-1,5 мм, имеет состав, соответствующий альбиту, а также интенсивно пелитизирован. Роговая обманка находится в виде идиоморфных зёрен. Вторичные минералы: хлорит, карбонат, эпидот, из аксессуарных присутствует апатит (Зуев, 1985).

Гранодиорит-порфиры и гранит-порфиры присутствуют восточнее Ульбейского массива в виде даек и пластовых тел в палеозойских отложениях мощностью до 500 метров и протяжённостью до первых километров (Зуев, 1985).

Гранодиорит-порфиры светло-серые, желтовато-серые с микрогранитовой структурой основной массы. Вкрапленники представлены альбитом (25-30%), оплавленными зёрнами кварца (5-10%), полностью замещённой вторичными минералами роговой обманкой (до 10%). Основная масса состоит из зёрен полевых шпатов и кварца с незначительной примесью несколько серицитизированного биотита. Породы интенсивно изменены с развитием альбита, серицита, карбоната, хлорита и эпидота. Акцессорные минералы: апатит, циркон, монацит, магнетит. Также в них в большем количестве могут содержаться вкрапленники кварца и отсутствуют темноцветные минералы (Зуев, 1985).

Субщелочными гранитами сложена большая часть Ульбейского массива. Возраст вмещающих пород от верхнего протерозоя до верхнего мела включительно. Контакты массива чаще крутые (60-70°), иногда пологие (25-30°). В зависимости от крутизны контакта меняется и мощность ореола изменённых пород от первых метров до 1-3 километров. В междуречье рек Сибега и Ульбея субщелочные граниты внедрились в ядро синклинали складки, крылья которой сложены девонскими, а центральная часть пермскими отложениями (Зуев, 1985).

Ульбейский массив сложен среднезернистыми равномернозернистыми гранитами лейкократового облика, сопровождаемыми местами эндоконтактовой оторочкой мелкозернистых аплитовидных гранитов шириной от 30 до сотен метров. Глубина эрозионного среза массива 600-700 метров. Контактные изменения выражены в превращении песчаников, алевролитов и глинистых сланцев в роговики разного состава, известняков, доломитов, вулканогенных пород в магнезиальные и известковистые скарны, часто несущие редкометальное, золото-серебряное и полиметаллическое оруденение. Также широко развиты вблизи интрузий субщелочных гранитов и в их пределах гидротермально-метасоматические преобразования, проявляющиеся в развитии многочисленных зон прожилково-жильного и метасоматического окварцевания, зон сульфидизации, пропилитизации, грейзенизации и березитизации, с которыми связаны многочисленные проявления рудной минерализации (Зуев, 1985).

Субщелочные граниты биотитовые, реже роговообманково-биотитовые светло-серые, розовато-серые гипидиоморфнозернистой структуры. Состав (%): микроклин-пертит (50-65), альбит-олигоклаз (5-8), кварц (30-40), иотит (до 3), редкие зёрна роговой обманки; акцессорные: магнетит, апатит, циркон, ортит, монацит. Вторичные изменения



выражены в замещении плагиоклаза микроклином, микроклина альбитом, в пелитизации полевых шпатов и в хлоритизации темноцветных минералов (Зуев, 1985).

В гранитах массива встречаются жилы пегматитов. Мощность жил достигает одного метра, сложены крупно- и гигантозернистыми розовым полевым шпатом и дымчатым кварцем, биотитом. В пустотах иногда присутствуют хорошо огранённые кристаллы кварца (Зуев, 1985).

Возможно, с субщелочными гранитами связаны также некоторые дайки гранит-порфиоров во вмещающих массив породах (Зуев, 1985).

#### Палеогеновые интрузии

На территории Ульбейского массива и вокруг него палеогеновые интрузии представлены дайками различного состава: андезитового, базальтового и диорит-порфиритового, которые внедряются в гранитный массив и в вмещающие породы. Протяжённость даек достигает первых сотен метров, а мощность до 5-10 метров. Андезиты тёмно-зелёные и чёрные, по структуре микролитовые. Базальты серовато-чёрные и чёрные, сложены лабрадором, лабрадор-битовнитом, гиперстеном и рудными минералами, погружёнными в бурое стекло (Зуев, 1985).

## История геологического развития

В течение всего архея формировался фундамент Охотского террейна, территория подвергалась активным процессам метаморфизма и магматизма, происходило складкообразование вплоть до раннего протерозоя (Зуев, 1985). Последующее геологическое развитие Охотского массива протекало в квазиплатформенных условиях, началось формирование чехла. В палеозое современный террейн являлся восточной частью крупного Сибирского палеоконтинента. В палеозое террейн являлся восточной частью крупного Сибирского палеоконтинента и в это же время он начал отделяться от континента (что выразилось в образовании рифейских интрузий). (Тиньков, 2020)

В позднепротерозойское время в районе накапливались толщи обломочных и хемогенных отложений. Затем, вероятнее всего, в нижнепалеозойское время начинали формироваться Ульбейский, Кухтуйский и Гусинский разломы. В девонский период возникают новые, но более мелкие тектонические нарушения. Затем, в раннекаменноугольную эпоху район поднялся, находился выше уровня моря и в течение этого времени являлся областью сноса. Со среднего карбона по верхнюю пермь были образованы толщи осадочного чехла Охотского террейна. Осадки были сформированы в лагунно-континентальных или континентальных условиях (на это указывает резкая фациальная невыдержанность литологических горизонтов и обилие углистых сланцев) (Захаров, 1961). В нижнем и среднем триасе территория представляла собой область размыва, осадконакопление было прекращено. Тем не менее, уже в верхнем триасе оно возобновилось, и в мелководных условиях сформировалась толща песчаников (Зуев, 1985).

Мел и начало палеогена были ознаменованы активными процессами магматизма, в результате чего на огромной территории сформировался Охотско-Чукотского вулканогенный пояс, который непрерывно протягивается на 3300 километров от западного побережья Охотского моря до востока Чукотского полуострова шириной от 100 до 300 километров. На исследуемой территории эти процессы выражены покровами вулканитов (лавы и туфы) и крупными интрузиями чаще всего гранитоидного состава (например, изучаемый в данной работе Ульбейский массив) (Зуев, 1985).

С конца мела и до сегодняшнего дня территория представляет собой устойчивую область размыва. Из последующих процессов, выделяется появление надвинутых межгорных впадин в неогене и в четвертичное время. Самые крупные из них – Ульбейская, Элканская, Средне-Кухтуйская, Сибеганская (Зуев, 1985).

В настоящее время, начиная с палеогена, происходит активная эрозия меловых вулканических построек и массивов различными процессами химического и физического

выветривания. Большую роль в формировании рельефа сыграли оледенения, которые частично переработали ранее образовавшиеся долинные образования. На сегодняшний день, активных тектонических процессов не происходит, однако район испытывает незначительные устойчивые поднятия, что выражается глубинной эрозией, а также тысячами долинами притоков крупных рек (Тиньков, 2020).

## Порфиновый тип месторождений и Ульбейский массив

Порфировые месторождения представляют собой прожилково-вкрапленные руды меди, молибдена, золота штокверкового типа. Сами руды связаны с гранитоидными, монцонитовыми и щелочными (сиениты, кварцевые сиениты) массивами, а вмещающие породы и породы интрузива подвержены скарнированию, филлизитизации, березитизации, различными гидротермально-метасоматическими изменениями с образованием вторичного хлорита, эпидота, серицита и прочих минералов. (Петров, 2020)

Порфировые месторождения появляются в нескольких геодинамических обстановках: 1) области активизации древних кратонов с появлением щелочных гранитных интрузий (кордильерский тип); 2) области активных континентальных окраин (андийский тип); 3) островодужные обстановки вдоль активных континентальных окраин с известково-щелочным магматизмом (Петров, 2020). К последнему типу и относится исследуемая территория.

Рудные тела медно-порфировых месторождений представляют собой штокверки сульфидсодержащих прожилков. Среди главных рудных минералов в рудах порфировых месторождений преобладают пирит, халькопирит, молибденит и магнетит. (Петров, 2020) Реже встречаются борнит, халькозин, энаргит, сфалерит, галенит, пирротин и тетраэдрит.

Порфировые месторождения играют важнейшую роль в добыче меди, молибдена и золота, являясь одним из важнейших типов месторождений данных металлов. На их долю приходится от 50 до 60 % добычи меди в мире, 35–40 % – золота и более 95 % молибдена (Петров, 2020). Простота и дешевизна отработки штокверковых руд карьерами, лёгкость извлечения металлов из руд обеспечивает низкую себестоимость добычи меди и золота.

На границе Охотско-Чукотского вулканоплутонического пояса и Охотского срединного массива обнаружен ряд выявленных месторождений и рудопроявлений медно-порфирового семейства. Рудные штокверки этих проявлений размещаются в непосредственной близости от выступов докембрийского фундамента и связаны с позднемеловыми гранитоидами нютско-куйдусунского плутонического ряда.

В окрестностях и на территории самого Ульбейского массива установлено около 10 рудоносных объектов с минерализацией золота. В большинстве случаев, они представлены широко распространенными в монцогранитах и породах экзоконтакта маломощными малосульфидными кварцевыми жилами, прожилками, а также локализованными в ороговиконных андезитах зонами прожилок сульфидов. (Каварзин, 2022)

Больше всего на близлежащей территории к Ульбейскому массиву распространены маломощные золото-кварц-сульфидные жилы, высыпки которых встречаются в

эндоконтактовых и ближайших экзоконтактовых зонах. Проявления золота в роговиках андезитов представлены зонами развития галенит-сфалеритовых и кварц-карбонатных прожилков, где среди рудных минералов присутствуют, помимо галенита и сфалерита, пирит, арсенопирит и реже халькопирит. (Каварзин, 2022)

Геологическое положение Охотского террейна, Ульбейского массива, тип рудовмещающих пород, геологическое строение участка, всё это достаточно определённо говорит о том, что перед нами территория с потенциальными золотомедными порфировыми месторождениями, которые и являются коренными источниками местных золотоносных россыпей, и поэтому необходимо далее ориентировать дальнейшие исследования с этим фактом.

## Минералы группы хлорита. Общая информация.

Хлориты – большая и сложная по химическому составу группа минералов преимущественно магнезиальных и железистых слоистых силикатов.

Кристаллизуются хлориты в моноклинной сингонии, реже в триклинной, обладают совершенной слюдообразной спайностью, пластинчатым габитусом, низкой твердостью (2-3 по шкале Мооса), небольшим удельным весом (2,6 – 3,3 г/см<sup>3</sup>). Для них характерна зеленая окраска разных тонов, реже жёлтая. Образуют разнозернистые листоватые, пластинчатые, чешуйчатые, оолитовые и радиально-лучистые агрегаты.

Кристаллическое строение большинства хлоритов состоит из симметричных трёхслойных пакетов, которые состоят из двух слоёв алюмо- и кремнекислородных тетраэдров, а также из одного октаэдрического слоя между ними (рис.4). Между пакетами присутствует слой комплексных катионов, так называемый "бруситовый слой", имеющий состав  $Mg_2Al(OH)_6$  и его аналоги (рис.4). Он обладает слабыми остаточными связями гидроксидов с выше- и нижележащими слоистыми пакетами и придаёт минералам небольшую твёрдость и спайность как у слюд.

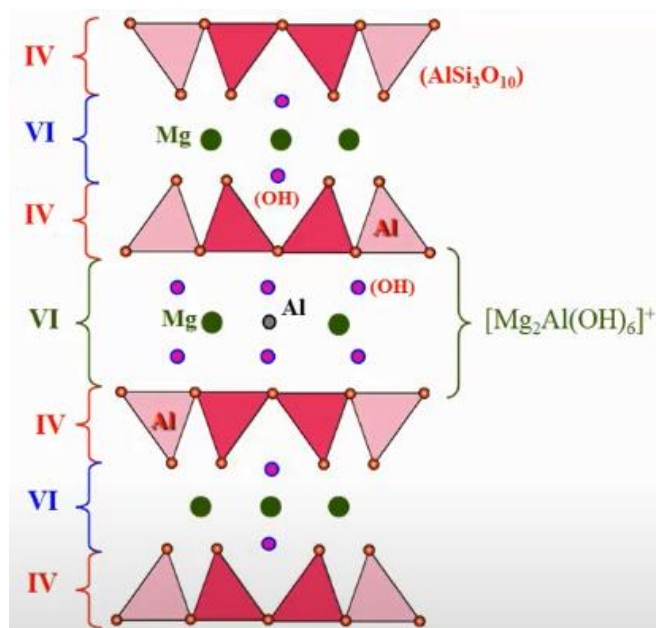
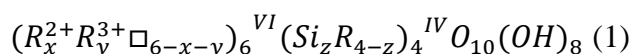


Рис. 4. Кристаллическое строение минералов группы хлоритов на примере пеннина.

Группа минералов хлорита характеризуется широким разнообразием химического состава, обусловленным широкими изоморфными замещениями главных элементов.

Кристаллохимическая формула хлоритов может быть записана как (1):



Где  $R_x^{2+}$  -  $Fe^{2+}, Mg^{2+}$ , реже  $Mn^{2+}, Ni^{2+}, Co^{2+}, Zn^{2+}, Cu^{2+}$ ;  $R_y^{3+}$  -  $Al^{3+}, Fe^{3+}, \pm Cr^{3+}, V^{3+}$ ,  $R_z$  - Al, В и Fe, а  $\square$  – октаэдрическая вакансия. В незначительных количествах находятся в октаэдрической позиции такие элементы как Cr, Ti, Ni, Mn, V, Cu и Li. Они вместе с основными составляющими (Mg,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ , Al и Si) вносят вклад в нестехиометрическую изменчивость вариаций составов хлоритов в зависимости от общего состава породы и физико-химических условий образования, что делает их потенциально привлекательным геотермометром.

Идеализированный химический состав чистых магнезиальных хлоритов может быть выражен следующей формулой:  $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot Mg_3(OH)_6$ . Магний замещается  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ , Al,  $Cr^{3+}$ , Ni, Mn, реже на Li, Zn, а кремний — алюминием в тетраэдрических ячейках.

Главный представитель хлоритоидов - клинохлор (пеннин)  $Mg_5Al(AlSi_3O_{10})(OH)_8$ . Он образует полный изоморфный ряд минералов, который можно продолжить как в сторону еще более магнезиальных и безалюминиевых хлоритов, так и в сторону железистых и алюминиевых хлоритов (шамозит).

Единой классификации хлоритов по химическому составу нет, однако выделяют две большие группы: ортохлориты (богатые магнием и с содержанием Fe+3 менее 4%) и лептохлориты (прочие) (Jamie et al, 2018). Среди первых выделяются: магнезиальные (корундофиллит, шериданит, клинохлор), магнезиально-железистые (прохлорит, диабантин) и железистые, различающихся по отношению Fe/(Fe+Mg) в октаэдрических слоях и Si/Al в тетраэдрических. К лептохлоритам относятся окисложелезистые (с общим содержанием  $Fe^{+3}$  более 4%) и прочие хлориты с непостоянным химическим составом: тюрингит, шамозит, делессит, марганцовистые, хромовые, никелевые, литиевые, цинковые и другие. (Jamie J. Wilkinson et al., 2015)

Хлориты распространены достаточно широко. Они образуются в результате действий низкотемпературных гидротермальных жил из пироксенов, роговой обманки и железосодержащих слюд. Хлориты являются главными породообразующими минералами некоторых метаморфических пород: зеленых сланцев, филлитов, хлоритовых гнейсов и некоторых других. Некоторые лептохлориты (например, оолитовые агрегаты шамозита) имеют седиментогенное происхождение. (Jamie J. Wilkinson et al., 2015)

## Термометрия хлорита

### Общая концепция

Ещё с 90-ых годов прошлого века учёные начали изучать термометрию хлоритов и их возможное применение для разведки полезных ископаемых. Было предложено несколько подходов к термометрии хлорита, которые включают структурные и химические особенности в зависимости от температуры образования самих хлоритоидов, протолита и состава гидротермальных растворов. В данной работе будут рассматриваться только химические геотермометры.

Хлорит демонстрирует латеральные и вертикальные вариации состава от дистального до проксимального конца рудного тела, регистрируя химические характеристики флюида, которые полезны для определения процессов гидротермальных изменений и физико-химические условия минерализации всей системы месторождения. (Jamie J. Wilkinson et al., 2015)

Среди этих подходов особенно активно в последние десятилетия исследовалось поведение четырёхвалентного алюминия. Было установлено, что его содержание увеличивается с повышением температуры образования хлорита и присутствие данного химического элемента в минералах представляет собой зависимость этих двух величин. Было также установлено, что хлориты, образовавшиеся при низких температурах, имеют более высокое содержание кремния, что, вероятно, связано с замещения Чермака ( $\text{Si}+\text{Fe}\rightarrow\text{Al}^{\text{IV}}+\text{Al}^{\text{VI}}$ ), которое при низких температурах плохо реализуется. Кроме этого, играет роль замещение магния и железа на алюминий ( $3(\text{Mg}^{2+}, \text{Fe}^{2+})\rightarrow\Box+2\text{Al}^{\text{VI}}$ ), которое, наоборот, преобладает при низких температурах. (Zhiqiang Wang et al, 2018)

Хлорит из медно-порфировых месторождений, к которым относится и исследуемая в данной работе территория Ульбейского массива, имеет высокое содержание магния, низкое содержание железа и относительно однородное кремния и алюминия. Вариации, которые имеются в химическом составе различных зёрен хлоритоидов, вероятно, отражают состав вмещающих пород, поскольку медно-порфировые месторождения генетически связаны с богатыми магнием среднекислыми породами (Zhiqiang Wang et al, 2018). Более того, хлорит в данных породах встречается как продукт преобразования биотита и роговой обманки, что влияет на результаты масс-спектрометрии. Так, в породах среднего состава данные минералы содержат больше MgO и меньше FeO, чем в кислых породах, и в хлоритах прослеживается данная тенденция. (Zhiqiang Wang et al, 2018)



Одним из последних и крайне важных открытий в термометрии хлоритов было установление факта того, что содержание титана, ванадия в хлоритах меднопорфировых месторождений уменьшаются по мере удаления от центра оруденения и изменения в химическом составе очень систематичны на протяжении 2,5 км от центра оруденения, что создаёт для геологов относительно точный инструмент для оценки рудоносности месторождений. В результате были созданы различные уравнения, связывающие расстояние до месторождения и соотношение различных элементов в хлоритах. (Jamie J. Wilkinson et al., 2015)

### **Различие между метаморфическими и гидротермальными хлоритами**

Хлорит, как было сказано выше, может образовываться в результате действия различных региональных метаморфических процессов, поэтому, в процессе исследования геотермии данного минерала и последующей оценки рудоносности участка, в некоторых случаях появляется необходимость отличать гидротермальный хлорит от метаморфического. (Gaobin Chua et al, 2020)

В результате сравнения хлоритов из различных метаморфических пород с хлоритами из гидротермальных месторождений, было отмечено, что содержание кремния во всех исследуемых образцах почти идентично, однако хлориты из метаморфических пород имеет меньше цинка и стронция и больше алюминия.

Данное различие между метаморфическими и низкотемпературными гидротермальными хлоритами объясняется составом протолита, вмещающих пород и флюидов (Gaobin Chua et al, 2020). По сравнению с метаморфической средой, которая насыщена алюминием, данный химический элемент несовместим в гидротермальной среде, тогда как стронций и цинк, наоборот, распространены. Кроме того, двухвалентные стронций и кальций имеют сходный ионный размер, и, таким образом, стронций может замещать кальций в решетке некоторых порообразующих минералов, таких как кальцит. Таким образом, резюмируя, содержания цинка, стронция и алюминия потенциально могут быть использованы для нахождения метаморфогенных хлоритов.

### **Уравнения хлоритовых геотермометров**

Хлоритовый геотермометр был впервые создан на основе изучения состава хлорита с изменением глубины и температуры в гидротермальной системе Los Azufres (Мексика) и имеет следующий вид:

$$T_1, ^\circ\text{C} = -61.92 + 321.98 * \text{Al}^{\text{IV}} \quad (2) \quad (\text{Cathelineau, 1988})$$

Он базируется на изучении положения алюминия в тетраэдрической и октаэдрической позициях структуры и хорошо подходит для температур образования хлоритов между 130–310 °С.

Однако, данное уравнение несколько раз было модифицировано и усовершенствовано для некоторых особенностей месторождений, где учитывалось изменение  $Fe/(Fe+Mg)$ , отношение между  $Al^{IV}$  и  $T$ , чтобы получать более точные результаты термометрии. (Шафигуллина, 2020)

$$T_2, ^\circ C = 106 Al_c^{IV} + 18, \text{ где } Al_c^{IV} = Al_{O28}^{IV} + 0.7(Fe/(Fe + Mg)) \quad (3) \quad (\text{Kranidiotis, MacLean, 1987})$$

$$T_3, ^\circ C = 319 Al_c^{IV} - 69, \text{ где } Al_c^{IV} = Al_{O14}^{IV} + 0.1(Fe/(Fe + Mg)) \quad (4) \quad (\text{Jowett, 1991})$$

$$T_4, ^\circ C = 106,2 Al_c^{IV} + 17.5, \text{ где } Al_c^{IV} = Al_{O28}^{IV} - 0.88(Fe/(Fe + Mg) - 0.34) \quad (5) \quad (\text{Zang, Fyfe, 1995})$$

Геотермометр  $T_2$  подходит для оценки температуры кристаллизации в присутствии других глиноземистых минералов. Геотермометры по  $T_3$  и  $T_4$  учитывают влияние железа на образование хлорита, где  $Fe/(Fe+Mg) < 0.6$  для  $T_3$  и  $Fe/(Fe+Mg) > 0.34$  для  $T_4$ .

Однако ни один геотермометр не работает удовлетворительно в широком диапазоне содержания алюминия, значений железистости, температур, поэтому необходимо их комбинировать в зависимости от геологических условий.

В результате изучения нескольких геотермометров хлоритов, закономерностей размещения рудоносных тел в порфириковых месторождениях, был предложен геотермометр на основе отношений элементов, который имеет следующий вид:

$$x = \frac{\ln(R/a)}{b} \quad (6),$$

где  $x$  – расстояние в метрах,  $R$  – отношение элементов,  $b$  – константа экспоненты уравнения содержания элементов,  $a$  – скалярная константа (Jamie J. Wilkinson et al., 2015). Для параметра  $R$  используются элементы, которые ярко показывают геотермию хлорита (титан, ванадий и прочие), один из которых увеличивает свою концентрацию, а второй – уменьшает в зависимости от близости к магматическому центру системы. Данное уравнение показывает относительно хорошие результаты расстояния от центра порфириковой системы до места отбора породы (вплоть до 5 км), что позволяет его использовать для аналогичных потенциальных золоторудных систем (Jamie J. Wilkinson et al., 2015).

## Геологическое строение территории

### Описание основных типов горных пород

Одной из поставленных задач в данной работе было уточнение геологического строения исследуемой территории. Для этого из полученных во время полевых работ образцов пород были сделаны петрографические шлифы. Они были изучены под бинокулярном микроскопом Leica DM – 2500 в РЦ «Рентгенодифракционные методы исследования» при параллельных и скрещенных николях, определены их основные компоненты и вторичные изменения.

Было выделено несколько типов пород, которые формируют исследуемую территорию. Все они перечислены и описаны ниже. Шлифы пород одного и того же типа имеют незначительные различия по петрографическому составу, которые выражаются во вторичных изменениях и в количестве вторичных минералов. По этой причине описание будет приведено не каждого шлифа в отдельности, а по отдельным группам. Вторичные изменения будут отдельно рассмотрены в следующей подглаве.

#### *Андезит (эпидот-хлоритовый/эпидот-актинолитовый)*

Порода неоднородная, порфириовидная, где среди микрокристаллической массы из кварца, полевых шпатов, актинолита, находятся среднезернистые вкрапленники. Порфировые вкрапленники распределены по породе почти равномерно, гипидиоморфнозернистые, составляют в среднем около 35-40 % от площади всего шлифа. В качестве вкрапленников выступают главным образом плагиоклазы (андезин), амфиболы (роговая обманка), реже кварц и актинолит. Матрикс подвержен сильной пелитизации, имеется вторичный хлорит, эпидот, актинолит, замещающие биотит и плагиоклазы.

1) Плагиоклазы (Андезин). Кристаллы почти всегда псевдоидиоморфные, призматически вытянуты. Границы относительно ровные. Отсутствуют пертиты распада, кристаллы были подвержены вторичным изменениям, где в подавляющем большинстве шлифов андезин почти полностью замещён эпидотом. Проявляется также гораздо реже серицитизация и пелитизация. Размеры различны, до 0,5 мм в длину. Около 80% от всех вкрапленников в породе. Встречается среди вкрапленников альбит, который является вторичным образованием

2) Роговая обманка встречается только в виде крупных вкрапленников. Границы зубчатые, размер зёрен - до 0,5 мм в длину. Распределены неравномерно, иногда в виде скоплений. Около 20% от всего количества всех вкрапленников в породе (рис.5). Замещается эпидотом.

3) Хлорит в скрещенных николях имеет тёмно-синий, чернильный цвет, присутствует в виде чешуйчатых агрегатов. Актинолит имеет также игольчатую форму, но более яркие цвета: жёлтый, красный и др. Не встречаются вместе в одном и том же шлифе. Составляют до 10%.

4) Рудные минералы составляют 5-10% от площади шлифа. Представлены магнетитом, титаномагнетитом, реже апатитом, сфеном.

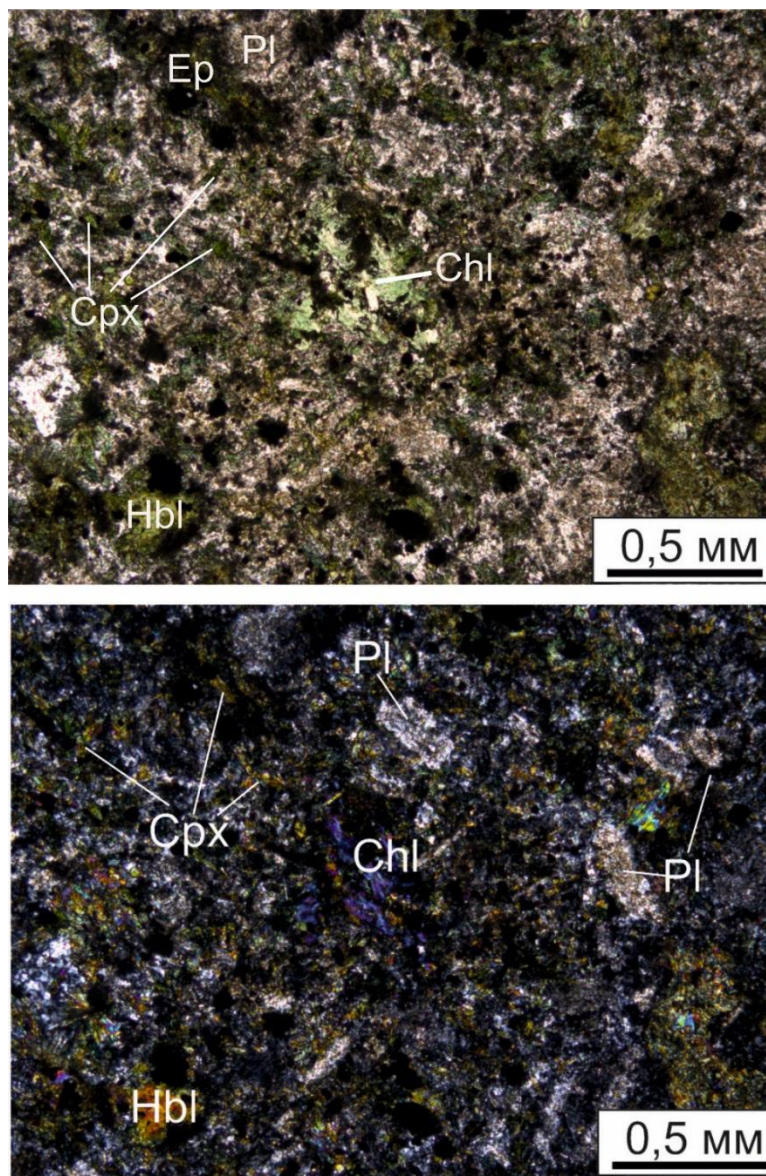


Рис.5. Андезит.

#### *Роговик*

Структура образцов данного типа пород – гранобластовая, микрозернистая, мозаичная, почти без крупных вкрапленников, с простыми полигональными или зубчатыми неправильными очертаниями зерен.

Среднезернистые вкрапленники представлены андезином, эпидотом, амфиболом, имеют размер до 0,3 мм. Всего они занимают до 10% от площади всего шлифа. Все вкрапленники ксеноморфные, бесформенные.

Основная масса - кварц-полевошпатовая с эпидотом, где также встречаются кристаллы хлорита, мусковита, реже биотита (рис.6). Хлорит в скрещенных николях имеет чернильные, реже желтоватые-зелёные цвета и находится в виде пластинчатых агрегатов. Около 10% от площади шлифа составляют рудные минералы: магнетит, титаномагнетит, гранат, апатит.

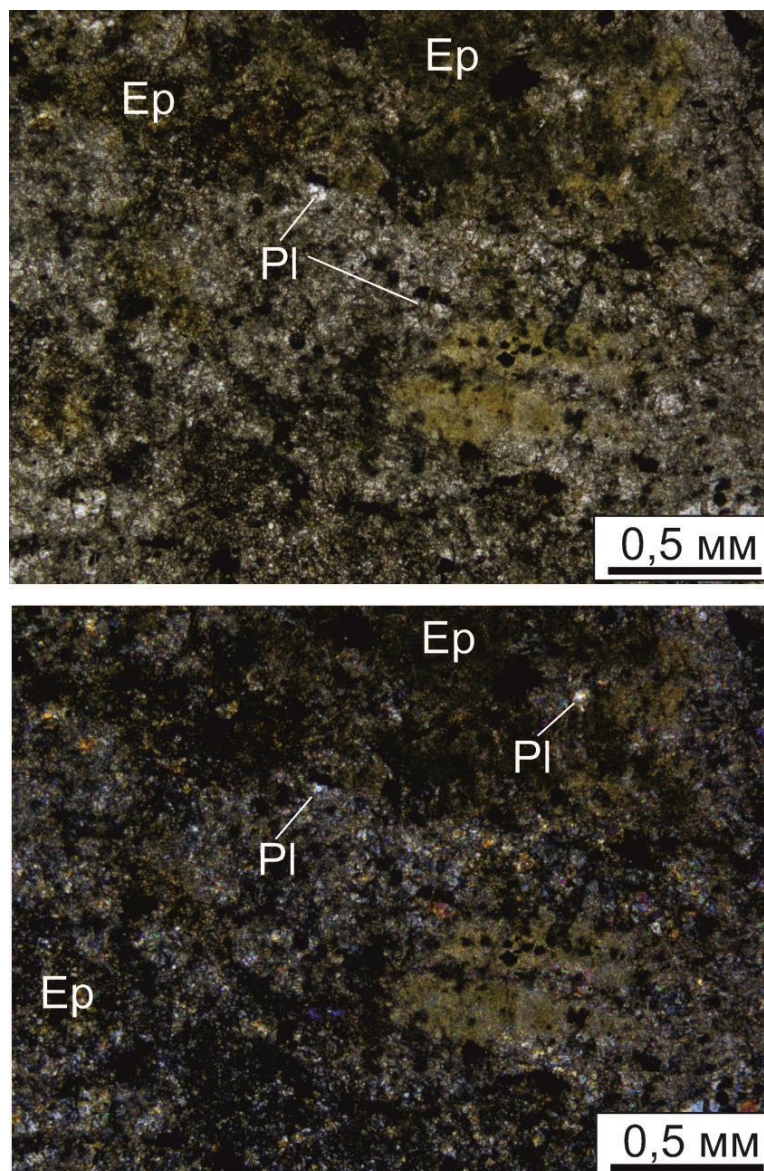


Рис.6. Эпидотовый роговик.

## *Гипабиссальный гранит*

Порода разномзернистая, средне- и мелкозернистая. Сложена кристаллами различных амфиболов, плагиоклаза, кварца, калиево-натриевого полевого шпата, вторичного актинолита, а также, в меньшей степени, хлорита. В породе присутствуют мафические включения в виде крупных зёрен амфиболов, которые возникли при внедрении магмы во вмещающие породы. Все грани зёрен ровные, без зазубрин. Структура порфировидная.

Породообразующие минералы составляют около 95 % от всей породы:

1) Амфиболы, роговая обманка – до 50% ксеноморфные, изометричные пластинки. Размеры около 0,2-0,4 мм. Большая часть из них являются вышеупомянутыми многочисленными мафическими включениями, которые имеют размер до нескольких мм. Часто имеются почернения внутри агрегатов кристаллов амфиболов – признаки инородного происхождения.

2) Альбит, олигоклаз – 25-35 %, относительно идиоморфные, длиннопризматические кристаллы. Присутствуют пертиты распада в некоторых из них, а сами кристаллы пелитизированы, имеют вторичный эпидот и реже серицит. Зёрна плагиоклаза имеют размер в среднем 1,5 мм и более.

3) Кварц – 15-20%, ксеноморфный, округлый, размер в основном около 1,5 мм и менее. Границы незубчатые, но не прямые.

4) Ортоклаз – 10-15%, ксеноморфные, часто короткопризматические, реже округлые кристаллы. Размер различен, от 0,7 мм до нескольких миллиметров. Часто пелитизированы.

Акцессорные минералы составляют до 7% от площади всего шлифа. Они представлены мелкими и единичными кристаллами хлорита и рудных минералов, размером до 0,2 мм.

Порода подверглась сильным вторичным изменениям. Они представлены главным образом сильной пелитизацией по полевым шпатам, развит вторичный эпидот по плагиоклазам, из-за чего в некоторых они плохо просвечиваются в скрещенных николях. В основной массе также находится вторичный эпидот, реже хлорит, как результат пропилитизации породы (рис.7).

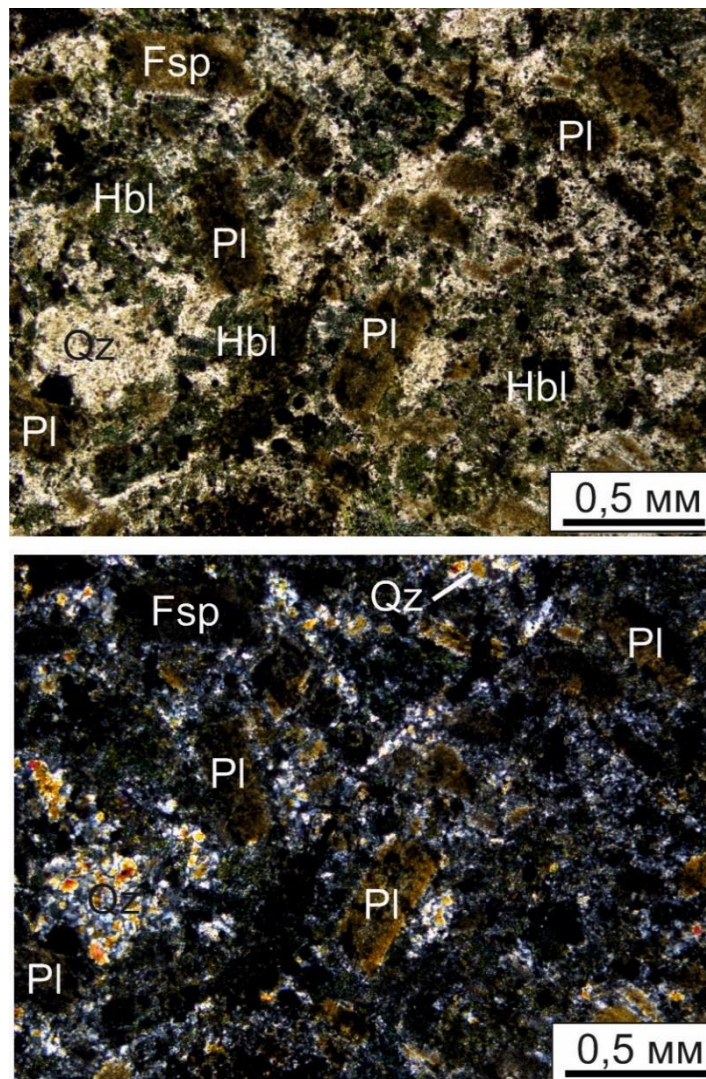


Рис.7. Гранит-порфир.

### *Дациит*

Порода неоднородная, порфировая, где среди микрокристаллической массы из кварца полевых шпатов, актинолита, находятся среднезернистые вкрапленники. Порфировые вкрапленники распределены по породе почти равномерно, гипидиоморфнозернистые, составляют в среднем около 35-40 % от площади всего шлифа. В качестве вкрапленников выступают главным образом плагиоклазы (андезин), амфиболы (роговая обманка), реже кварц. Кварц-полевошпатовая масса подвержена сильной пелитизации, имеется вторичный хлорит, замещающий биотит.

1) Плагиоклазы (андезин, олигоклаз). Кристаллы почти всегда псевдоидиоморфные, призматически вытянуты. Границы относительно ровные. Отсутствуют пертиты распада, а кристаллы были подвержены вторичным изменениям, в подавляющем большинстве случаев плагиоклаз почти полностью замещён эпидотом. Проявляется также серицитизация

и пелитизация. Размеры различны, до 0,5 мм в длину. Около 80% от всего количества всех вкрапленников в породе. Встречается среди вкрапленников альбит, который является вторичным образованием при низкотемпературной пропилитизации.

2) Роговая обманка встречается только в виде крупных вкрапленников. Границы зубчатые, размер зёрен - до 0,5 мм в длину. Распределены неравномерно, иногда в виде скоплений. Около 20% от всего количества всех вкрапленников в породе (рис.8). Замещается эпидотом.

3) Хлорит в скрещенных николях имеет желтоватый цвет, присутствует в виде чешуйчатых агрегатов. Актинолит похож на хлорит, но имеет игольчатую форму. Не встречаются вместе. Составляют до 10% от площади шлифа.

4) Рудные минералы составляют 5-10% от площади шлифа. Представлены магнетитом, титаномагнетитом, реже апатитом.

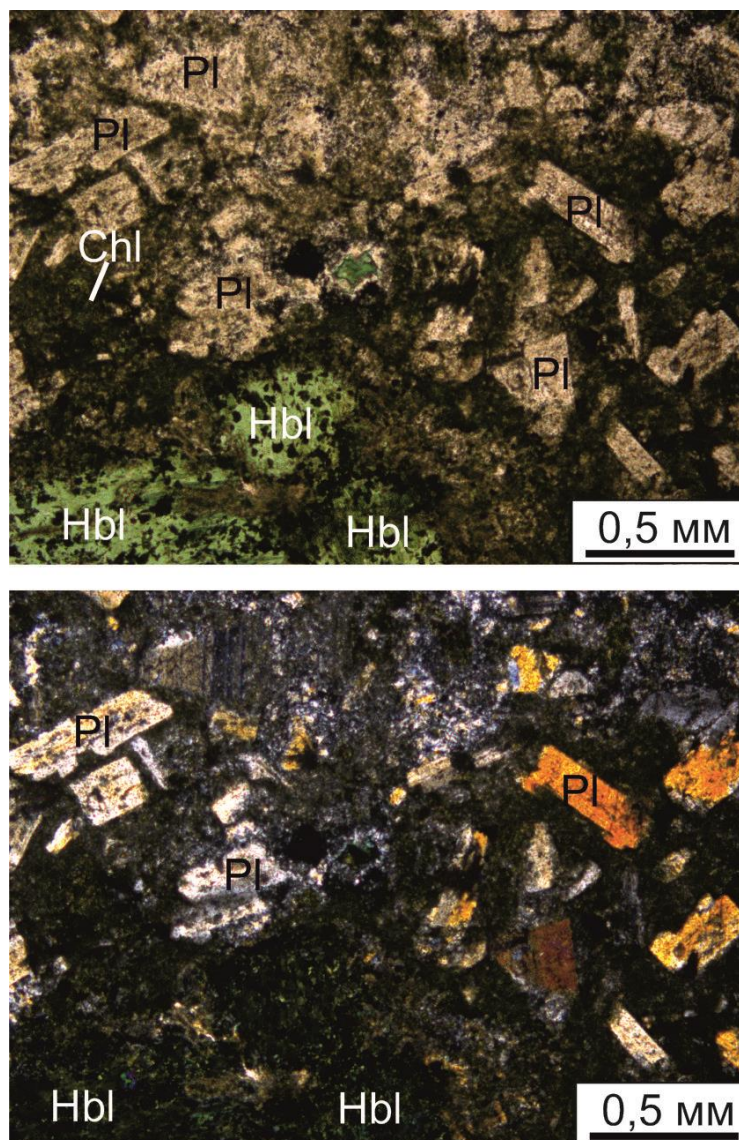


Рис.8. Дацит.



## Геологическое строение исследуемой территории

Для оценки рудоносности территории необходимо не только изучить минералогические и петрографические особенности отдельных образцов, но и оценить полученные данные в единой картине, создать новую геологическую карту полигона, так как золоторудная минерализация зависит и от отдельных региональных геологических особенностей: разломов, расположения отдельных типов пород друг от друга.

Результатом исследования петрографических шлифов стало составление такой обновлённой геологической карты исследуемой территории (рис. 9).

По новым данным увеличилась площадь дацитов, появились новые участки их распространения. Ореолы зон пропилитизации, которые были выявлены по вторичным изменениям в шлифах, также значительно расширились, если их сравнивать с картой 1977 года (рис.3).

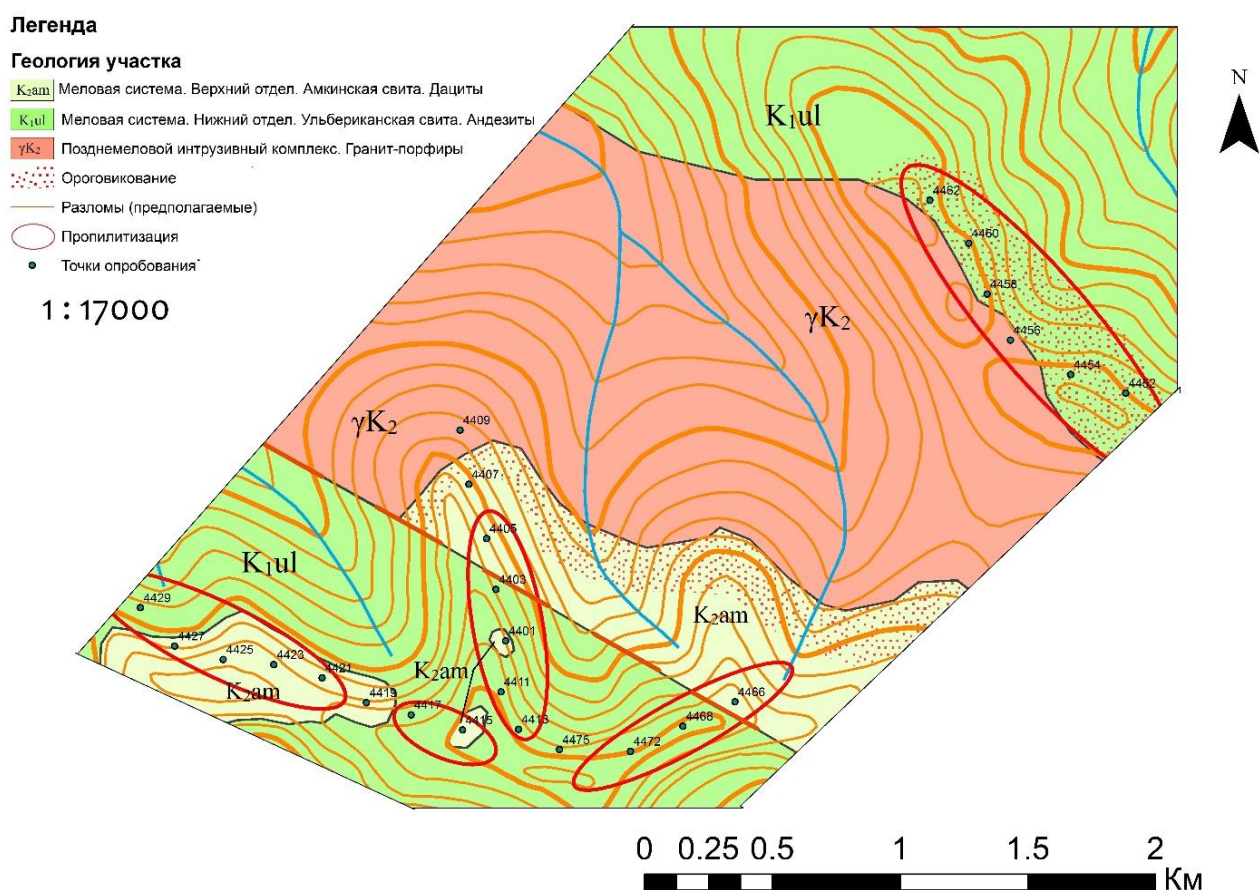


Рис. 9. Геологическая карта исследуемой территории.

## **Вторичные изменения**

Исследуя петрографические шлифы, по наличию определённых ассоциаций вторичных изменений было отмечено, что практически все образцы в той или иной степени были подвержены пропилитизации различных фаций, что типично для аналогичных геологических обстановок. В результате данных преобразований, в породах эпидот развит по плагиоклазам, хлорит по биотиту, актинолит замещает более низкотемпературный хлорит.

Пропилиты являются типичными продуктами низко и среднетемпературного метасоматоза вулканитов среднего состава. Этот процесс развивается вдоль разломов под действием постмагматических слабокислотных, нейтральных и слабо щелочных растворов на глубине 0,5-2 км и при температуре 150-300°C. Главные фации пропилитизированных пород от низко к высокотемпературным – альбит-кальцитовая, эпидот-хлоритовая, эпидот-актинолитовая и биотит-актинолитовая. (Сазонов, 2007)

Пропилиты являются классическим поисковым признаком на золото. Данный метал приурочен к биотитовой фации, так как его условия образования и золоторуной минерализации практически совпадают. (Сазонов, 2007)

Практически все фации представлены на исследуемой территории. Прослеживается их определённая зональность от низкотемпературных к высокотемпературным, что особенно проявляется в профиле, идущем в крест простирания контакта с гранитами, а также по границе интрузии и вмещающих пород (см. рис.10).

Из полученных данных можно сделать несколько выводов. Во-первых, расширились зоны пропилитизации пород. В следствие этого, можно утверждать, что исследуемая территория может быть потенциально рудоносна возле «северного» профиля. Также можно предположить, что возле точек отбора проб в южной части территории имеются дополнительные разломы. На это указывают места где между зонами относительно низкотемпературных фаций присутствуют породы с более высокотемпературными вторичными изменениями (такие как № 4425, № 4423), а именно вдоль разломов развивается пропилитизация.

Однако составление точной и качественной карты распространения фаций пропилитов, а тем более разломов на основе имеющихся данных невозможно из-за относительно большого расстояния между точками отбора вулканитов. Для данной задачи необходимо отобрать дополнительные образцы с последующим их изучением.

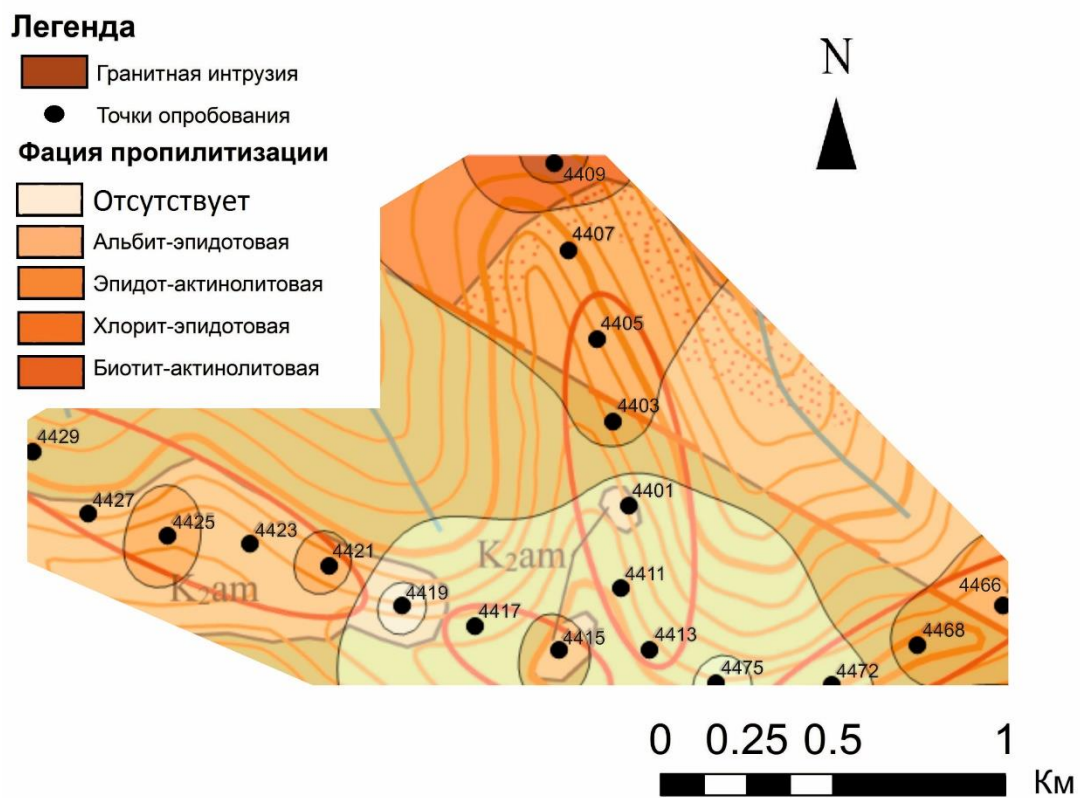


Рис. 10. Карты распространения фаций пропилитизации.

## Типоморфизм хлоритов и интерпретация результатов

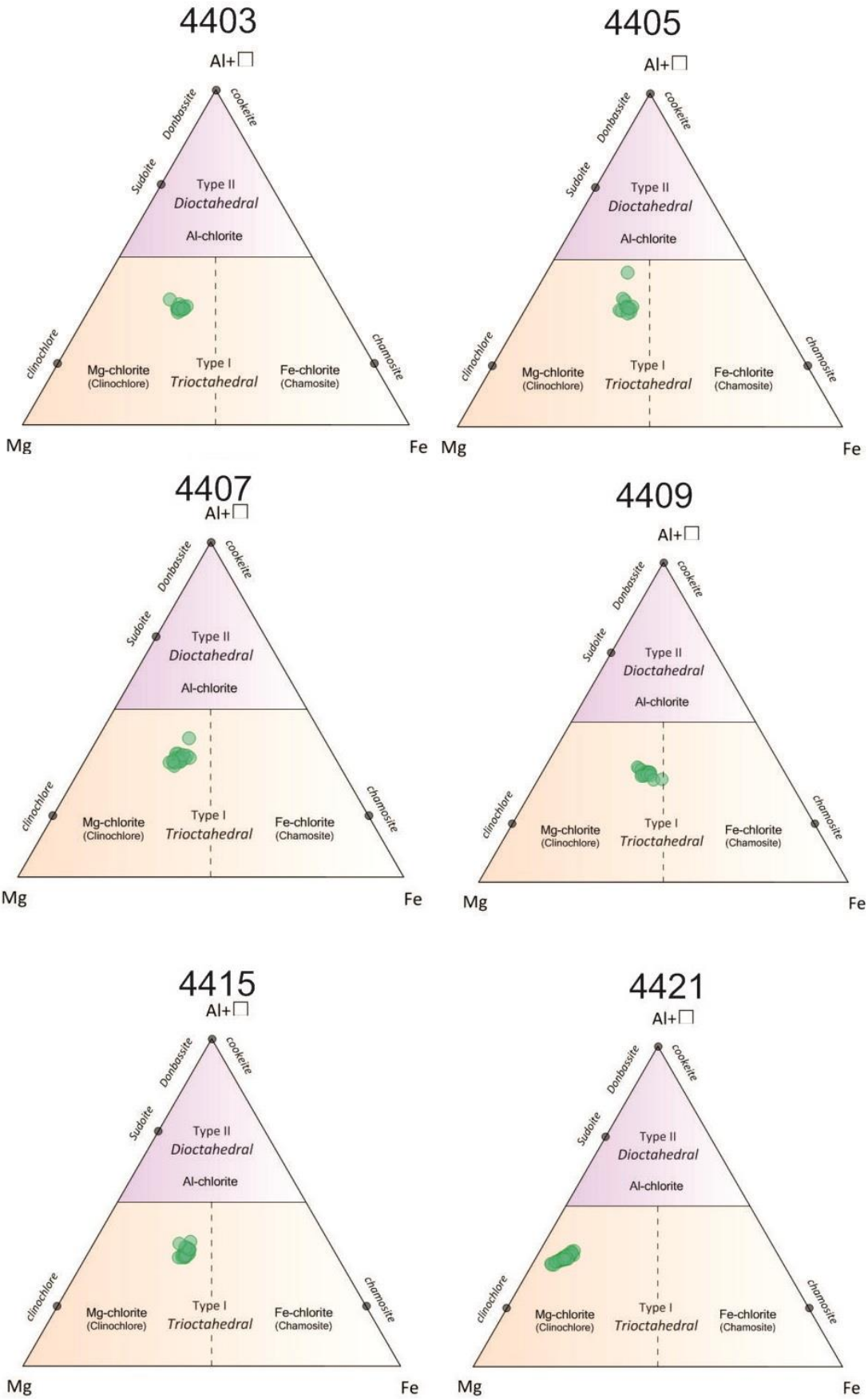
### Методика работ

Для решения главных задач данной дипломной работы необходимо изучить химический состав хлоритов в породах и проанализировать полученные результаты. Состав хлорита изучался во всех образцах, в которых он присутствовал, на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) Hitachi S-3400N с энергодисперсионным приставкой Oxford Instruments X-Max 20 в Ресурсном Центре СПбГУ «Геомодель», аналитик Н.С. Власенко. Всего было получено 250 точечных анализов, подходящих для их последующей обработки. Результаты спектров приведены в приложении.

Температурные условия образования хлорита оценены с помощью четырёх хлоритовых геотермометров (Cathelineau, 1988; Kranidiotis, MacLean, 1987; Jowett, 1991; Zang, Fyfe, 1995). Формулы для расчета температур образования хлоритов приведены в уравнениях (2) – (5) (см. стр. 25-26). Кристаллохимические формулы рассчитаны по коэффициентам на 14 формульных единиц и представлены в табл. 2.

Для характеристики химического состава хлоритов в каждом отдельном образце были построены тройные диаграммы содержания железа, магния и алюминия (рис. 11). За одну точку был принят отдельный результат спектра рентгеноспектрального анализа. Также была создан аналогичный график среднего содержания этих же химических элементов, где за точку принималось среднее значение всех спектров состава хлорита из одного образца. Для классификации минералов в пробах были составлены две дополнительные диаграммы: содержания модуля железистости (отношения  $Fe/(Fe+Mg)$ ) и кремния (рис.12), а также содержания  $R^{3+VI}$  и соотношения  $Mg/(Mg+Fe)$  (рис.13). Кристаллохимические формулы и графики были рассчитаны с помощью программ WinCCas 1.08 и Grapher. В таблице 1 представлены среднее содержание химических элементов по отдельным образцам.

# Классификация хлоритов и их кристаллохимические формулы



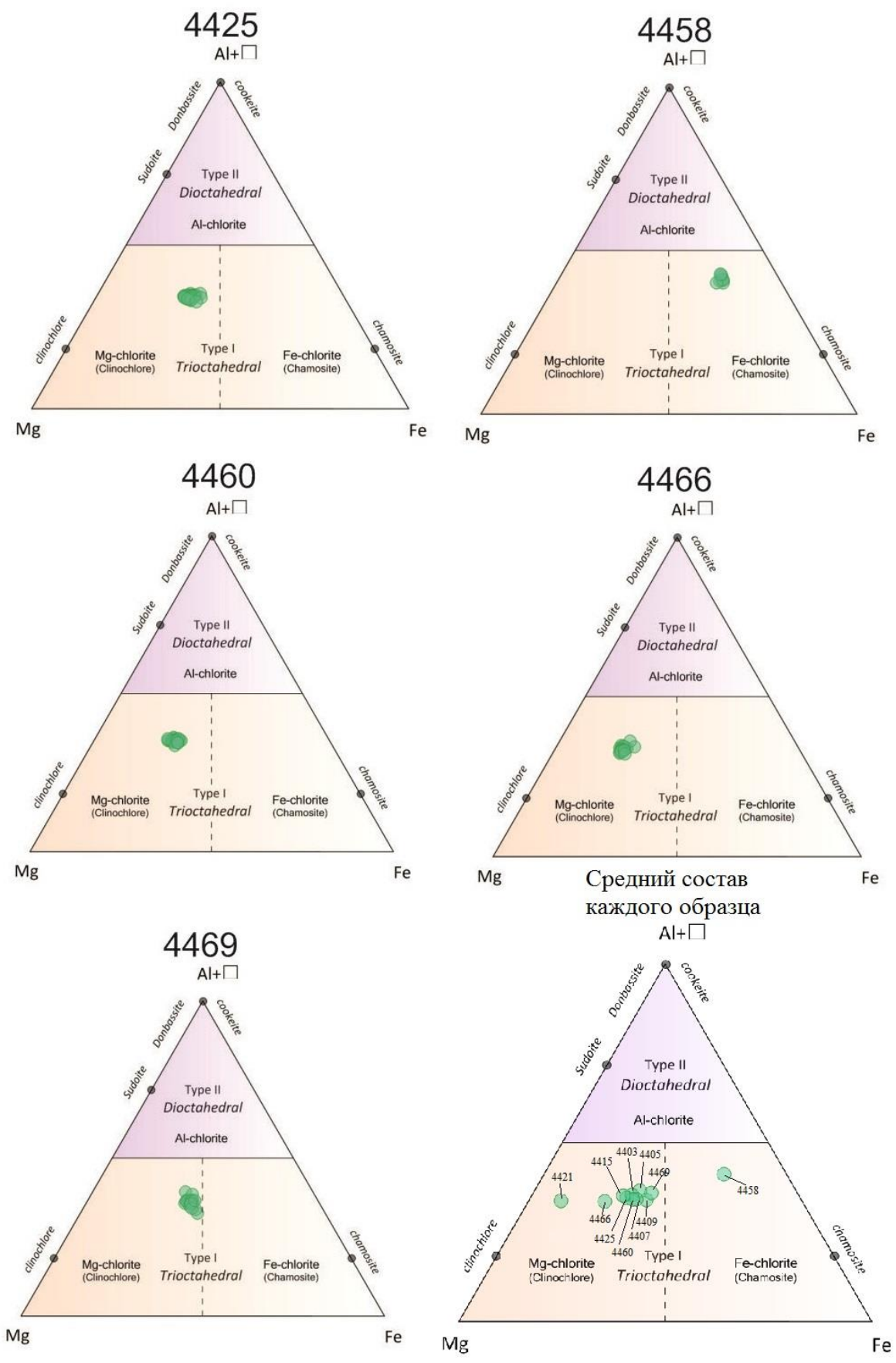


Рис. 11. Диаграммы содержания Mg-Fe-Al в хлоритах

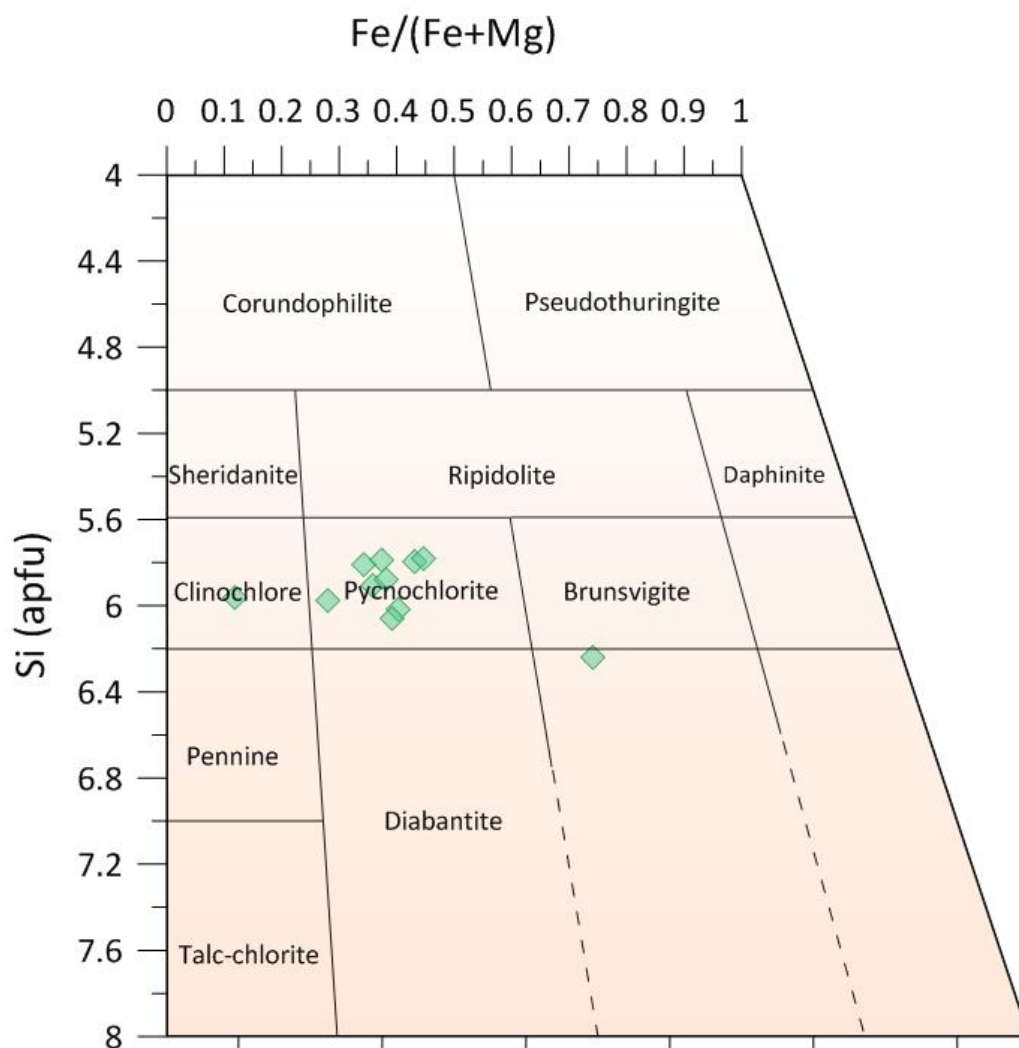


Рис. 12. Классификация хлоритов по модулю железистости и содержанию кремния

Таблица 1

Среднее содержание элементов в хлоритах (в окисной форме)

Образец	NaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	FeO	Сумма
4403	0.00	19.27	19.20	28.92	0.00	0.24	0.00	0.06	0.65	19.12	87.45
4405	0.00	16.98	19.18	28.92	0.26	0.06	0.00	0.10	0.34	20.51	86.34
4407	0.02	18.57	19.76	28.07	0.00	0.06	0.00	0.00	0.48	19.81	86.76
4409	0.00	17.34	19.27	28.35	0.00	0.05	0.06	0.16	0.64	23.44	89.30
4415	0.00	18.32	18.66	29.95	0.00	0.63	0.00	0.00	0.68	21.11	89.36
4421	0.00	26.81	18.72	29.39	0.00	0.00	0.00	0.34	0.54	6.37	82.08
4425	0.00	18.23	18.55	27.94	0.01	0.02	0.04	0.12	0.31	20.05	85.29
4458	0.04	6.01	17.93	26.85	0.43	0.07	0.29	0.00	0.67	30.51	82.79
4460	0.05	19.42	19.45	27.92	0.02	0.00	0.00	0.00	0.33	18.05	85.23
4466	0.00	22.02	18.67	29.48	0.04	0.00	0.00	0.00	0.75	15.25	86.21
4469	0.00	15.90	19.62	27.59	0.00	0.14	0.16	0.00	1.12	22.92	87.44

По содержанию  $R^{3+_{VI}}$  и соотношения  $Mg/(Mg+Fe_{tot})$  хлорит во всех изученных образцах относится к триоктаэдрической группе сингонии (рис. 11), что позволяет использовать химическую формулу триоктаэдрических хлоритов —  $(R_x^{2+}R_y^{3+})_6^{VI}(Si_zR_{4-z})_4^{IV}O_{10}(OH)_8$

Как видно из представленных графиков химических составов исследуемых минералов (рис. 11) и по кристаллохимическим формулам (табл. 2), они, в большинстве случаев, имеют примерно равное количество магния и железа, но с небольшим преобладанием первого. Однако есть два образца, которые резко выделяются из общего ряда, № 4458 и № 4421. Первый – единственный преимущественно железистый хлорит, а второй, наоборот, маложелезистый.

Исходя из диаграмм отношений содержаний модуля железистости и кремния, образец № 4458 можно классифицировать как шамозит, а № 4421 как клинохлор. Хлориты из остальных проб относятся к пикнохлоритам (см. рис. 12).

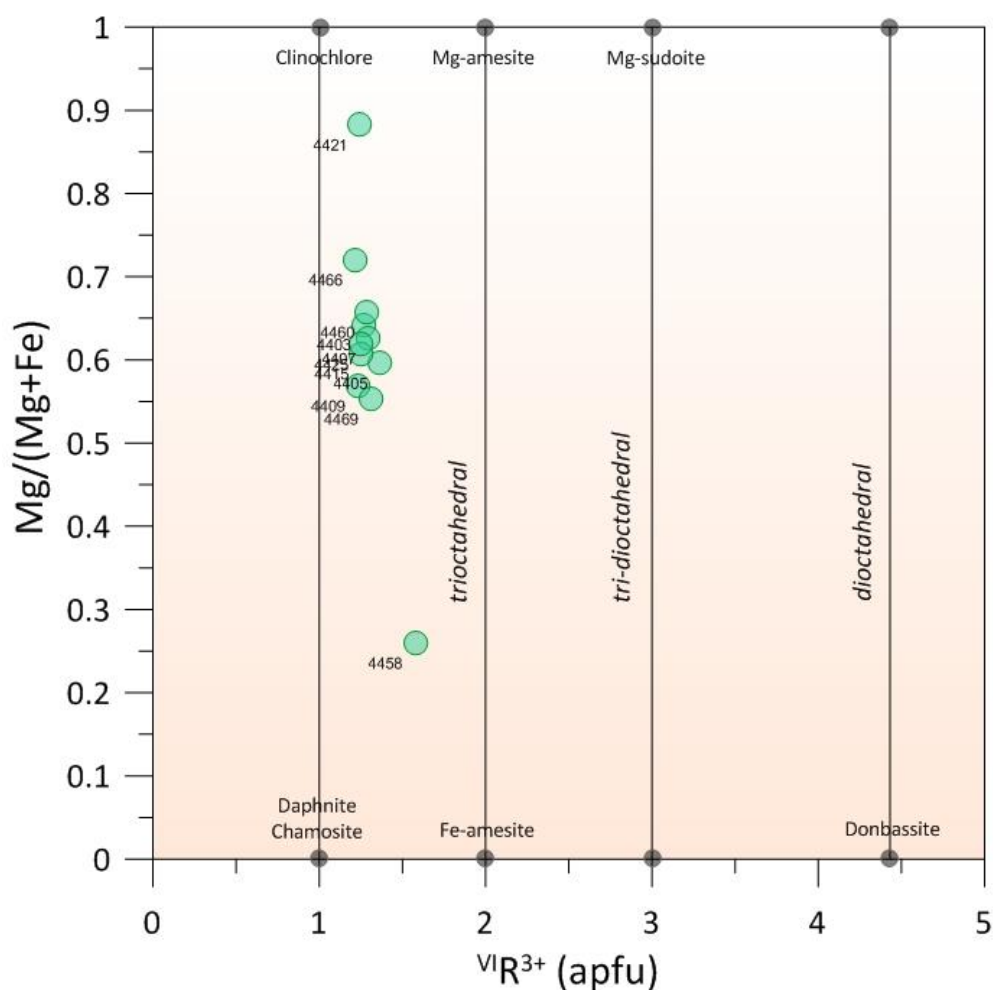


Рис. 13. Содержание  $R^{3+_{VI}}$  и соотношения  $Mg/(Mg+Fe)$  в хлоритах образцов



## Кристаллохимическая формула хлоритов в образцах

Образец	Формула
4403	$(\text{Mg}_{2.933} \text{Fe}_{1.633} \text{Al}_{1.263} \square_{0.110} \text{Mn}_{0.056} \text{Cr}_{0.005})(\text{Si}_{2.953} \text{Al}_{1.047})\text{O}_{10}(\text{OH})_8$
4405	$(\text{Mg}_{2.633} \text{Fe}_{1.784} \text{Al}_{1.359} \square_{0.187} \text{Mn}_{0.030} \text{Cr}_{0.008})(\text{Si}_{3.001} \text{Al}_{0.993})\text{O}_{10}(\text{OH})_8$
4407	$(\text{Mg}_{2.855} \text{Fe}_{1.709} \text{Al}_{1.297} \square_{0.098} \text{Mn}_{0.042} \text{Na}_{0.004})(\text{Si}_{2.895} \text{Al}_{1.105})\text{O}_{10}(\text{OH})_8$
4409	$(\text{Mg}_{2.642} \text{Fe}_{2.004} \text{Al}_{1.220} \square_{0.066} \text{Mn}_{0.055} \text{Cr}_{0.013})(\text{Si}_{2.900} \text{Al}_{1.102})\text{O}_{10}(\text{OH})_8$
4415	$(\text{Mg}_{2.762} \text{Fe}_{1.786} \text{Al}_{1.253} \square_{0.141} \text{Mn}_{0.058})(\text{Si}_{3.030} \text{Al}_{0.971})\text{O}_{10}(\text{OH})_8$
4421	$(\text{Mg}_{4.054} \text{Al}_{1.219} \text{Fe}_{0.541} \square_{0.113} \text{Mn}_{0.047} \text{Cr}_{0.027})(\text{Si}_{2.981} \text{Al}_{1.019})\text{O}_{10}(\text{OH})_8$
4425	$(\text{Mg}_{2.860} \text{Fe}_{1.765} \text{Al}_{1.242} \square_{0.096} \text{Mn}_{0.028} \text{Cr}_{0.010})(\text{Si}_{2.940} \text{Al}_{1.060})\text{O}_{10}(\text{OH})_8$
4458	$(\text{Fe}_{2.966} \text{Al}_{1.576} \text{Mg}_{1.040} \square_{0.353} \text{Mn}_{0.066} \text{Na}_{0.009})(\text{Si}_{3.120} \text{Al}_{0.879})\text{O}_{10}(\text{OH})_8$
4460	$(\text{Mg}_{3.011} \text{Fe}_{1.570} \text{Al}_{1.128} \square_{0.102} \text{Mn}_{0.029} \text{Na}_{0.011})(\text{Si}_{2.904} \text{Al}_{1.096})\text{O}_{10}(\text{OH})_8$
4466	$(\text{Mg}_{3.011} \text{Fe}_{1.292} \text{Al}_{1.217} \square_{0.102} \text{Mn}_{0.064})(\text{Si}_{2.987} \text{Al}_{1.013})\text{O}_{10}(\text{OH})_8$
4469	$(\text{Mg}_{2.933} \text{Fe}_{2.007} \text{Al}_{1.311} \square_{0.100} \text{Mn}_{0.100})(\text{Si}_{2.889} \text{Al}_{1.111})\text{O}_{10}(\text{OH})_8$

## Термометрия хлорита

Результаты по применению различных геотермометров (табл. 3) говорят о том, что температура образования хлоритов была в среднем в диапазоне 235°C – 280°C с разницей 25–50°C в рамках использования одного и того же уравнения. Полученные значения соответствуют температурному режиму мезотермального метасоматоза, которому подверглись рудовмещающие вулканиты.

Для термометрии хлоритов на исследуемой территории больше всего пригодны уравнения T<sub>1</sub> (2) и T<sub>3</sub> (4). Их условия применения подходят почти для всех отобранных проб, а значения температуры образования хлоритов в одних и тех же образцах почти не отличаются друг от друга (не более чем на 5°C). Геотермометр T<sub>4</sub> (5) малопригоден, так как подходит для железистых хлоритов, а T<sub>2</sub> (3) используется для средних и основных пород, когда как отобранные вулканиты имеют преимущественно кислый состав. Тем не менее, значения первых трёх геотермометров почти полностью совпадают для андезитов с разницей до 10°C (обр. №4405, №4415, №4425 и др.).

Тем не менее, соблюдаются общие закономерности химического состава и температуры образования хлоритов. Подтверждена зависимость, что наиболее высокотемпературные хлориты, обогащены Al<sup>IV</sup> и обеднены Si по сравнению с

низкотемпературными (рис. 14, 15). Прочих закономерностей зависимости температуры от содержания других элементов не наблюдается (рис. 16).

Однако имеется несколько особенностей полученных данных. Так, все хлоритовые геотермометры по образцу №4458 показывают крайне низкие значения температур относительно других проб, несмотря на то, что образец принадлежит к высокотемпературной биотитовой фации пропилитизации. Причина данного феномена, вероятно, заключается в том, что данная проба, скорее всего, взята на самой границе интрузии и вмещающих пород. После внедрения гранитоидов происходил высокотемпературный метасоматоз и активный обмен химических элементов между интрузией и вулканитами (алюминия, железа, магния), что и повлияло на столь низкие значения температуры образования хлорита.

Помимо этого, геотермометр T<sub>4</sub> (5) даёт более низкие значения температуры формирования хлоритов (в диапазоне 218 °С – 254 °С), чем у других. Однако это объясняется особенностями самой формулы геотермометра и условиями его применения. В работах предшественников, посвящённых данной теме, уравнение T<sub>4</sub> (5) также давало более низкие температуры по сравнению с другими геотермометрами, и отмечалось его лучшая приспособленность для сильножелезистых хлоритов, к которым исследуемые образцы не относятся.

Таблица 3

Результаты расчётов термометрии хлоритов

Образец	T1	T2	T3	T4
4403	275.29 °С	266.56 °С	276.50 °С	238.30 °С
4405	257.65 °С	258.38 °С	260.49 °С	222.34 °С
4407	293.84 °С	280.02 °С	295.41 °С	248.97 °С
4409	292.74 °С	283.52 °С	296.14 °С	242.93 °С
4415	250.83 °С	253.05 °С	253.37 °С	218.89 °С
4421	266.18 °С	242.76 °С	259.82 °С	254.71 °С
4425	279.25 °С	270.95 °С	281.19 °С	238.67 °С
4458	221.23 °С	259.36 °С	235.14 °С	166.87 °С
4460	290.87 °С	275.72 °С	291.46 °С	249.97 °С
4466	264.21 °С	253.50 °С	263.04 °С	238.27 °С
4469	295.74 °С	286.66 °С	299.61 °С	243.43 °С

Прим.: розовым отмечены значения, не удовлетворяющие условиям применения геотермометра.

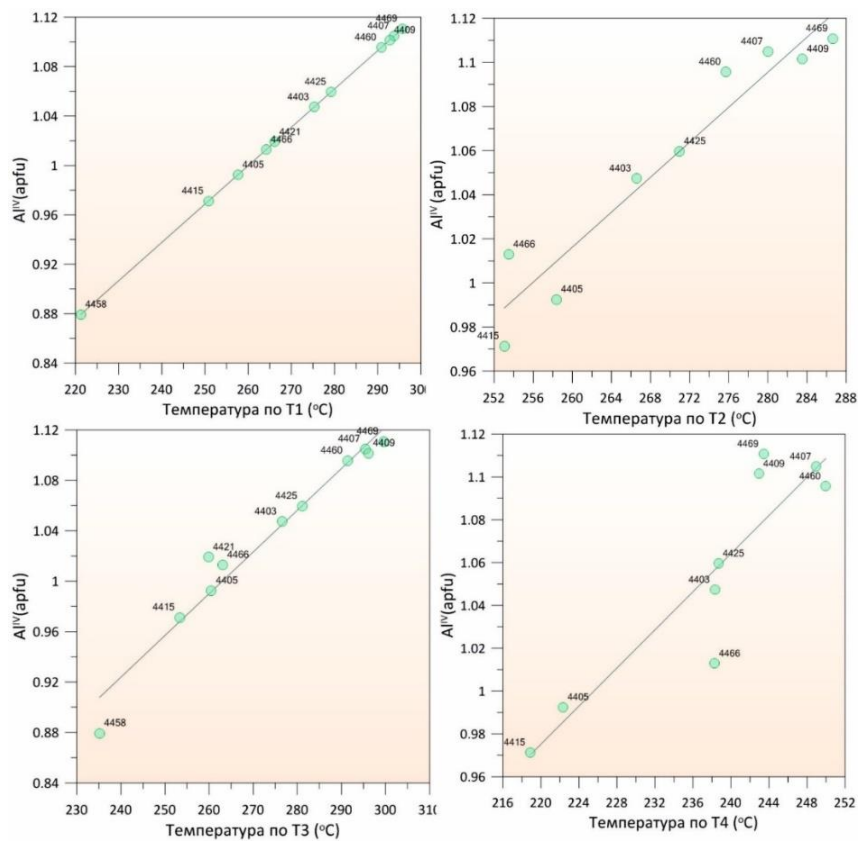


Рис. 14. Графики зависимости температуры образования хлорита и содержания Al<sup>IV</sup> (Прим.: из графиков убраны значения обр.№4458)

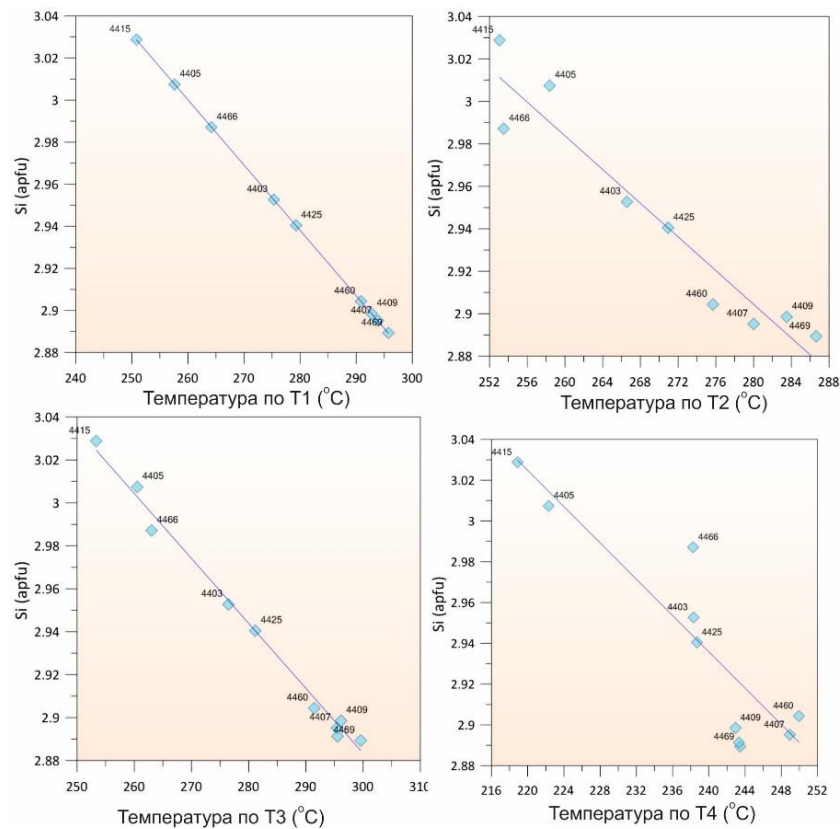


Рис. 15. Графики зависимости температуры образования хлорита и содержания Si (Прим.: из графиков убраны значения обр.№4458)

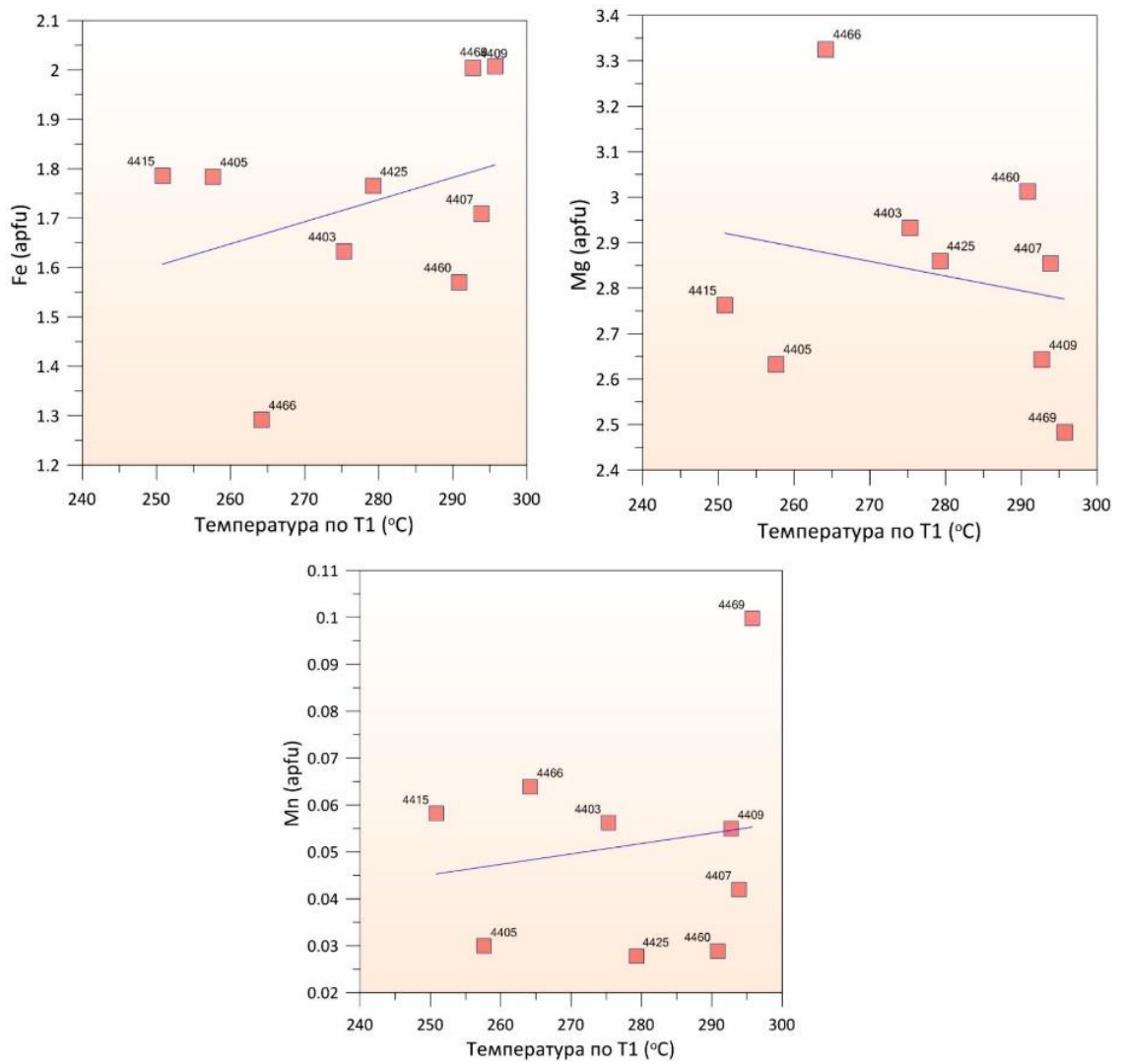


Рис. 16. Графики зависимости температуры образования хлорита, содержания Mn, Fe, Mg (Прим.: из графиков убраны значения обр.№4458)

### Зональность результатов термометрии

Прослеживается определённая закономерность и зональность результатов термометрии: чем ближе к интрузии, тем выше температура образования хлорита.

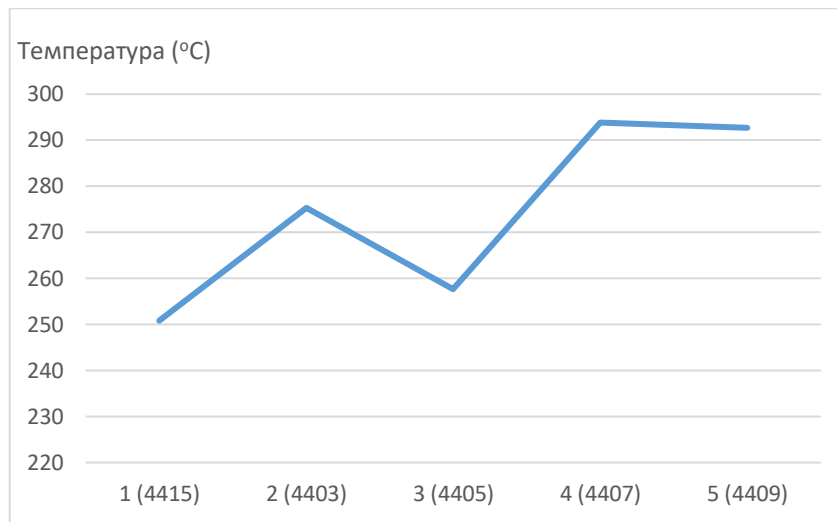


Рис.17. График температуры образования хлоритов из образцов профиля, идущему вкрест простирания контакту

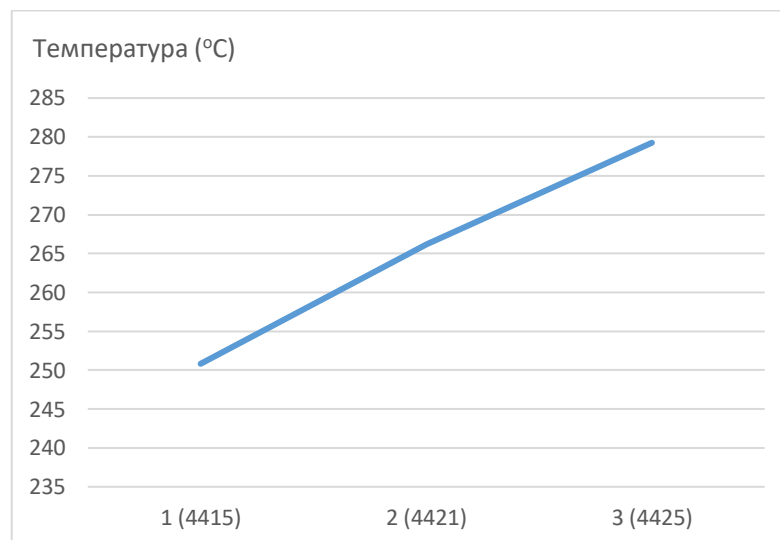


Рис. 18. График температуры образования хлоритов из образцов южного профиля,

Однако наблюдаются некоторые противоречия полученных результатов с данной тенденцией. В первую очередь, это падение температуры образования хлорита, как в образце №4405 (рис.17) и №4466 (табл.3). Объяснение данного феномена достаточно простое: это влияние тектонических нарушений, широко распространённых на территории.

На геологической карте 1977 года отмечены крупные предполагаемые тектонические нарушения между точками №4403 и №4405, а также между №4469 и №4466, и благодаря полученным разнице температуре образования хлоритов в образцах (рис.17, табл. 3) они получили ещё одно доказательство своего существования, потому что по-другому нельзя проинтерпретировать полученные результаты.

Из этого можно сделать вывод, что образец №4469 скорее всего находился рядом с контактом с интрузией (до 50 м) в момент кристаллизации хлоритов, так как данный минерал образовывался в высокотемпературной обстановке (табл. 3). В свою очередь, проба №4403 до появления сдвига располагалась в 100-150 метрах от контакта с интрузией. Затем на исследуемой территории произошли сдвиговые нарушения, которые и сформировали нынешнее геологическое строение территории.

Помимо этого, привлекает внимание тот факт, что результаты термометрии точек №4407 и №4409 примерно одинаковы. Это объясняется тем, что они располагаются на равном расстоянии от контакта интрузии и вмещающих пород, и, следовательно, были в равной степени подвержены метасоматозу.

Градиент температуры на южном профиле постепенно увеличивается с востока на запад (с точек наблюдения №4415-4425) (рис.18, 19). Скорее всего это объясняется наличием более мелких, неоткартированных сдвиговых нарушений, которые были зафиксированы зональностью фаций пропилитизации (см. стр. 35).

Можно сказать с уверенностью, что применение термометрии на данной территории крайне эффективно для подтверждения наличия сдвигов и прочих тектонических нарушений.

### Легенда

Температура образования хлорита

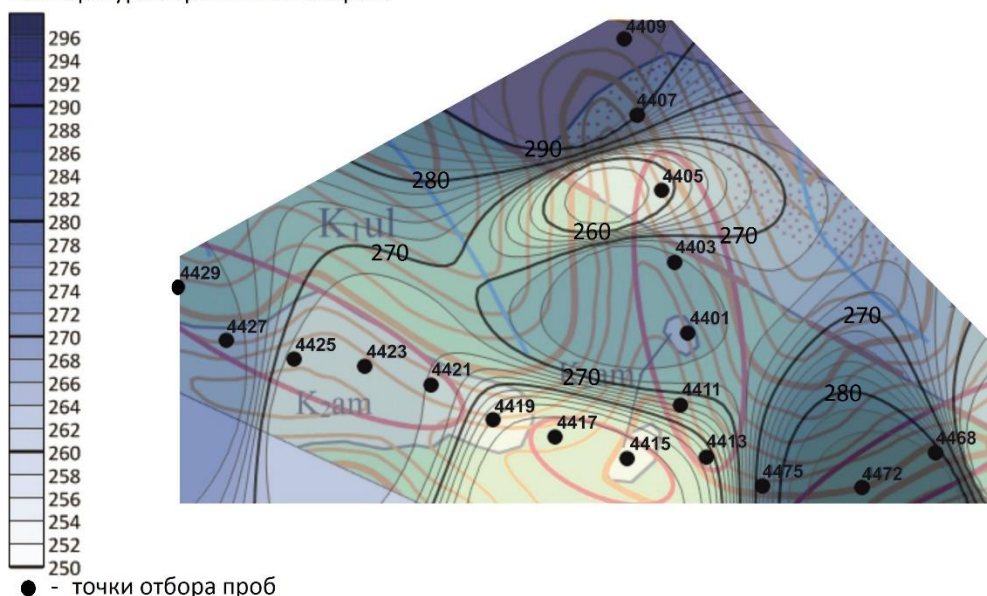


Рис.19. Карта термометрии хлоритов на основе полученных результатов

## Поиск центра магматической системы по элементам-примесям в хлоритах

Так как в месторождениях в районе Охотского массива золоторудные участки преимущественно приближены к центру магматической системы, было решено использовать уравнение (6), которое характеризует расстояние отбора пробы до него (см. стр. 26). Использовались данные, отношения элементов, переменные из статьи про порфировое месторождение Бату Хиджау в Индонезии, которое имеет похожее геологическое строение с исследуемой территорией долины реки Ульбеи.

В структуре хлоритов полученных образцов были обнаружены примеси титана и калия, отношения которых можно потенциально использовать для данной задачи. Другие элементы (стронций, барий, никель...), которые можно было бы применить в данном методе, не были зафиксированы. Только в пробе №4425 присутствуют оба необходимых элемента в достаточном количестве. Применяв формулу (6) и значения переменных из статьи про Бату Хиджау, были получены следующие результаты расстояния до центра порфировой системы от места опробования:

$$x = \frac{\ln\left(\frac{R_{K/Ti}}{a}\right)}{b} = 698.87 \text{ (м)}$$

R – отношение содержания элементов калия и титана (равное 0.30), b – константа экспоненты уравнения содержания элементов (в данном случае равна 0.0062), a – скалярная константа (равна 6400) (Jamie J. Wilkinson et al., 2015).

Расстояние от точки отбора до центра магматической системы совпадает с полученным результатом по вышеупомянутой формуле.

Однако по данным одной пробы уверенно утверждать о корректности и верности применения такого метода поиска центра магматической системы нельзя, так как применённая формула – эмпирическая, основана на данных одного месторождения, а подходящих проб для данного метода почти отсутствуют.

Для того, чтобы подтвердить, что геотермия может представлять интерес для геологоразведочных работ на золото, необходимо взять шурфные пробы, как это было выполнено в упомянутой выше статье, больше проб элювиальных отложений, а также расширить территорию отбора, чтобы улучшить и дополнить результаты геотермии, и только тогда можно будет делать вывод о качестве этого поискового признака на данном участке.

## Итоги и выводы

1. Температура образования хлоритов на исследуемой территории была в диапазоне 235°C – 280°C. Полученные значения соответствуют температурному режиму мезотермального метасоматоза, которому подверглись рудовмещающие вулканиты.
2. Хлориты имеют промежуточный железо-магниевого состава и принадлежат к группе пикнохлоритов, и единичные образцы относятся к клинохлориту и шамозиту.
3. Подтверждён преимущественно кислый и средний состав вмещающих вулканитов. Увеличены зоны андезитов, области пропилитизации пород, что позволило обновить геологическую карту исследуемой территории.
4. Доказана зависимость, что наиболее высокотемпературные хлориты, обогащены  $Al^{IV}$  и обеднены кремнием по сравнению с низкотемпературными. Прочие закономерности состава и температуры образования не были установлены. Состав пород также не повлиял на полученные результаты.
5. Подтверждены предполагаемые сдвиговые нарушения на территории благодаря геотермии. Доказана эффективность использования геотермии в том случае, когда нет чёткой информации о тектонических нарушениях, без большого объёма знаний о геологическом строении территории и его породах.
6. Был сделан вывод, что нельзя применять методы геотермии для пород, которые были отобраны на границе интрузии и вмещающих пород, так как из-за сильных метасоматических преобразований и последующего обмена химических элементов между породами, получаются более низкие значения температуры образования вторичных минералов.
7. По полученным данным химического состава хлорита определить расстояние до центра магматической системы невозможно. Для этого необходимо взять шурфные пробы, пробы элювиальных отложений, расширить территорию отбора.



## Список литературы

1. Гринберг Г.А. Вулканические формации юго-западной части Охотско-Чукотского вулканического пояса // Вулканические и интрузивные формации Приохотья, Новосибирск, «Наука», 1976 г., с.4 - 14.
2. Захаров М.Н. Отчёт о работе Нюлкалинской геолого-съёмочной партии масштаба 1:50000 за 1960 год. в 2-х томах. Том №1. Пос. Хасын. 1961 г.
3. Зуев М.В. Отчёт о поисковых работах на золото в восточной части Охотского района за 1981-1985гг. (Кавинская партия) в 2-х томах. Том №II Текстовые приложения. Охотск, 1985г.
4. Каварзин П. В.: ВКР на тему «Проект поисковых работ на рудное золото на участке «Левый Джанку» (Хабаровский край)», 2022.
5. Казакова Г. Г., Васькин А. Ф., Кропачев А. П., Щербаков О. И. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Верхояно-Колымская. Лист Р-54 – Оймякон. Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2013. 400 с. + 6 вкл.
6. Павлова М.А., Каварзин П.В., Бушуев Я.Ю., Петров С.В., Коренная и россыпная золоторудная минерализация юго-западного обрамления Ульбейского гранитоидного массива: XXVIII Всероссийская научная конференция «Уральская минералогическая школа – 2022». Сборник статей. Екатеринбург, «Альфа Принт», 2022. 124-126 с.
7. Песков Е.Г., Умитбаев Р.Б., Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000, серия Приохотская, лист Р-54-XXXVI. Объяснительная записка. – Магадан, 1977 г., 80 с.
8. Петров О. В., Киселёв Е. А.: Карта закономерностей размещения золото-медно-порфировых месторождений России масштаба 1 : 2 500 000 (на основе комплектов государственных геологических карт масштаба 1 : 1 000 000 третьего поколения): Региональная геология и металлогения № 84/2020, с.5-25
9. Сазонов А.М.: Петрография и петрология метаморфических и метасоматических пород: Красноярск, Сибирский Федеральный университет, Институт металлов и золота, 2007 г., 284 – 292 с.
10. Тиньков Е. А., Умитбаев Р. Б., Государственная геологическая карта российской федерации масштаба 1:200 000, серия Охотская, Лист Р-55-XXV (р. Нилгысыг), Объяснительная записка. Москва, 2020 г.
11. Шафигуллина Г.Т., Знаменский С.Е., Косарев А.М.: Условия образования золото-порфирового оруденения месторождения большой Каран (Южный Урал) по данным хлоритовой геотермометрии: Геологический вестник. 2020. №2. С. 45–53.

12. Gaobin Chua, Shitao Zhanga, Xiaobo Zhangc, Bing Xiaoa, Jinsheng Hana, Yu Zhangd, Jiamin Chenga, Yuzhou Fenga: Chlorite chemistry of Tongshankou porphyry-related Cu–Mo–W skarn deposit, Eastern China: Implications for hydrothermal fluid evolution and exploration vectoring to concealed orebodies: *Ore Geology Reviews*, 122 (2020) p.2-17
13. Jamie J. Wilkinson, Zhaoshan Chang, David R. Cooke, Michael J. Baker, Clara C. Wilkinson, Shaun Inglis, Huayong Chen, J. Bruce Gemmel: The chlorite proximator: A new tool for detecting porphyry ore deposits. *Journal of Geochemical Exploration*. 152 (2015), p.10–26
14. Zhiqiang Wanga, Bin Chen, Xiang Yan, Senwen Li: Characteristics of hydrothermal chlorite from the Niujuan Ag-Au-Pb-Zn deposit in the north margin of NCC and implications for exploration tools for ore deposits; *Ore Geology Reviews*, 101 (2018), p.398–412

## Приложение

Результаты микронзондового электродисперсионного  
анализа хлоритов из образцов метасоматитов Ульбейского массива

Название спектра	NaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	FeO	Сумма	№ образца
617	0	19.08	19.47	28.73	0	0	0	0	0.7	19.39	87.38	4403
623	0	19.57	19.28	28.41	0	0	0	0.35	0.64	19.23	87.49	4403
626	0	19.92	19.63	28.74	0	0	0	0.37	0.8	18.85	88.31	4403
627	0	19.39	19.56	28.34	0	0	0	0	0.75	19.51	87.54	4403
628	0	19.82	20.06	28.4	0	0	0	0	0.56	19.58	88.42	4403
629	0	19.77	19.74	28.85	0	0	0	0	0.59	19.68	88.63	4403
631	0	19.81	19.06	28.32	0	0	0	0	0.65	19.17	87.01	4403
632	0	19.67	19.81	28.33	0	0	0	0	0.58	19.34	87.74	4403
633	0	18.69	19.52	27.83	0	0	0	0	0.79	19.99	86.81	4403
634	0	19.58	19.8	28.43	0	0	0	0	0.56	19.42	87.79	4403
635	0	19.36	19.62	27.91	0	0	0	0	0.56	19.9	87.35	4403
636	0	19.23	19.19	28.68	0	0	0	0.52	0.65	18.87	87.14	4403
637	0	18.89	19.5	28.11	0	0.18	0	0	0.91	19.37	86.97	4403
638	0	17.73	18.17	26.77	0	0	0	0	0.72	18.79	82.17	4403
639	0	20.13	15.32	38.67	0	3.35	0	0	0.45	16.24	94.16	4403
645	0	19.2	18.82	28.95	0	0	0	0	0.61	18.46	86.04	4403
647	0	18.05	19.49	27.83	0	0	0	0	0.51	20.02	85.9	4403
649	0	18.61	19.52	27.99	0	0.24	0	0	0.49	19.38	86.23	4403
650	0	19.82	19.4	29.21	0	0.28	0	0	0.64	18.72	88.06	4403
651	0	19.02	18.95	29.82	0	0.7	0	0	0.84	18.49	87.81	4403
812	0	16.73	18.78	28.97	0.37	0.73	0	0	0	18.78	84.36	4405
816	0	17.81	18.72	27.22	0	0	0	0	0.4	19.39	83.53	4405
817	0	16.7	19.3	28.81	0.53	0	0	0	0.41	19.44	85.19	4405
818	0	17.55	18.6	27.2	0	0	0	0	0.58	19.71	83.65	4405
829	0	15.42	21.23	36.47	2.05	0	0	0	0	17.67	92.83	4405
846	0	17.37	18.69	27.11	0	0	0	0	0.42	21.63	85.22	4405
849	0	17.44	19.54	28.82	0.22	0	0	0	0.54	21.08	87.63	4405
856	0	17.36	19.31	27.88	0	0	0	0	0.46	22.62	87.64	4405
857	0	17.45	19.64	28.52	0	0	0	0	0.44	21.31	87.35	4405
858	0	16.37	19.11	27.94	0	0	0	0.47	0	21.82	85.71	4405
861	0	16.84	18.46	29.51	0	0	0	0	0.33	21.05	86.2	4405
864	0	16.72	18.79	28.53	0	0	0	0.67	0.49	21.58	86.78	4405
584	0	18.98	18.57	28.41	0	0	0	0	0.56	18.31	84.82	4407
588	0	18.32	19.91	27.94	0	0	0	0	0.5	20.14	86.81	4407
589	0	19.12	19.56	28.64	0	0	0	0	0.49	18.86	86.66	4407
590	0	18.64	19.65	28.11	0	0	0	0	0.4	20.42	87.22	4407
591	0	18.76	20.11	27.6	0	0	0	0	0.52	19.73	86.72	4407
592	0.47	16.63	21.64	29.58	0	0.28	0	0	0.6	20.23	89.42	4407
593	0	18.56	20.3	27.12	0	0	0	0	0.65	20.12	86.76	4407
594	0	18.15	20.01	27.44	0	0	0	0	0.51	19.78	85.9	4407

595	0	17.47	18.66	28.05	0	1.32	0	0	0.5	19.58	85.59	4407
596	0	18.48	19.89	27.29	0	0	0	0	0.58	19.9	86.13	4407
597	0	18.55	19.66	26.92	0	0	0	0	0.54	20.1	85.77	4407
599	0	20.13	19.27	28.57	0	0	0	0	0.48	18.4	86.85	4407
600	0	19.74	19.46	28.89	0	0	0	0	0.57	19.69	88.35	4407
601	0	19.59	19.33	28.64	0	0	0	0	0.39	19.37	87.31	4407
602	0	18.89	20.02	28.61	0	0	0	0	0.36	19.88	87.76	4407
603	0	17.53	20.11	28.25	0	0	0	0	0.52	21.23	87.65	4407
604	0	18.87	20.77	28.19	0	0	0	0	0.37	19.42	87.62	4407
605	0	17.93	19.87	27.74	0	0	0	0	0.45	21.03	87.03	4407
606	0	19.28	20.6	30	0	0	0	0	0.57	19.16	89.61	4407
607	0	18.71	20.31	27.74	0	0	0	0	0.6	20.14	87.5	4407
608	0	18.23	19.12	27.32	0	0	0	0	0.48	19.35	84.49	4407
609	0	16.61	19.11	26.71	0	0	0	0	0.45	20.98	83.87	4407
611	0	19.76	18.92	28.24	0	0	0	0	0	19.7	86.62	4407
612	0	18.48	20.06	27.34	0	0	0	0	0.57	19.75	86.2	4407
613	0	18.95	19.75	28.61	0	0	0	0	0.42	19.59	87.33	4407
614	0	18.41	19.03	27.86	0	0	0	0	0.42	20.18	85.89	4407
659	0	18.16	18.96	28.4	0	0	0	0	0.63	22.53	88.67	4409
661	0	18.69	20.63	29.97	0	0	0	0	0.65	22	91.94	4409
663	0	15.76	17.18	26.33	0	0	0.37	0.46	0.51	24.03	84.64	4409
664	0	17.21	19.41	28.85	0	0	0	0.49	0.52	24.07	90.54	4409
667	0	17.22	18.62	28.99	0	0	0	0	0.64	23.52	88.99	4409
668	0	17.59	19.94	28.9	0	0	0	0	0.72	24.06	91.2	4409
670	0	17.08	19.84	28.6	0	0	0	0.45	0.77	24.43	91.18	4409
671	0	16.41	18.49	27.49	0	0	0	0.35	0.51	23.99	87.26	4409
672	0	18.19	19.33	28.54	0	0	0	0	0.56	22.85	89.46	4409
673	0	17.72	19.91	28.38	0	0	0	0	0.64	23.38	90.02	4409
674	0	17.86	19.25	28.67	0	0	0	0	0.65	23.44	89.87	4409
675	0	18.08	19.39	28.12	0	0	0	0	0.75	23.35	89.7	4409
676	0	17.26	19.59	28.19	0	0	0	0.63	0.56	24.35	90.58	4409
677	0	17.45	20.03	28.76	0	0	0	0.31	0.9	23.77	91.21	4409
678	0	16.53	19.12	27.87	0	0	0	0	0.57	23.57	87.66	4409
679	0	18.88	20.41	29.59	0	0.89	0.81	0	0.51	21.6	92.7	4409
688	0	18.57	20.38	30.37	0	0	0	0	0.7	22.8	92.81	4409
689	0	17.14	19.43	28.82	0	0	0	0	0.61	23.83	89.83	4409
690	0	13.6	16.15	23.85	0	0	0	0.36	0.67	23.83	78.48	4409
535	0	19.6	19.34	29.6	0	0	0	0	0.71	21.63	90.9	4415
545	0	17.01	15.86	33.54	0	2.18	0	0	0.66	20.94	90.19	4415
546	0	17.72	16.24	34.64	0	2.52	0	0	0.64	20.1	91.85	4415
548	0	16.82	16.99	34.78	0	2.65	0	0	0.68	20.75	92.66	4415
557	0	19.04	20.25	28.81	0	0	0	0	0.74	21.73	90.56	4415
562	0	19.42	20.58	29.76	0	0	0	0	0.87	22.12	92.76	4415
563	0	18.78	19.96	27.97	0	0	0	0	0.45	21.07	88.25	4415
564	0	17.28	19.48	28.41	0	0	0	0	0.81	21.37	87.36	4415
566	0	18.98	19.65	28.74	0	0	0	0	0.72	21.74	89.8	4415

567	0	18.11	19.96	28.51	0	0	0	0	0.68	21.95	89.21	4415
569	0	19	19.69	28.14	0	0	0	0	0.59	21.09	88.51	4415
570	0	18.88	18.9	29.66	0	0	0	0	0.62	22.01	90.06	4415
571	0	18.69	16.07	36.52	0	3.66	0	0	0.57	19.08	94.56	4415
572	0	18.41	19.5	28.66	0	0	0	0	0.75	22.19	89.51	4415
573	0	19.13	19.16	29.32	0	0	0	0	0.72	20.96	89.28	4415
574	0	17.87	19.6	27.62	0	0	0	0	0.61	21.95	87.66	4415
575	0	19.86	18.78	30.33	0	0.31	0	0	0.62	20.79	90.68	4415
578	0	17.44	17.3	32.1	0	1.82	0	0	0.79	20.43	89.85	4415
579	0	18.29	19.18	28.21	0	0	0	0	0.57	20.77	87.03	4415
580	0	17.58	17.99	27.98	0	0	0	0	0.81	20.54	84.89	4415
581	0	17.2	17.77	30.23	0	1.43	0	0	0.53	20.71	87.88	4415
582	0	18.39	18.72	28.16	0	0	0	0	0.68	21.29	87.23	4415
583	0	17.93	18.22	27.13	0	0	0	0	0.82	20.39	84.5	4415
474	0	26.23	19.17	28.61	0	0	0	0	0.56	6.83	81.4	4421
475	0	26.59	19.47	29.08	0	0	0	0	0.7	7.66	83.5	4421
476	0	26.66	18.43	28.51	0	0	0	0	0.37	6.45	80.42	4421
477	0	27.12	19.34	29.23	0	0	0	0	0.55	6.99	83.24	4421
479	0	26.61	19.03	29	0	0	0	0	0	6.6	81.24	4421
480	0	26.27	19.2	29.02	0	0	0	0	0.73	7.14	82.36	4421
482	0	27.91	19.44	30.43	0	0	0	0	0.37	6.22	84.36	4421
483	0	26.85	19.1	29.54	0	0	0	0	0.43	6.35	82.27	4421
484	0	25.96	18.18	28.92	0	0	0	0	0.23	6.22	79.52	4421
489	0	27.73	19.29	30.55	0	0	0	0	0.51	6.52	84.6	4421
491	0	27.02	18.89	29.68	0	0	0	0	0.43	6.49	82.51	4421
492	0	27.49	19.07	30.35	0	0	0	0	0.44	6.77	84.12	4421
493	0	26.37	18.44	28.98	0	0	0	0	0.41	6.64	80.82	4421
496	0	29.74	20.76	31.26	0	0	0	0.5	0.24	6.36	88.86	4421
497	0	26.83	19.67	29.44	0	0	0	0.64	1.03	7.42	85.03	4421
498	0	27.17	17.21	29.65	0	0	0	0.47	0	5	79.5	4421
499	0	26.4	19.81	29.15	0	0	0	0	0.7	7.24	83.3	4421
500	0	26.68	18.26	28.8	0	0	0	0.61	0	6.01	80.35	4421
501	0	27.8	18.15	29.68	0	0	0	0.63	0.28	5.51	82.06	4421
502	0	29.22	17.41	31.85	0	0	0	0.82	0	4.21	83.51	4421
503	0	27.34	18.44	29.89	0	0	0	1.04	0.27	6.31	83.28	4421
507	0	26.89	17.32	29.11	0	0	0	0.21	0.21	4.99	78.73	4421
508	0	25.57	17.76	28.64	0	0	0	0	0.29	5.81	78.08	4421
509	0	25.83	15.63	28	0	0	0	0.28	0	4.55	74.29	4421
510	0	24.6	16.34	28.23	0	0	0	0	0.37	5.58	75.13	4421
513	0	26.28	20.49	29.72	0	0	0	0.68	0.94	7.3	85.41	4421
514	0	28.57	18.78	30.93	0	0	0	0.73	0	5.59	84.6	4421
515	0	24.55	19.3	28.56	0	0	0	0.83	1.01	7.36	81.61	4421
517	0	29.83	17.92	31.98	0	0	0	0.55	0.38	4.55	85.21	4421
518	0	28.94	19.37	31.29	0	0	0	0.83	0.35	5.77	86.55	4421
519	0	28.2	18.91	30.26	0	0	0	0.71	0.27	5.8	84.13	4421
520	0	26.17	20.03	29.56	0	0	0	0.81	0.91	7.51	84.99	4421

521	0	28.62	18.02	31.08	0	0	0	1.3	0	5	84.01	4421
522	0	26.61	20.02	29.18	0	0	0	0	1.06	7.51	84.38	4421
523	0	22.95	17.74	25.25	0	0	0	0	1.01	7.13	74.08	4421
524	0	25.39	18.8	28.32	0	0	0	0.53	0.83	7.05	80.91	4421
525	0	26.35	18.83	28.71	0	0	0	0	0.53	7.07	81.49	4421
526	0	26.35	18.86	28.95	0	0	0	0	0.55	7.16	81.87	4421
527	0	25.46	19.78	28.71	0	0	0	0.44	1.09	7.42	82.89	4421
528	0	27.48	18.94	29.43	0	0	0	0.54	0.38	6.14	82.91	4421
531	0	26.19	18.55	28.71	0	0	0	0.56	0.56	7.11	81.68	4421
532	0	25.72	18.5	28.55	0	0	0	0.8	0.49	6.23	80.28	4421
533	0	26.34	18.19	28.93	0	0	0	0	0	6.46	79.93	4421
691	0	18.27	18.46	28.78	0	0.67	1.11	0.21	0.32	21.01	88.84	4425
695	0	18.24	18.36	28.11	0	0	0	0.33	0.42	20.23	85.68	4425
696	0	18.2	18.66	28.19	0	0	0	0.41	0.4	20.46	86.32	4425
697	0	18.47	18.52	27.86	0	0	0	0.43	0.5	20	85.78	4425
698	0	18.88	19.12	28.43	0	0	0	0.48	0.49	19.57	86.97	4425
699	0	18.62	19.23	28.06	0	0	0	0.25	0.39	19.68	86.22	4425
700	0	19.27	19.07	28.23	0	0	0	0	0.29	19.77	86.63	4425
701	0	18.9	18.71	28.78	0	0	0	0.41	0.38	20.76	87.94	4425
702	0	19.19	18.94	28.59	0	0	0	0.34	0.49	20.2	87.75	4425
703	0	16.66	18.46	27.88	0	0	0	0.43	0	21.35	84.78	4425
704	0	17.98	18.37	28.2	0	0	0	0	0	19.92	84.47	4425
705	0	19.08	18.8	28.02	0	0	0	0	0.48	18.71	85.08	4425
706	0	19.18	19.18	27.98	0	0	0	0	0.38	18.88	85.59	4425
707	0	18.39	19.38	28.2	0	0	0	0	0	19.93	85.89	4425
708	0	18.25	18.71	27.81	0	0	0	0	0.59	20.46	85.81	4425
709	0	18.93	18.21	28.01	0.33	0	0	0	0.34	18.63	84.45	4425
710	0	18.37	18.13	27.89	0	0	0	0	0	20.47	84.85	4425
711	0	17.76	18.63	28.46	0	0	0	0	0.48	20.32	85.65	4425
712	0	17.65	18.41	27.97	0	0	0	0	0.43	20.29	84.76	4425
713	0	15.38	15.38	24.4	0	0	0	0	0.34	18.71	74.21	4425
714	0	18.49	18.43	27.7	0	0	0	0	0.32	19.66	84.6	4425
716	0	18.24	18.86	28.06	0	0	0	0	0.45	20.25	85.86	4425
717	0	17.58	18.5	27.7	0	0	0	0	0	20.82	84.6	4425
718	0	17.59	18.91	28.1	0	0	0	0	0	21	85.6	4425
719	0	16.72	18.01	27.61	0	0	0	0	0	21.76	84.1	4425
720	0	18.44	18.12	27.46	0	0	0	0	0.51	19.43	83.97	4425
721	0	19.48	19.42	28.01	0	0	0	0	0.41	19.21	86.54	4425
450	0.35	3.39	13.24	22.9	0.99	0.34	0.56	0	0.46	33.82	76.06	4458
452	0	4.67	16.61	29.57	1.49	0.25	2.05	0	0	28.3	82.93	4458
453	0	5.71	19.36	28.14	0.32	0	0	0	0.58	27.45	81.57	4458
459	0	6.07	18.47	28.34	0.3	0	0	0	0.61	29.06	82.84	4458
460	0	6.15	19.08	29.16	0.26	0	0	0	0.75	28.18	83.58	4458
468	0	7.39	19.74	25.23	0	0	0	0	1.14	33.36	86.87	4458
469	0	6.59	19.41	27.52	0.22	0	0	0	0.78	31.52	86.03	4458
470	0	6.53	17.33	25.65	0.26	0	0	0	0.83	29.3	79.9	4458

471	0	7.55	18.11	25.17	0	0	0	0	0.84	33.64	85.31	4458
771	0	20.51	19.75	29.45	0	0	0	0	0	17.88	87.59	4460
785	0	18.72	19.54	27.85	0	0	0	0	0.43	19.18	85.72	4460
786	0.11	19.19	19.91	28.34	0	0	0	0	0.22	18.87	86.64	4460
787	0.13	18.51	18.93	28.21	0.41	0	0	0	0.23	18.52	84.94	4460
788	0	21.13	20.57	28.53	0	0	0	0	0.34	17.48	88.04	4460
789	0	19.64	18.6	28.16	0	0	0	0	0.37	18.72	85.5	4460
791	0	19.88	20.44	28.84	0	0	0	0	0.41	18.21	87.78	4460
792	0	19.64	19.6	28.74	0	0	0	0	0.35	18.5	86.81	4460
793	0.18	18.76	19.46	28.79	0	0	0	0	0.37	19.77	87.33	4460
794	0	18.66	19.23	27.24	0	0	0	0	0.4	18.34	83.88	4460
795	0	20.3	19.92	27.12	0	0	0	0	0.32	16.66	84.33	4460
796	0.14	19.92	19.86	29.06	0	0	0	0	0.47	18.23	87.68	4460
797	0	18.48	18.5	26.94	0	0	0	0	0.25	18.38	82.56	4460
798	0.17	17.5	17.38	25.56	0	0	0	0	0.35	17.25	78.21	4460
799	0.13	19.75	19.31	27.5	0	0	0	0	0.4	16	83.08	4460
800	0.2	19.88	20.34	28.41	0	0	0	0	0.3	17.85	86.96	4460
801	0	19.63	19.77	27.15	0	0	0	0	0.21	17.5	84.25	4460
802	0	18.68	18.8	26.58	0	0	0	0	0.18	17.76	82	4460
803	0	19.45	19.49	27.4	0	0	0	0	0.49	17.8	84.63	4460
804	0	20.16	19.5	28.54	0	0	0	0	0.46	18.07	86.75	4460
244	0	22.43	18.57	29.76	0	0	0	0	0.79	15.3	86.85	4466
245	0	22.25	19.43	29.43	0	0	0	0	0.8	15.31	87.21	4466
247	0	22.82	19.97	29.17	0	0	0	0	0.81	15.22	87.98	4466
248	0	22.57	19.48	29.61	0	0	0	0	0.92	15.52	88.09	4466
249	0	22.39	19.84	29.15	0	0	0	0	0.88	14.59	86.85	4466
250	0	22.8	19.41	29.51	0	0	0	0	0.93	14.66	87.31	4466
251	0	21.16	17.44	27.71	0	0	0	0	0.74	14.55	81.6	4466
258	0	19.67	17.1	31.03	0.56	0	0	0	0.64	16.77	85.77	4466
282	0	20.09	17.73	27.19	0	0	0	0	0.7	14.94	80.64	4466
290	0	22.14	18.68	29.14	0	0	0	0	0.73	15.27	85.98	4466
291	0	21.73	19.27	28.97	0	0	0	0	0.78	15.25	86	4466
292	0	22.23	18.8	29.69	0	0	0	0	0.61	15.03	86.35	4466
293	0	21.72	18.38	29.34	0	0	0	0	0.71	15.06	85.22	4466
294	0	19.64	17.69	31.2	0.58	0	0	0	0.71	15.11	84.93	4466
296	0	22	19.46	29.12	0	0	0	0	0.71	15.06	86.36	4466
297	0	22.25	18.72	29.31	0	0	0	0	0.64	15.27	86.19	4466
298	0	21.92	18.76	28.98	0	0	0	0	0.61	15.52	85.78	4466
299	0	22.31	18.59	29.61	0	0	0	0	0.89	15.38	86.79	4466
301	0	22.26	18.66	29.35	0	0	0	0	0.62	14.81	85.71	4466
316	0	22.37	18.52	29.48	0	0	0	0	0.62	15.04	86.04	4466
317	0	22.44	19.02	29.55	0	0	0	0	0.78	15.73	87.52	4466
318	0	23.01	18.54	30.26	0	0	0	0	0.65	15.04	87.51	4466
319	0	23.06	18.37	30.13	0	0	0	0	0.74	15.2	87.51	4466
320	0	22.84	18.73	30.06	0	0	0	0	0.76	15.34	87.74	4466
321	0	22.06	18.62	29.98	0	0	0	0	0.82	15.66	87.14	4466

322	0	21.35	17.44	28.64	0	0	0	0	0.77	15.66	83.86	4466
323	0	22.99	18.95	30.7	0	0	0	0	0.76	15.38	88.78	4466
327	0	16.46	20.71	28.56	0	0	0	0	1.15	24.01	90.89	4469
328	0	15.81	19.31	29.11	0	0	0	0	0.94	23.43	88.61	4469
329	0	14.74	16.93	26.14	0	0	0	0	1.04	24.13	82.98	4469
330	0	15.67	19.4	28.66	0	0	0	0	1.1	23.62	88.45	4469
331	0	15.28	19.71	27.19	0	0	0	0	1.04	22.84	86.06	4469
338	0	16.42	20.8	28.65	0	0	0	0	1.16	23.84	90.88	4469
339	0	16.53	20.6	27.88	0	0	0	0	1.04	23.32	89.37	4469
340	0	16.38	19.1	29.18	0	0	0	0	0.95	25.9	91.5	4469
342	0	16.6	20.52	28.02	0	0	0	0	1.2	22.41	88.73	4469
345	0	16.9	20.22	27.28	0	0	0	0	1.23	22.16	87.8	4469
346	0	16.34	20.68	27.36	0	0	0	0	1.31	22.43	88.12	4469
347	0	16.53	20.99	27.75	0	0	0	0	1.16	23.16	89.6	4469
348	0	16.45	20.01	27.25	0	0	0	0	1.24	22.14	87.1	4469
349	0	15.82	18.21	27.73	0	3.12	3.59	0	1.08	20.6	90.14	4469
350	0	15.26	20.85	27.86	0	0	0	0	1.17	22.57	87.71	4469
351	0	15.4	19.35	26.24	0	0	0	0	1.14	22.1	84.23	4469
352	0	16.21	19.93	26.93	0	0	0	0	1.26	21.72	86.04	4469
353	0	15.24	19.58	26.32	0	0	0	0	1.25	22.29	84.68	4469
354	0	15.51	19.23	26.27	0	0	0	0	1.31	22.3	84.63	4469
356	0	15.59	17.96	27.83	0	0	0	0	0.99	22.37	84.73	4469
357	0	15.6	19.03	26.72	0	0	0	0	1.08	22.49	84.93	4469
359	0	16.57	19.35	28.95	0	0	0	0	1.05	24.71	90.62	4469
367	0	14.42	18.75	26.62	0	0	0	0	0.98	22.52	83.29	4469