

Санкт-Петербургский государственный университет

**Темников Александр Александрович**

**Выпускная квалификационная работа**

**ЗОЛОТОРУДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В ОКРЕСТНОСТЯХ ГОРЫ  
ГЕНЕРАЛЬСКАЯ (СВЕРДЛОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

Основная образовательная программа бакалавриата

«Геология»

Кафедра геологии месторождений полезных ископаемых

Научный руководитель:

кандидат геолого-минералогических наук,

доцент Петров Сергей Викторович

Рецензент:

Санкт-Петербург

2020

## ОГЛАВЛЕНИЕ

### Оглавление

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	3
<b>Актуальность и практическая значимость</b> .....	3
<b>Новизна и научная значимость</b> .....	3
<b>Цели и задачи</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Материалы и методы</b> .....	4
<b>Благодарности</b> .....	8
<b>1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И КАРТОГРАФИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА</b> .....	9
1.1. Краткая история изучения золота Урала .....	9
1.2. Современные данные о коренных источниках золота Среднего Урала .....	9
1.3 Анализ рудопроявлений и пунктов минерализации коренного золота на основе картографического материала (О-40-ХII. Карта полезных ископаемых) и литературных данных.....	11
1.4 Анализ литературных данных о золотоносных россыпях региона и эволюции речной сети .....	14
<b>2. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ТЕРРИТОРИИ</b> .....	16
2.1. Общие черты геологического строения .....	16
2.2. Развитие четвертичных образований .....	19
2.3. Геология россыпи р. Генералка.....	20
<b>3. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ПОРОД И РУД</b> .....	21
3.1. Петрографический состав пород .....	21
3.1.1. Оливиновое габбро качканарского комплекса .....	21
3.1.2. Метавулканы мариинского комплекса .....	27
3.2. Петрографический состав руд.....	49
3.2.1. Рудные минералы оливинового габбро качканарского комплекса .....	49
3.2.2. Рудные минералы метавулканитов мариинского комплекса .....	52
3.3. Минералогический анализ шлихов.....	63
3.3.1. Шлих аллювиальных песков.....	64
3.3.2. Оливиновое габбро .....	64
3.3.3. Метавулканы .....	65
3.4. Морфология зёрен золота.....	79
3.5. Состав золота .....	91
3.5.1. Вещественный состав поверхности зёрен .....	91
3.5.2. Вещественный состав внутренней части зёрен .....	91
<b>Список и литературы</b> .....	98
<b>Интернет-ресурсы:</b> .....	98

## **ВВЕДЕНИЕ**

### **Актуальность и практическая значимость**

Несмотря на то, что благороднометалльные россыпи издревле вызывают промышленный интерес и в целом широко представлены в научной литературе, множество мелких россыпных месторождений остаются слабо изученными. Очевидно, что в ближайшем будущем, вследствие истощения разрабатываемых месторождений и роста цен на благородные металлы, а также в связи с сопутствующим технологическому прогрессу снижением себестоимости добычи, порог рентабельности будет снижаться. Это, в свою очередь, сделает огромное множество более мелких и небогатых, ныне не разрабатываемых россыпей доступными для экономической эксплуатации. Таким образом, своевременное научное исследование особенностей нетронутых ныне мелких бедных россыпей создаст базу для их хозяйственного освоения при распространении на них статуса промышленных месторождений. Это и объясняет актуальность данной работы. Рассматриваемая золото-платиновая россыпь реки Генералка, протекающей непосредственно вблизи горы Генеральская, по содержанию золота относится к бедным (несколько сотен мг/т), а по величине запасов всегда относилась к мелким месторождениям. К настоящему времени россыпь почти полностью отработана, а согласно бухгалтерскому отчету осуществляющей разработку компании, добыча практически не принесла прибыли [12]. Таким образом, данное и подобные месторождения находится в настоящее время на грани рентабельности. Многие схожие, а также более мелкие и бедные россыпи, пока представляющие интерес лишь для кустарных старателей, в ближайшем будущем во множестве своём откроют ворота для горнодобывающих компаний. Именно поэтому изучение специфик мелких небогатых россыпей, олицетворенных в данной работе в месторождении «Генералка», имеет большую актуальность на сегодняшний день.

### **Новизна и научная значимость**

Как уже было сказано выше, исследований мелких россыпных месторождений, а тем более непромышленных и находящихся на грани рентабельности имеется совсем немного. Россыпь реки Генералка не является исключением. Она известна со второй половины 19-го века и в то время разрабатывалась Нясьминским прииском. В советские годы Исовской прииск вел разведку рассматриваемой россыпи. Тогда были установлены основные параметры

россыпи: содержание металлов, протяжённость, ширина, эксплуатационная мощность, литологический состав, даны базовые характеристики зёрен золота. Тем не менее, была представлена только самая общая информация, к тому же многие современные методы в то время ещё не были доступны. Среди современных научных исследований по данной россыпи имеется лишь одна работа Паламарчука Р.С., охватывающая россыпь реки Генералка и некоторых других соседних рек и ручьев, однако в работе основной упор сделан на изучение МПГ (минералы платиновой группы). Данная же работа представляет собой первое глубокое комплексное исследование зёрен золота реки Генералка с использованием современных аналитических методов. Научная значимость данной работы заключается не только в открытии новых свойств золота рассматриваемой россыпи и особенностей состава обломков аллювия, но и, что не мало важно, в пополнении общей, пока почти пустой копилки исследований, посвящённых спецификам малых россыпных месторождений.

### **Цели и задачи**

Таким образом, перед началом отбора проб были поставлены следующие задачи:

1. Минералогический анализ шлихов
2. Петрографический анализ пород (крупная фракция из аллювия реки Генералка)
3. Изучение рудных минералов пород (крупная фракция из аллювия реки Генералка)
4. Изучение особенностей химического состава золотин
5. Изучение морфологии золотин

Цели:

1. Определение морфологии самородного золота
2. Определение дальности переноса самородного золота
3. Определение особенностей коренного источника (тип оруденения, возможное местоположение)

### **Материалы и методы**

Для выполнения данных задач и достижения поставленных целей, проходя производственную практику на Среднем Урале, я прибыл на россыпное месторождение «Генералка». В качестве места для отбора пробы было выбрано обнажение аллювиальных отложений ненарушенного залегания (координаты точки отбора - 58°57'43,64" с. ш., 59°35'58,95" в. д). Проба отбиралась в мешки и представляла собою 60 литров песка, глины, щебня и гальки аллювиальных отложений. Далее неподалеку от лагеря на р. Большая Нясьма было произведено отмучивание пробы (избавление от глинистой фракции). Отмучивание производилось в дырчатом тазу, который, таким образом, выполнял и функцию грубого сита. Так, в нижнем цельном тазу накапливался песок, в верхнем дырчатом оставалась галька и щебень, а глина вымывалась в реку. Таким образом, на данном этапе было произведено избавление от глинистого материала и разделение крупной (галька и щебень) и мелкой (песок) фракций. Далее работа с данными фракциями велась отдельно (рис. 1).

Мелкая фракция. В деревянном старательском лотке была произведена гравитационная сепарация песка и получено около 0,1 л шлиха. Уже на кафедре геологии месторождений полезных ископаемых с помощью магнита с настраиваемой мощностью была произведена магнитная сепарация и выделено 4 фракции по степени магнитности. Далее под биноклем был произведён шлиховой анализ и фотографирование каждой. Из немагнитной фракции (в ней концентрируется золото в силу слабых магнитных свойств) вручную под биноклем отобрано 56 зёрен золота. В ресурсных центрах СПбГУ под цифровым микроскопом были сделаны их фотографии (рис. х а-в), а под электронным получены изображения BSE (рис. х г-е) и проведен рентгеноспектральный микроанализ, далее из зёрен были изготовлены два аншлифа и произведён рентгеноспектральный микроанализ уже этих аншлифов (рис. 1 ж-и).

Крупная фракция была разделена на гальку оливинового габбро (качканарский комплекс) и щебень метавулканитов (мариинская свита). Все дальнейшие операции производились для этих двух разных пород отдельно. Из них были изготовлены шлифы (15 штук) (рис. z), которые были проанализированы под биноклем в естественном и поляризованном свете. Далее галька и щебень были помещены в дробилку. Получившаяся раздробленная масса была разделена с помощью сита на фракции менее и более 1 мм. Фракция менее 1 мм была помещена на гравитационный столик. Полученная тяжёлая фракция была подвержена магнитной сепарации (4 фракции). Каждая фракция была проанализирована под биноклем и сфотографирована. Немагнитная фракция была подвержена дополнительному гравитационному обогащению и после из неё было изготовлено два аншлифа - 1 из габбро и 1 из метавулканитов. Аншлифы были изучены методом рудной микроскопии.

В ходе работ были задействованы ресурсные центры СПбГУ: «Рентгенодифракционные методы исследования», «Геомодель», «Лаборатория пробоподготовки и пробообработки ИНоЗ».

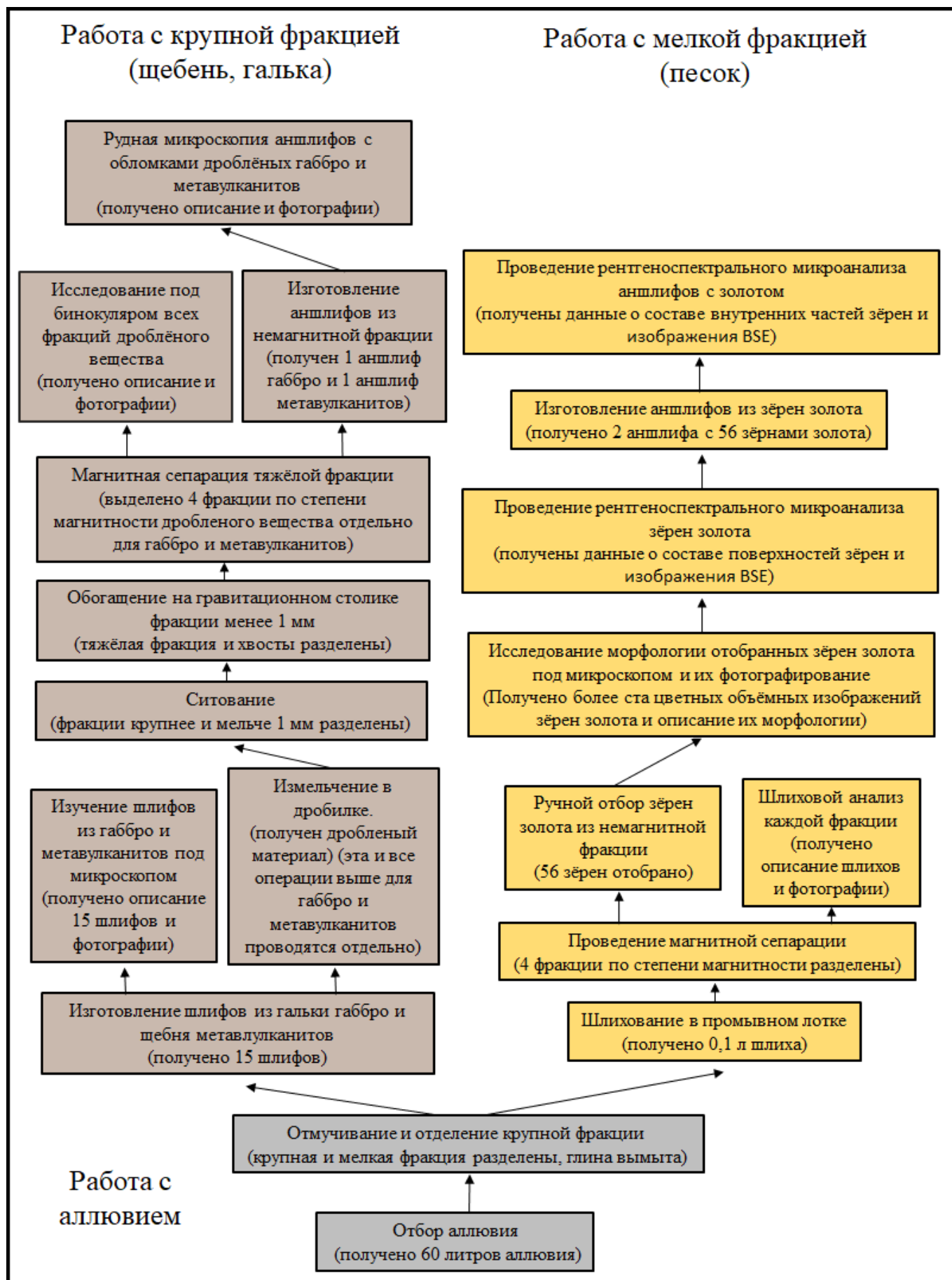


Рисунок 1. Сетевой график.

## **Благодарности**

В ходе работы мне неоднократно была оказана помощь. Хочу выразить благодарность Паламарчуку Р.С. за постоянное консультирование и помощь в подборе литературы, Степанову С.Ю. за помощь в выборе места отбора пробы, Шелухине Ю.С. за помощь при проведении рудной микроскопии, сотрудникам ресурсных центров СПбГУ и многим-многим другим. В частности, выражаю благодарность научному руководителю Петрову С.В. за помощь на всех этапах исследования и правку текста данной работы.



# 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И КАРТОГРАФИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

## 1.1. Краткая история изучения золота Урала

Становление золотодобычи на Урале относится ещё к 18 веку (начиная с открытия Шилово-Исетского и Шарташского рудников). Только в начале 19 века начинается добыча россыпного золота – на реках Берёзовке и Пышме открывают первые россыпные месторождения России. С этого времени благодаря деятельности приисков накапливается фактический материал по россыпному и коренному золотометалльному оруденению. В течение 19 века становятся известны все главные районы россыпного золота. В частности, вблизи интересующей нас территории, в 1824 году открываются россыпи на реке Ис. В это время основные исследования свойств уральского золота ведутся непосредственно на месторождениях и в лабораториях уральских заводов. В 20 веке происходит интенсификация научного изучения коренных и россыпных месторождений золота Урала. В 20ые-30ые годы составляются геологические планы коренных месторождений Среднего Урала масштаба 1:2 000 (Смолин А.П., Суриков П.И., Кутюхин П.И. и другие). В 40ые появляются первые монографии по исследованию месторождений золота Среднего Урала (Бородаевский, Бородаевская). В 1970 году выходит в свет книга Смолина А.П. «Самородки золота Урала», в которой обобщаются известные данные о химических и морфологических особенностях золота в различных месторождениях Урала, в том числе затрагиваются самородки р. Нясьмы. (для которой р. Генералка является притоком). В 1968 г. создаётся металлогеническая карта Урала, где большое внимание также уделено коренным месторождениям золота. В 1972 и в 1974 годах выходят две книги Шера С.Д. по металлогении золота, в которых, несмотря на мировой охват, затрагиваются и месторождения Урала. Все эти работы были основаны на геосинклинальной теории. Со сменой парадигм в геологической науке менялись и представления о металлогении коренных месторождений золота. С началом господства тектоники плит в 90ых годах 20 века начинают развиваться и современные представления о связи различных типов золоторудных месторождений с определёнными геодинамическими обстановками.

## 1.2. Современные данные о коренных источниках золота Среднего Урала

На современном этапе изучения месторождений коренного золота Урала выделяются такие исследователи, как Сазонов В.Н., Мурзин В. В., Рапопорт М. С.,

Григорьев Н. А. и многие другие, упомянутые ниже. Язева Р.Г., Бочкарев В.В., Ферштатер Г. Б., Рапопорт М. С., Серавкин И.Б. вносят значительный вклад в изучении связи золота с магматическими породами Урала (коллизийных обстановок и активных окраин). Мурзин В. В. исследует золото ультраосновных пород и связей с обстановками рифтогенеза. Им и Сазоновым В.Н. в 1993 году публикуется книга «Золото Урала. Коренные месторождения.» Сазоновым В.Н. исследуются связи метасоматических формаций Урала с золотом, охарактеризовывает березит-лиственитовую, кварц-серицитовую, гумбеитовую и другие формации. Им же исследуются гидротермальные месторождения золота. В 2001 году Сазоновым В.Н. публикуется работа «Золото Урала», где обобщается материал по металлогении золота Урала с точки зрения теории литосферных плит.

Он производит систематизацию уральских месторождений золота согласно геодинамическим обстановкам их формирования: рифтогенеза, океанического спрединга, островных дуг и активных окраин. К различным обстановкам автор относит определённые геологические формации, генетические и формационные типы оруденения и околорудные метасоматические формации. Интересующая нас россыпь располагается на территории Тагильской мегазоны, на стыке двух обстановок – океанического спрединга и островных дуг. Согласно Сазонову В.Н. в обстановках спрединга океана оруденение локализуется в рифтовых депрессиях, внутриокеанских разломах и блоках меланократового основания. В этой обстановке вулканогенно-гидротермально-осадочный генетический и кипрский медноколчеданный формационные типы характерны для формации толеит-базальтов. Метаморфогенный генетический и хромитовый и золото-хлограпитовый формационные типы – для дунит-гарцбургитов. В островодужной обстановке к рудолокализирующим структурам автор относит энзиматические вулканические пояса, активизированные блоки меланократового основания, островные дуги, междуговые и межгрядовые депрессии. В этой обстановке к геологической формации габбро-норитов относится сульфидно-платинопалладиевый и магнетит-апатитмедный формационные типы, к риолит-базальтовой – уральский тип, к андезит-дацитовой известково-щелочной – баймакский тип, к андезит-дацитовой толеитовой – золото-полиметаллический, к габбро-диоритовой – медно-порфиоровый. Генетические типы здесь представлены вулканогенно-гидротермальными и магматогенно-гидротермальными.

Для использования данной схемы и понимания генезиса интересующих нас коренных месторождений золота следует точнее определить с геодинамическим прошлым территории, на которой располагается россыпь. Согласно современным палеогеодинамическим реконструкциям (Пучков В.Н., Петров Г.А. и другие) мариинский комплекс, на котором залегает исследуемая нами россыпь, была образована вследствие

извержения срединно-океанических базальтов, частично в результате раннего островодужного вулканизма. Её прорывают интрузии плагиогранитов кривинского комплекса, вокруг которых в мариинском комплексе локализуются золотоносные кварцевые жилы и прожилки. Составители записки к государственной геологической карте О-40-ХП [4] называют этот тип оруденения аляскинским, по аналогии с выделенным на Аляске [10]. Западнее в нескольких километрах от исследуемой россыпи располагаются габбровые и ультраосновные массивы Платиноносного пояса Урала. Они, согласно современным исследованиям (Иванов, Шмелёв, Язева, Бочкарёв и др.) имеют островодужную природу, были образованы в цоколе островной дуги и позднее внедрились в верхние горизонты в разогретом твёрдопластичном состоянии. С изменениями вмещающих пород при внедрении Платиноносного пояса, а также с метаморфизмом пород пояса также связано оруденение золота, относящееся по классификации Сазонова В.Н. к габбро-норитовой формации островодужной обстановки. Восточнее, также в первых километрах от россыпи, залегают метавулканы контрастного состава кабанской, павдинской и именовской свит, с которыми, согласно той же классификации, могут быть связаны оруденения уральского, баймакского и других типов. Таким образом, золото в исследуемых россыпях может быть принесено из коренных источников, связанных с различными геодинамическими обстановками, относящихся к разным геологическим формациям, генетическим и формационным типам. Таким образом, следует рассмотреть имеющуюся литературу по каждому из этих интересующих нас типов и формаций океанических и островодужных обстановок более подробно и на её основе проанализировать ближайшие к россыпи точки минерализации и рудопроявления коренного золота. Т.к. исследуемое россыпное золото не несёт в себе следов дальней транспортировки, что будет показано в Главе 3, под «интересующей территорией» мы будем понимать радиус вокруг россыпи не более 20-30 км.

### 1.3 Анализ рудопроявлений и пунктов минерализации коренного золота на основе картографического материала (О-40-ХП. Карта полезных ископаемых) и литературных данных

Следует начать с наиболее близких к изучаемой россыпи геологических образований: с мариинской комплекса, который является её плотиком и кривинского комплекса, который слагает гору Генеральскую, огибаемую рекой Генералкой. Литературные данные о кривинском комплексе и связанных с ним золоторудных кварцевых жил и прожилков в мариинской свите ограничены. Они подробно описываются составителями записки к государственной геологической карте О-40-ХП (в пределах которой и находится россыпь).

Указывается, что рудоносные кварцевые жилы и прожилки связаны со второй фазой внедрения интрузивов кривинского комплекса, представленной плагиогранитами. Эти жилы и прожилки локализуются в метавулканитах мариинского комплекса. Формационный тип оруденения указывается как золото-сульфидно-кварцевый. Авторы записки также относят описываемое оруденение к аляскинскому типу, ссылаясь на работу [12], и предполагая схожую с современной Аляской обстановку в ордовикское время в Палеоуральском океане. Идея заключается в субдукции срединно-океанического хребта (в случае Палеоуральского океана, в отличие от ситуации на Аляске, скорее под другую океаническую плиту). Субдуцирующий срединно-океанический хребет продолжает быть источником глубинного тепла. Когда СОХ погружается под аккреционную призму, над ним образуются разогретые флюидоносные плутоны, которые всплывают в вышележащую аккреционную призму. Далее из плутона высвобождаются флюиды, формируются ореолы золотоносных кварцевых жил. Согласно этой модели, интрузивы второй фазы кривинского комплекса должны являться такими плутонами, формирующими вокруг себя ореол кварцевых жил и прожилок с золотом, залегающих в деформированных в аккреционном клине metabазальтов мариинского комплекса. К тому же, по Пучкову В.Н. [7] вулканиты мариинского комплекса частично являются продуктами преддугового спрединга. Стоит отметить, что вышеописанная версия аляскинского типа золотого оруденения не может быть принята однозначно в условиях работы с такими дискуссионными в настоящее время в вопросах генезиса образованиями, как мариинский и кривинский комплексы. Тем не менее, нет и явных оснований отвергать её. В записке карте приводятся примеры некоторых известных рудопроявлений и пунктов минерализации, относящихся к этому предполагаемому аляскинскому типу. Среди них ближайшее к россыпи располагается в 5 км к северу от неё - Нясьминское рудопроявление, кварцевые жилы которого уже выработаны. Следующий по удалению Борисовский пункт минерализации располагается примерно в 15 км на юго-юго-запад от россыпи. В обоих случаях золото локализуется в пределах мариинской свиты вблизи интрузивов кривинского комплекса. Примечательно, что гора Генеральская (которую непосредственно огибает текущая по породам мариинского комплекса река Генералка) сложена плагиогранитами второй фазы внедрения кривинского комплекса, хотя, к настоящему времени, пунктов минерализации на карте здесь не отмечено.

Второй возможный коренной источник золота связан с массивами Платиноносного пояса Урала. В пределах рассматриваемой территории он представлен Павдинским и Каменушинским массивами (подробнее о них в главе 3), располагающимися в нескольких километрах западнее россыпи. Качканарский массив достаточно удалён и находится более чем в 30 км к юго-западу, поэтому, несмотря на свою большую известность, будет интересовать

нас менее. Литература, связанная с Платиноносным поясом Урала уже представлена гораздо шире. Активно ведутся дискуссии по вопросам его происхождения - по мнению некоторых исследователей это рифтогенное образование, но, тем не менее, как было упомянуто выше, в настоящее время преобладают идеи его островодужной природы (Иванов, Шмелёв, Язева, Бочкарёв, Пучков и др.). Считается, что пояс до экзгумации относился к средней или даже нижней коре. Пучков В.Н. [7] предполагает, что первоначальное образование пояса произошло в ордовике и связано с подъёмом мантийного диапира в надсубдукционной обстановке в условиях задугового растяжения. Позднее, в силуре, снова происходит подъём массивом Платиноносного пояса, уже из средней/нижней островодужной коры в твёрдопластичном состоянии. Внедрение разогретых массивов базит-ультрабазитов приводит к изменению вмещающих пород (в нашем случае – мариинский комплекс) и локализации в них золота. Золото концентрируется и в пределах самих массивов в ходе метаморфических процессов. Таким образом, по классификации Сазонова В.Н., золотометальное оруденение, связанное с Платиноносным поясом, следует относить к габбро-норитовым геологическим формациям островодужных обстановок. Золотооруденение, связанное с поясом, исследователи подразделяют на несколько типов. В пределах интересующей нас территории (радиус 20 км от исследуемой россыпи), согласно той же записке к карте О-40-ХП, имеет место волковский и баронский типы. Волковский высокосернистый палладий-платино-золотой тип представлен в исследованиях Штейнберга, Еремина, Волченко, Николайченкова и других, а баронский платино-золото-палладиевый - А.Н.Мардиросьяном, Ю.А.Волченко и другими. Оба оруденения, согласно исследованиям, часто пространственно связаны. Волковский тип характерен в основном для позднемагматического этапа образования массивов пояса и последовательной кристаллизацией апатита, титаномагнетита, борнита и халькопирита, платины, палладия и золота. Баронский тип характерен для более поздних этапов и связан с метасоматической проработкой клинопироксенитов и образованием апатитовых оливинитов или апатит-содержащих оливиновых габброидов. Для волковского типа характерны палладий-содержащее золото, гессит ( $Ag_2Te$ ), медно-кобальтовый теллурид. На Баронском рудопроявлении (стратотип баронского типа) в самородном золоте фиксируется 12-13% серебра, 0,2% палладия и до 0,25% висмута. Оба типа связаны с титаномагнетитовой рудной формацией и часто приурочены к краевым частям массивов Платиноносного пояса. Согласно карте и записке, Волковский и баронский типы представлены на интересующей нас территории в виде пунктов минерализации Нясьминский, Берёзовый (расположены в 15 км к северо-западу от изучаемой россыпи, в горнблендитах краевой части Каменушинского массива), Матюшин Увал (10 км к северу от россыпи, в оливином габбро Павдинского массива).

Наконец, восточнее исследуемой нами россыпи имеют широкое распространение островодужные вулканиты и субвулканические тела кабанской (O<sub>3</sub>-S<sub>1</sub>), павдинской (S<sub>1</sub>) и именовской свит (S<sub>2</sub>). Согласно картографическому материалу, среди этих образований большое значение имеют колчеданные руды. Образование меди и полиметаллов известно в приповерхностно-гидротермальных процессах и в современных островных дугах. И в современных, и в древних дугах широко известно присутствие золота в составе колчеданных рудах. В соответствие с вышерассмотренной классификацией Сазонова В.Н., базальт-риолитовая кабанская свита может соответствовать уральскому типу (медно-цинково колчеданному золотоносному), трахиандезит-трахидацитовая именовская свита – баймакскому типу, андезит-дацитовая павдинская – золото-полиметаллическому типу. Тем не менее, на современном этапе изученности, из перечисленных выше свит в пределах интересующей нас территории только в павдинской известны проявления золота, связанные с колчеданными рудами (рудопоявление Гарниковское в 30 км к востоку от россыпи - прожилково-вкрапленное Cu-Zn оруденение). В пределах павдинской свиты золото также известно в пункте минерализации Нясьминский Рудник (20 км на северо-восток от россыпи) и рудопоявлении Нясьминское (15 км на юго-восток от россыпи), но их формационный тип, согласно авторам записки карты О-40-ХП пока не может быть с уверенностью определён.

Таким образом, в радиусе 20-30 км от россыпи реки Генералка имеется несколько потенциальных коренных источников золота, относящихся к абсолютно разным геологическим формациям и имеющие разную степень изученности.

#### 1.4 Анализ литературных данных о золотоносных россыпях региона и эволюции речной сети

При изучении россыпей важно понимать, аллювиальные отложения – очень непостоянный геологический объект. Это связано не только с постоянным переотложением рыхлого материала рекой в ходе её перемещений в пределах своей долины, но и сменой, в течение более длительного времени, целых систем речных сетей. Исследуемое россыпное золото, может быть, когда-то принадлежало другой реке, которая протекала в другом месте. Если мыслить лишь в рамках долины современной реки, можно совершить ошибку при прогнозировании коренного источника, который может находиться существенно дальше. Именно поэтому при исследовании россыпей необходимо ознакомление с историей рельефа и эволюции речных сетей изучаемого региона. Для Среднего Урала Сиговым А.П. [13] было выделено 6 тектоно-климатических этапов мезозойской и кайнозойской истории развития региона. Ниже приведён её краткий обзор.

1. Ранний мезозой. В триасе шла интенсивная эрозионная деятельность рек – происходило разрушение молодых горных возвышенностей. Физическое выветривание в это время преобладало над химическим – в отрицательных формах рельефа (связанными с тектоническими зонами, древними речными долинами и др.) накапливались пески и грубые обломки горных пород. Шёл активный речной транспорт обломков с запада на восток от осевой части Урала через Платиноносный пояс.

В мезозое также формируется субмеридиональная структурно-эрозионная депрессия, которая соответствует Туринско-Богословской рудоконтролирующей зоне – к ней относится южная меридиональная часть долины реки Большая Нясьма.

2. В юре тёплый гумидный климат вызвал усиление химического выветривания. Образовывались коры выветривания по коренным и песчано-обломочным породам. Теперь металл полностью высвобождался из коренных пород и обломков – формировались мезозойские россыпи.

3. В позднем мелу и усиливаются морские трансгрессии, снижается роль эрозионных и денудационных процессов, а уже образованные россыпи захораниваются морскими и континентальными осадками.

4. Далее происходит временное усиление тектонической активности. На границе эоцена и олигоцена образовывается новая речная сеть. Разрабатываются новые, ранее не существовавшие отрезки, но и наследуются старые. Она переотлагает юрские россыпи и формирует новые.

5. В миоцене, также в основном за счёт переотложения старых металлоносных отложений, в окрестностях рассматриваемой территории формировались ложковые россыпи.

6. Для плиоцена и четвертичного периода характерно поднятие территории – происходит усиление эрозии, образуется более глубокая, разветвлённая, похожая на современную речная сеть. Она также перемывает древние россыпи и формирует новые.

Становится ясно, что на исследуемой территории в течение мезозоя и кайнозоя шло неоднократное переотложение россыпей, смена магистральных направлений рек, изменялся облик речных сетей. Например, Туринско-Богословская мезозойская региональная депрессия, до сих пор считается россыпеконтролирующей, но уже плохо выражена в рельефе, а некоторыми молодыми реками через неё проложены поперечные ей (субширотные) долины. Отсюда, следует учитывать, что благородный металл в долине реки Генералка мог поступить сюда через промежуточные коллекторы – другие древние речные долины. Помимо изменения конфигурации долин это может происходить и другими

способами. В работе Паламарчука Р.С. [6] в качестве агента переноса платиноидов в долину реки Генералки рассматривается перенос деятельностью ледника и водно-ледниковыми процессами (из одних речных долин в другие).

Литература по россыпям изучаемой территории (Б. Нясымы, Чернушки, реки Ис, Шумихи и других) не говоря уже о россыпи р. Генералка, представлены скудно. Для Исовского района основная информация представлена в отчётах геоморфологических отрядов (Ломаев А.В.) и геологоразведочных работ (Трифонов В.П., Никифоров К.В.), а также исследованиями Высоцкого Н.К. в начале 20 века. Все эти работы слабо касаются золота и реки Генералка, но могут дать некоторое представление об особенностях формирования россыпей в регионе. Наибольший интерес представляет отчёт Исовского прииска 1982 года []. Здесь представлена наиболее полная обобщающая характеристика россыпи р. Генералка, она затрагивает как геологию россыпи (будет представлена в следующей главе), так и некоторые характеристики зёрен золота. Однако, данные о зёрнах золота всё же достаточно поверхностные, а за прошедшее время многие методы исследования стали точнее и открыли новые возможности, а геология и металлогения региона была существенно уточнена.

По этим причинам, дальнейшее изучение золота россыпи р. Генералка может дать много новых сведений как об особенностях формирования самой россыпи, так и возможном коренном источнике и, исходя из этого, возможно, о путях перемещения вещества в меняющихся речных системах территории.

## **2. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ТЕРРИТОРИИ**

### **2.1. Общие черты геологического строения**

Река Генералка и гора Генеральская находятся на Среднем Урале в Тагило-Магнитогорской мегазоне. Таким образом, большинство пород на рассматриваемой территории (под «рассматриваемой территорией» здесь и ниже будет пониматься площадь в радиусе 20 км от горы Генеральской) представлено вулканитами Тагильской островной дуги и офиолитами, многие породы подвергнуты метаморфизму. Различные комплексы пород граничат между собой субмеридиональным надвигом. Помимо субмеридиональных встречаются разломы и других простираций, однако имеющие подчинённый ранг.



Река Генералка на всём своём протяжении протекает среди пород мариинского комплекса. Среди них находится и гора Генеральская. В исследуемом регионе выходы мариинского комплекса занимают широкую (до 25 км) субмеридиональную полосу. Комплекс сложен амфиболизированными долеритами и габбро и комагматичными им базальтами и андезибазальтами с прослоями в них метаосадочных пород. Среди вулканитов также встречаются андезиты, риодациты и риолиты. Разнообразие породного состава также достигается за счет различной степени метаморфизма – могут встречаться амфиболизированные долериты и габбродолериты, зелёные сланцы по базальтоидам, амфиболиты, амфиболовые сланцы, бластомилониты и другие метаморфические породы. Основные минералы пород комплекса: кислый плагиоклаз, актинолит, сине-зелёная роговая обманка. Другие минералы: эпидот, титаномагнетит, титанит, цоизит, лейкоксен, кварц, пренит, хлорит. Геохимическая специализация: Pb, Zn, Mn, P, Ti, Cu, Cr, V, Co. Для вулканитов и субвулканитов характерна нормальная щёлочность и глиноземистость. Выявлено, что по своему генезису метавулканиты мариинского комплекса делятся на две группы: океанического и островодужного происхождения. Океанический генезис характерен для западной части комплекса, островодужный – для восточной. Возраст пород – поздний, средний ордовик. Таким образом, мариинская свита представляет собой частично магматическую камеру, комплекс даек и базальты срединно-океанического хребта Палеоуральского океана, а также в некоторых местах островодужные вулканиты.

Большое значение имеет кривинский комплекс. Мнения о происхождении кривинского комплекса противоречивы. Его относят как к офиолитам, так и к островодужным образованиям. В целом кривинский комплекс может быть представлен габбро, долеритами, плагиогранитами, реже перидотитами. Тела в основном представлены штоками и дайками. На рассматриваемой территории кривинский комплекс представлены штоками плагиогранитов второй фазы внедрения и залегает среди пород мариинской свиты. Именно шток плагиогранитов кривинского комплекса слагает гору Генеральскую. Плагиограниты сложены плагиоклазом, кварцем, роговой обманкой, магнетитом, эпидотом. Породы мелкозернистые, полосчатые, иногда массивные. Массивы кривинского комплекса часто окружены ореолами кварцевых жил и прожилок, с которыми связано золотое оруденение аляскинского типа.

Среди пород мариинского комплекса также располагается Платиноносный пояс Урала. Считается, что он имеет надсубдукционное происхождение, составлял нижние горизонты Тагильской островной дуги, а позднее был внедрён в вышележащие породы в твёрдопластичном состоянии. На рассматриваемой территории он залегает среди пород мариинского комплекса, представлен качканарским и тагило-кытлымским комплексами и

слагает Павдинский и Каменушинский массивы. Каменушинский массив находится примерно в 15 км на северо-запад от горы Генеральская и представлен оливиновыми пироксенитами и дунитовым ядром качканарского комплекса. Между Каменушинским массивом и горой Генеральская располагается Павдинский массив. Павдинский массив вытянут в субмеридиональном направлении, его протяжённость составляет 65 км при ширине в среднем 10 км. Массив разделяют на Северопавдинский и Южнопавдинский блоки. На рассматриваемой территории представлена южная часть Павдинского массива. Южнопавдинский блок. Его разделяют в свою очередь на 3 субмеридиональных блока. Западный блок сложен амфибол-битовнитовыми габбро. Центральный – габброноритами тагило-кытлымского комплекса. Восточный, наиболее близкий к горе Генеральская блок, сложен оливин-битовнитовыми габбро. В габброидах Павдинского массива известна Pt-Au-Pd и Pd-Pt-Au минерализация – баронский и волковский типы.

На востоке мариинская свита по разлому граничит с островодужными вулканитами кабанской свиты. Ширина выхода пород свиты на рассматриваемой территории варьирует от 10 км на севере до 1 км на юге, что связано с тектоническим выклиниванием к югу. Вулканиты характеризуются контрастным составом: встречаются базальты, андезибазальты, андезидациты, дациты, риодациты и риолиты. Среди них наблюдаются прослои кремнистых осадков. Вкрапленники основных вулканитов отсутствуют или представлены плагиоклазом, реже пироксеном и плагиоклазом. Основная масса была представлена плагиоклазом, пироксеном и вулканическим стеклом, однако теперь полностью или частично замещена альбитом, эпидотом, хлоритом, карбонатами и другими минералами. Вкрапленники кислых вулканитов представлены плагиоклазом, реже роговой обманкой, кварцем. Основная масса была также подвергнута изменениям – её главные компоненты: альбит, серицит, хлорит. Среди вулканитов кабанской свиты также прослеживаются штоки и дайки основного и кислого состава. Возраст кабанской свиты – поздний ордовик – ранний силур.

На востоке кабанская свита граничит с угловым несогласием с павдинской свитой. Свита также представлена контрастными островодужными вулканитами от базальтов до риолитов. При этом преобладают андезиты и андезибазальты. Наблюдаются прослои песчаников и алевролитов. Помимо этого в составе свиты представлены, туффиты, флишоиды, а в 25 км к юго-востоку от г. Генеральская – карбонаты. К свите также относятся штоки и дайки контрастного состава. Возраст свиты – нижний силур.

Островодужные вулканиты верхнеименновской подсвиты на рассматриваемой территории с двух сторон окружены породами павдинской свиты: на западе подсвита граничит с павдинской свитой с угловым несогласием, а на востоке имеет с ней

тектонический контакт. Верхнеименновская подсвита представлена трахибазальтами, трахиандезибазальтами, трахиандезитами, реже трахиандезидацитами и трахидацитами. К свите относятся и терригенно-карбонатные породы. Встречаются дайки и штоки. Возраст – поздний силур.

Таким образом, начиная с кабанской свиты, в восточном направлении последовательно сменяют друг друга субмеридиональные пояса всё более молодых островодужных пород.

Теперь можно подытожить положение горы Генеральская и реки Генералка среди геологических структур территории. Они располагаются в узкой полосе выходов метавулканитов и метадолеритов мариинского комплекса, зажатой между массивами Платиноносного пояса с запада и свитами островодужных вулканно-осадочных пород с востока. Эта полоса прорвана дайками и штоками кривинского комплекса.

## 2.2. Развитие четвертичных образований

На рассматриваемой территории четвертичные отложения распространены повсеместно. Их генетические типы контролируются формами рельефа. Гористый рельеф характерен для массивов Платиноносного пояса и интрузий кривинского комплекса, для островодужных вулканитов востока же характерны понижения и болотистая местность. На вершинах гор (г. Генеральской, г. Саранной, г. Матюшиного увала и вершинах других гор окрестности) развиты элювиальные образования, представленные суглинками, супесями и щебнем подстилающих пород. В привершинных частях горы Саранная развиты делювиально-солифлюкционные и десерпционные отложения, ниже коллювиальные и делювиальные отложения, представленные суглинками и глинами с глыбами и щебнем. На Матюшином Увале отсутствуют делювиально-солифлюкционные и десерпционные отложения и ниже покрытой элювием вершины представлены делювиальные и коллювиальные отложениями, а на г. Генеральская – элювиально-делювиальными. Большинство небольших возвышенностей, находящихся восточнее г. Генеральская и сложенных породами островодужных серий кабанской, павдинской и именновской свит также имеют покрытые элювием вершины и элювиально-делювиальные склоны. Ложбины и лога между возвышенностями представлены делювиальными глинами, суглинками и щебнем местных пород. Все вышеперечисленные элювиальные и склоновые отложения по возрасту относятся к верхнему звену неоплейстоцена. На востоке в связи вышеупомянутым понижением территории также представлены голоценовые болотные и озёрно-болотные

отложения. Аллювиальные отложения, залегающие вдоль развитой между возвышенностями речной сети, характеризуются неоплейстоценовым и голоценовым возрастом. В долинах относительно крупных (для рассматриваемой территории) рек, таких как Ис и Большая Нясьма имеется несколько террас: встречается аллювий исетской террасы среднего звена неоплейстоцена, камышловской террасы позднего звена неоплейстоцена и голоценовые отложения современной поймы и русла. Для всех остальных более мелких рек рассматриваемой территории, в том числе реки Генералки характерны только голоценовые аллювиальные отложения. Тем не менее, активное выравнивание территории речной эрозией началось ещё в раннем мезозое, однако большинство древних аллювиальных отложений было переотложено или захоронено морскими, делювиальными или новыми аллювиальными образованиями.

### 2.3. Геология россыпи р. Генералка

Река Генералка огибает в своём течении гору Генеральскую и впадает в Большую Нясьму. Ширина долины Генералки – 50 – 150 м, протяжённость – 3 км, а уклон 0,02. Мощность аллювия - до 8 м. Россыпь же имеет протяжённость до 2,4 км, её мощность – 3,8 м, залегает в пойме реки и в надпойменной террасе, в приплотиковой части разреза. Разрез аллювия представлен (сверху вниз) почвенно-растительным слоем (0,2 м), песчаной глиной с щебнем метавулканитов (0,2 – 1,5 м), песок и галька с щебнем метавулканитов (1,5 – 3 м), песок и галька (3 - 4 м). Ниже – плотик – щебень метавулканитов. Россыпь представлена золотом и платиной. Содержание золота – до 0,7 г/м<sup>3</sup>. Возраст аллювия, согласно карте четвертичных образований О-40-ХII – голоцен.

### 3. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ПОРОД И РУД

#### 3.1. Петрографический состав пород

Из обломков пород, составляющих аллювий и плотик река Генералка было изготовлено 15 шлифов: 14 из щебня метавулканитов мариинской свиты и 1 из гальки оливинового габбро качканарского комплекса. Данные шлифы были изучены под биноклем при параллельных и скрещенных николях. Ниже приведено их описание.

##### 3.1.1. Оливиновое габбро качканарского комплекса

При изучении шлифа оливинового габбро были выявлены следующие главные минералы: плагиоклаз (60-65%), клинопироксен (15%), оливин (15%). Рудные минералы составляют примерно 5%. Вторичные изменения выражаются в серпентинизации оливина (практически все минералы) и амфиболизации пироксенов (15% площади всех пироксенов) – замещении роговой обманкой (рисунок 1, 2, 3, 5). Акцессорных минералов не обнаружено. Без анализатора плагиоклазы светлые бесцветные, пироксены и оливины более тёмные – имеют серый оттенок, серпентин имеет жёлто-зелёные оттенки, роговая обманка - жёлто-коричневые. При поляризованном свете плагиоклаз имеет низкие серые цвета интерференции. Оливин и клинопироксен имеют высокие цвета интерференции – оранжевые, синие, фиолетовые. Среди плагиоклазов широко представлены полисинтетические двойники. Углы погасания плагиоклазов варьируют от 30 до 45 - плагиоклаз в породе представлен лабрадором-битовнитом. Большинство минералов близки к изометричным, среди пироксенов и плагиоклазов есть несколько минералов с вытянутым габитусом. Если рассматривать каждый полисинтетический двойник отдельно, то все они имеют вытянутый габитус. Средний размер зёрен – 0,4 мм. При этом некоторые плагиоклазы достигают 3 мм. Наиболее распространенные границы между главными минералами – индукционные поверхности - это говорит об их единовременной кристаллизации. Большинство рудных минералов локализируются в роговой обманке, которая, в свою очередь, образовывается по клинопироксенам (рисунок 1, 2, 3). Таким образом, большинство рудных минералов связано с амфиболизацией. Встречается замещение рудным минералом оливина (рисунок 2, 4). Некоторые рудные минералы, скорее, магматогенные (рисунок 5?). Средний размер рудных минералов 0,2-0,4 мм.

Структура равномернoзернистая. Текстура массивная.

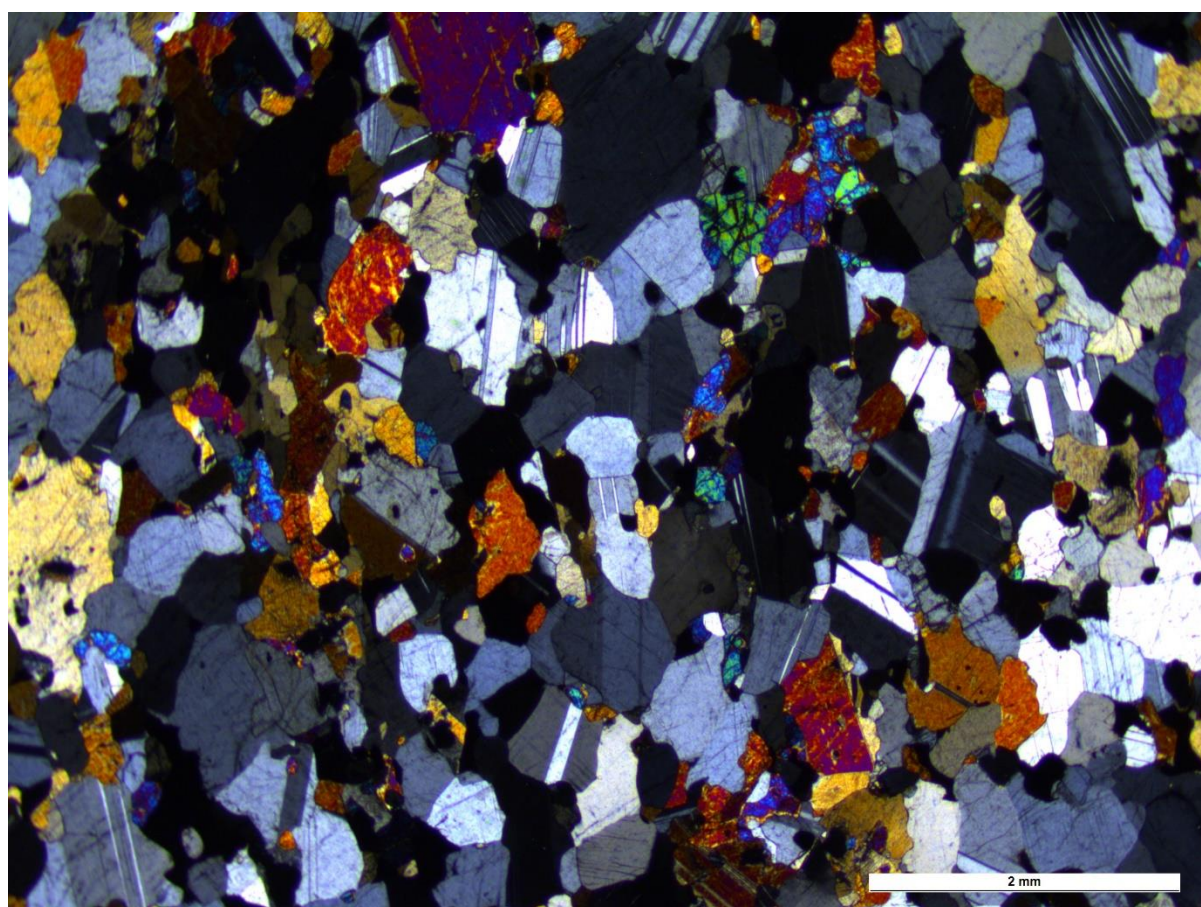
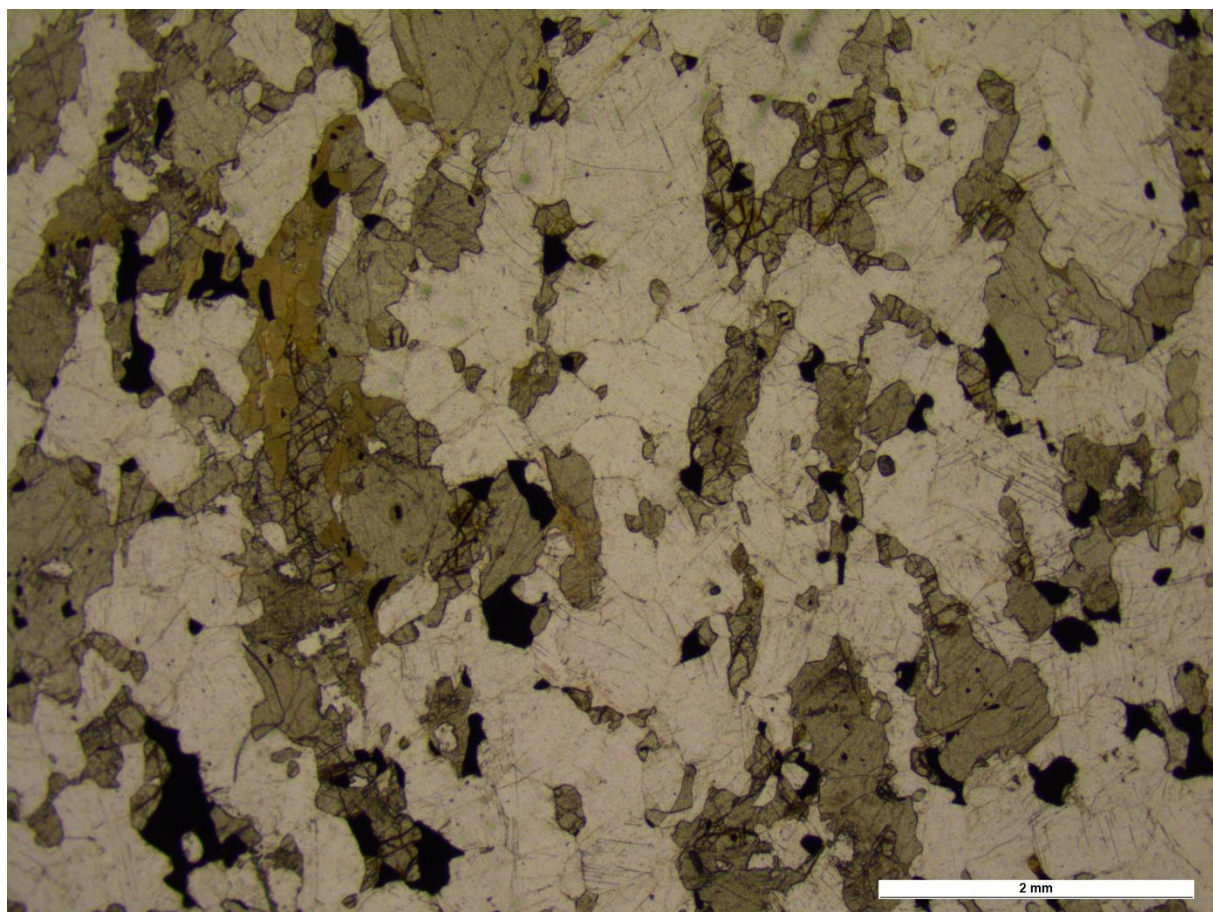


Рисунок 3.1.1.1 Шлиф 1. Оливиновое габбро.

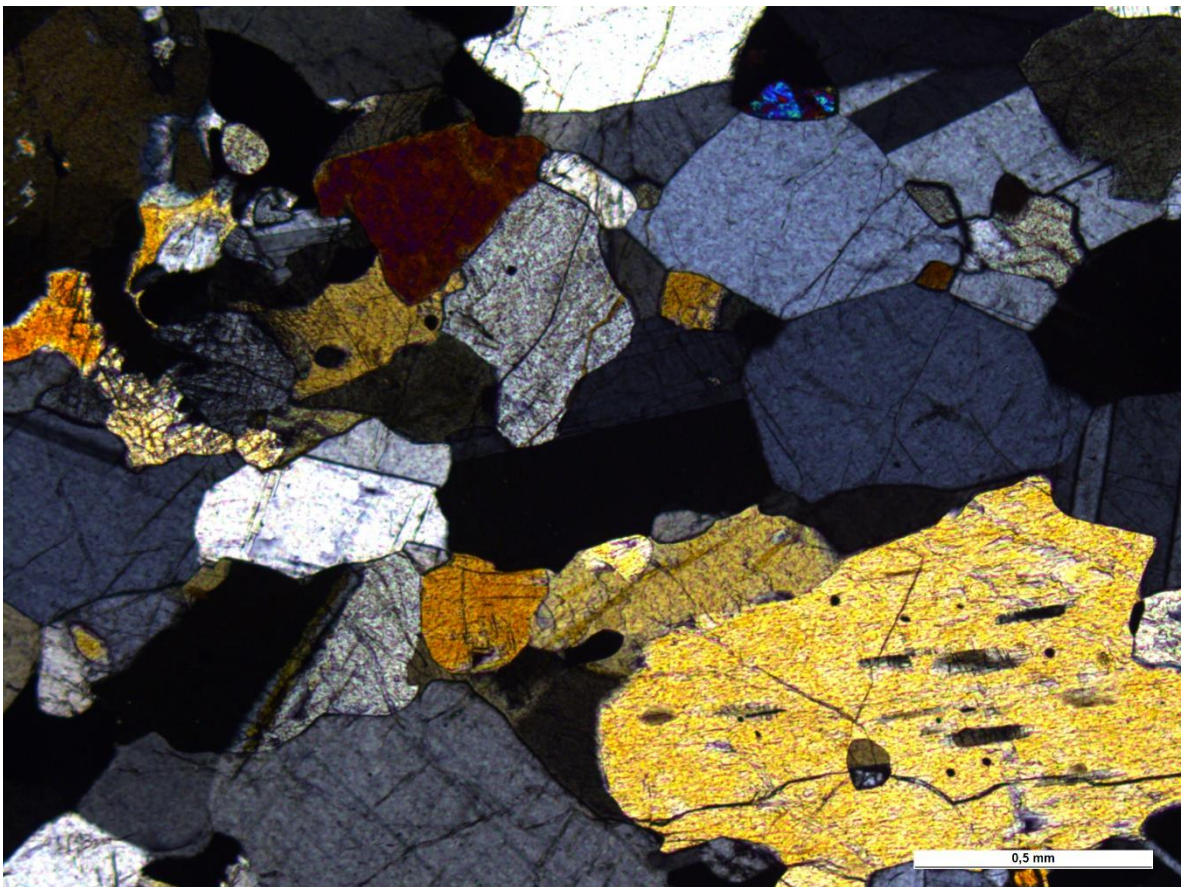
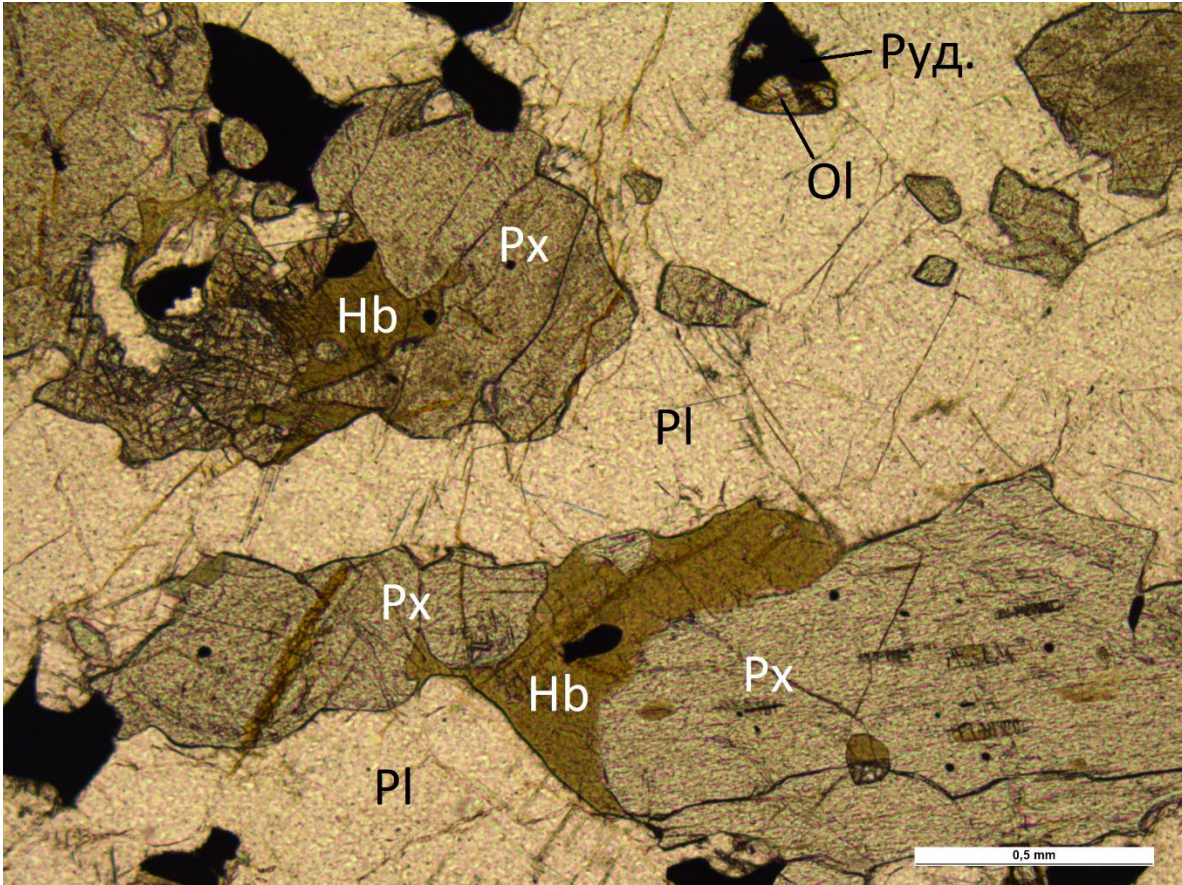


Рисунок 3.1.1.2 Шлиф 1. Оливиновое габбро.

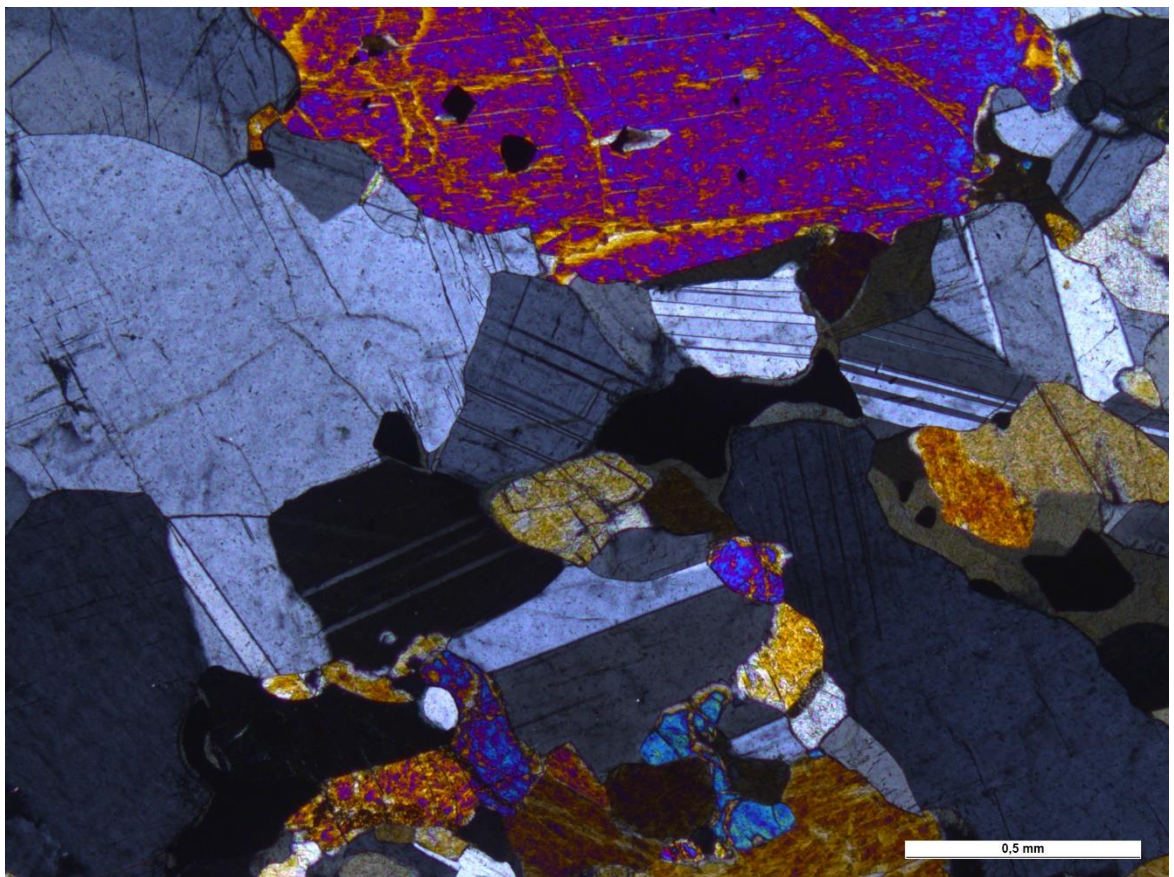
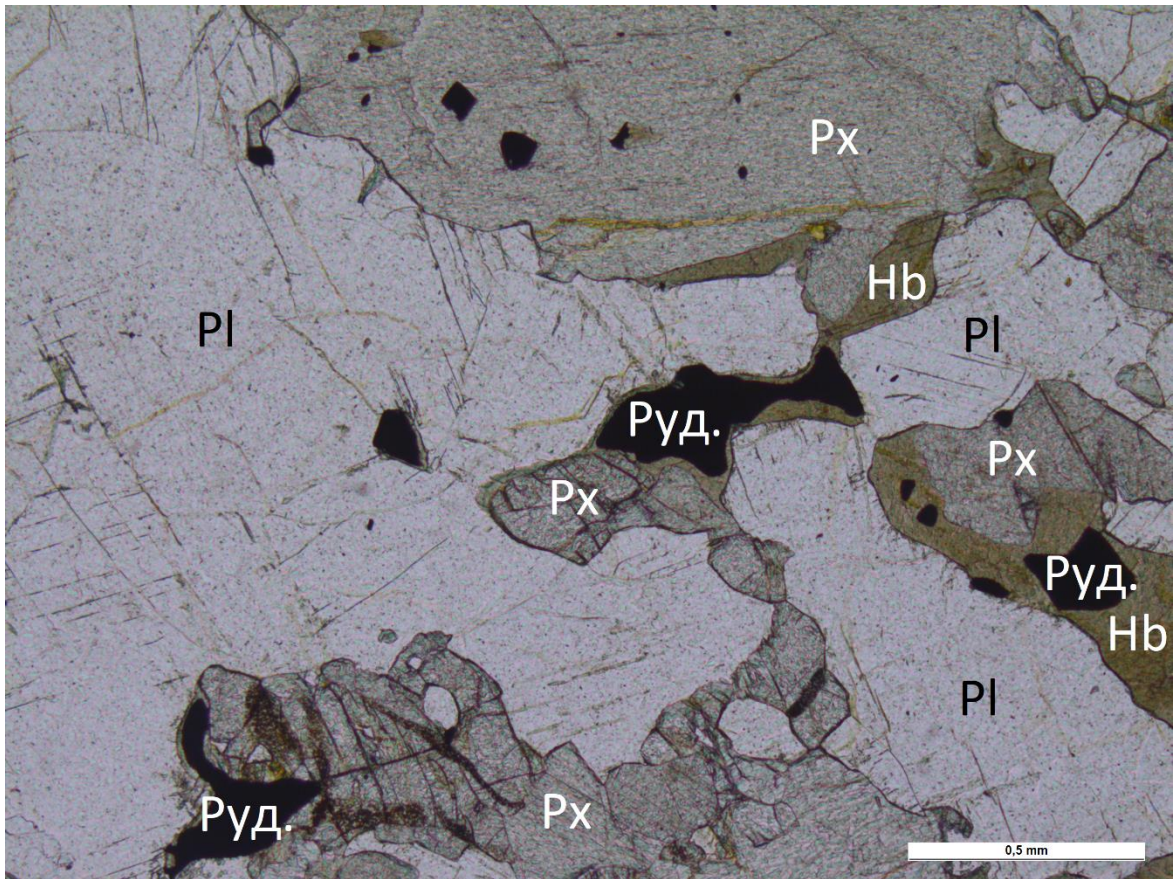


Рисунок 3.1.1.3 Шлиф 1. Оливиновое габбро.



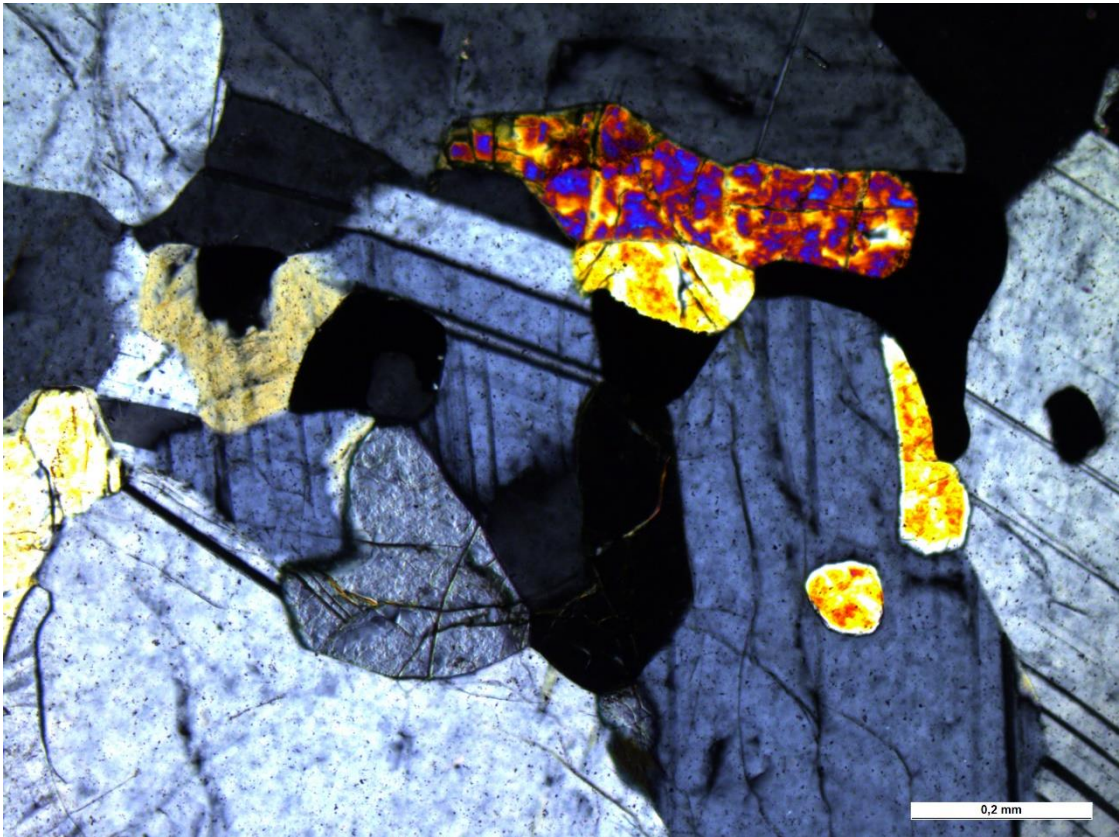
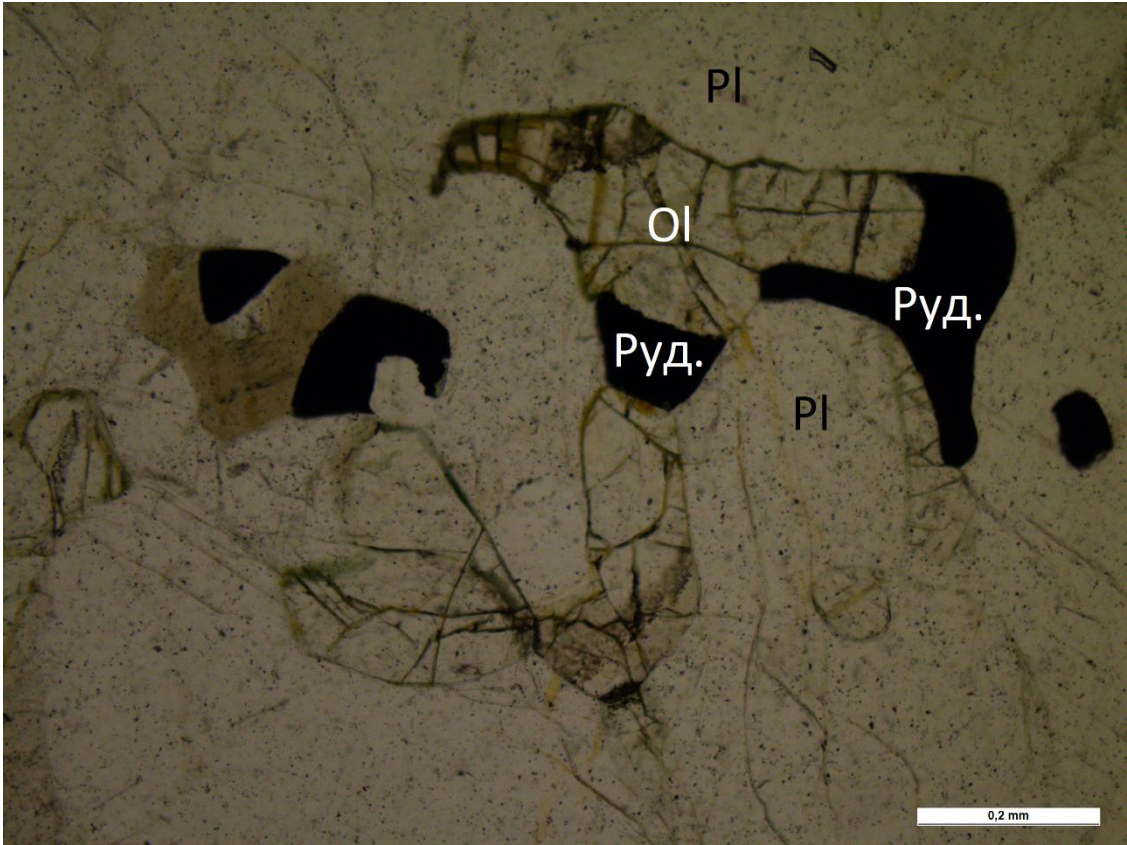


Рисунок 3.1.1.4 Шлиф 1 Оливиновое габбро

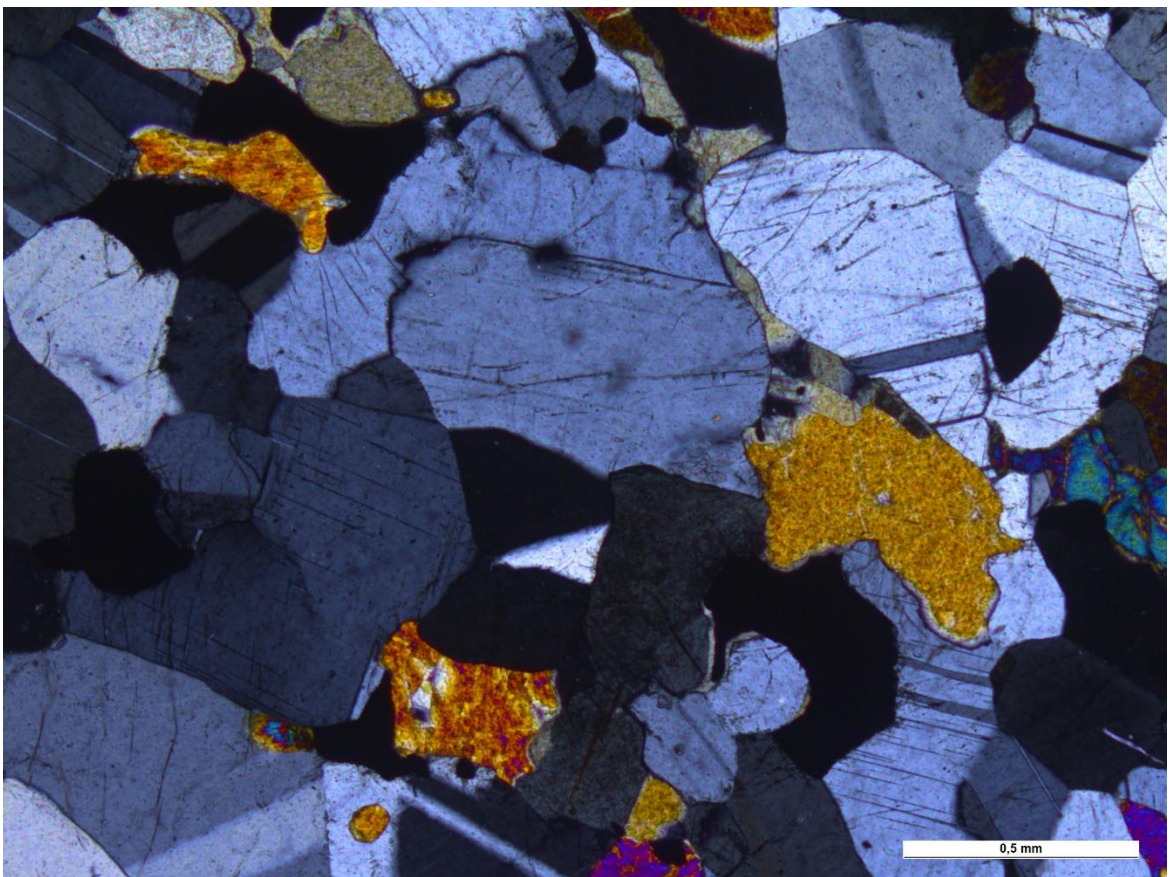
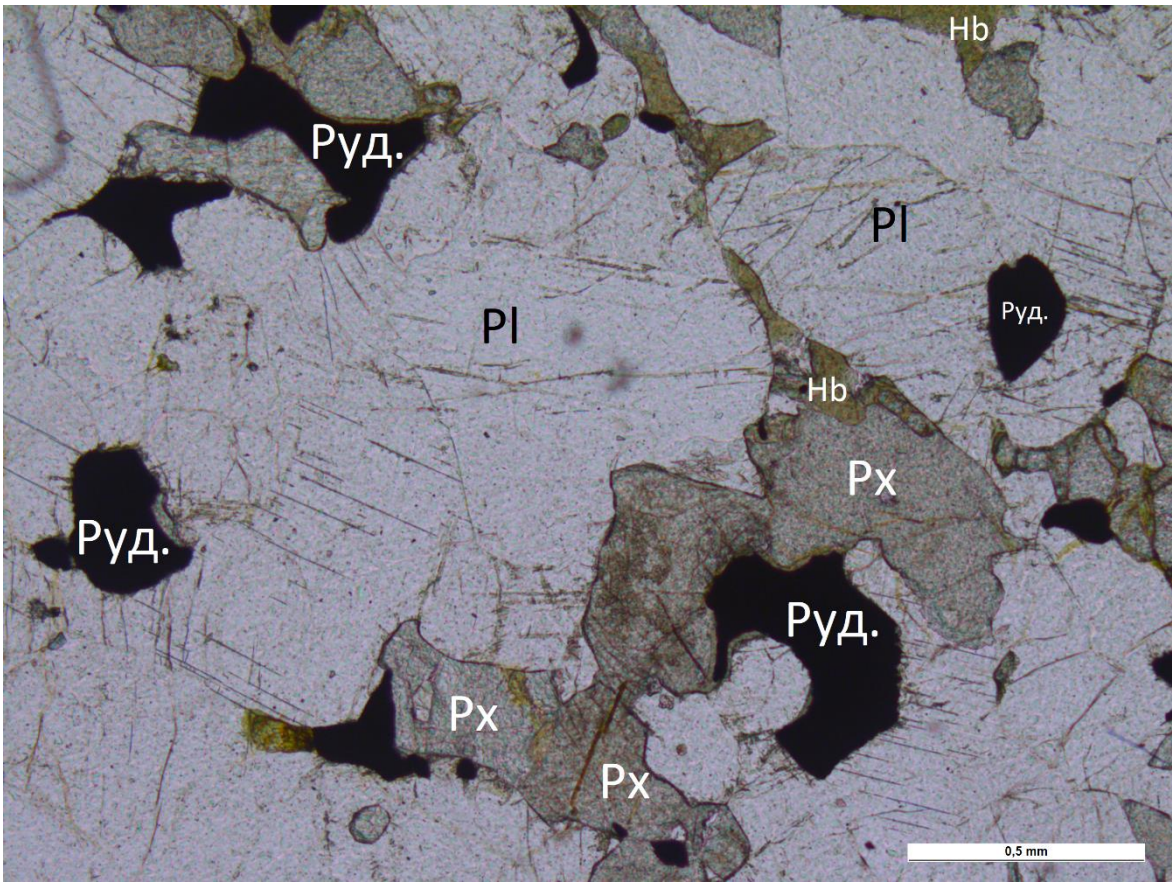


Рисунок 3.1.1.5 Шлиф 1. Оливиновое габбро

### 3.1.2. Метавулканиты мариинского комплекса

Как было указано выше, согласно литературным данным мариинская свита может быть представлена метавулканитами разного состава (андезиты, риолиты, базальты) и подвержена метаморфизму в разной степени. Для неё характерны эпидотизация, хлоритизация и окварцевание.

Из отобранного щебня метавулканитов было изготовлено 14 шлифов. Для удобства они были условно разделены на 4 группы, по некоторым общим особенностям. Внутри этих групп шлифы имеют слабые, незначительные различия. По этой причине описание будет приведено не каждого шлифа в отдельности, а в соответствие с этими группами.

К самой полной первой группе были отнесены шлифы 2, 4, 8, 11, 12, 14, 15. Объем вкрапленников в них составляет в среднем 5-10% от шлифа, 90-95% основная масса. В этих шлифах 100% вкрапленников представлены плагиоклазами вытянутого габитуса. Почти все они образуют полисинтетическими двойниками. Их размеры достигают 1 мм в длину. Основная масса представлена вытянутыми микролитами плагиоклаза и актинолита. Плагиоклаз светло-серый, актинолит – зелёный, с анализатором первый имеет низкие серые цвета интерференции, второй – высокие. Микролиты обоих минералов имеют средний размер примерно 0,2 на 0,02 мм. Также в основной массе присутствует кварц. При этом в шлифе 2 его практически не наблюдается, а в шлифе 12 он преобладает над плагиоклазом. В остальных шлифах группы соотношение кварца, плагиоклаза и актинолита в основной массе примерно равное. Предполагается, что актинолит заместил пироксены при зеленосланцевом метаморфизме. Углы погасания плагиоклаза как в вкрапленниках, так и в микролитах варьирует от 0 до 40, чаще наблюдается 30, то есть он представлен андезином, лабродором, битовнитом. Среди вторичных изменений – сосюритизация плагиоклазов (рисунок 6, 7, 8), она затрагивает около 30% вкрапленников. Структура порфировая микролитовая.

Ко второй группе были отнесены шлифы с вкрапленниками кварца. К ним относятся шлифы 7, 10, 13. Вкрапленники кварца имеют округлую изометричную форму, их размер – 0,1 – 0,2 до 0,6 мм в диаметре (рисунок 9, 10, 11). Во вкрапленниках также присутствует плагиоклаз, но в меньшей степени. Сплошная масса также представлена плагиоклазом, актинолитом, кварцем. В шлифе 13 также представлена жила с эпидотом, а также широко представлено окварцевание. (рисунок 12)

Шлифы 3, 5, 6 были отнесены к третьей группе. По составу вкрапленников и основной массы они в целом схожи со шлифами первой группы. Выделены они и описываются отдельно

в связи с наличием прожилков разного состава. В шлифе 5 наблюдаются несколько эпидотовых и кварцевых прожилков (рисунок 13). Мощность прожилков составляет 0,3 – 0,4 мм. По центральной оси прожилков располагаются рудные минералы диаметром 0,02-0,08 мм. Вокруг кварцевых и эпидотовых прожилков часто распространяются ореолы окварцевания. По краям прожилков также сконцентрированы иголки актинолита. В этом шлифе также обнаружен правосторонний сдвиг с амплитудой 0,1 мм, смещающий вкрапленник плагиоклаза (рисунок 14). В шлифе 6 обнаружен эпидотовый прожилок мощностью 0,5 мм. Внутри прожилка неравномерно рассеяны рудные минералы, а также наблюдается изометричное зерно кварца 0,15 мм в диаметре (рисунок 15). Шлиф 3 отличается сплошным окварцеванием всей его площади, таким образом, здесь не наблюдаются прожилки или вкрапленники плагиоклаза, однако сохраняются иголки актинолита. В шлифе присутствует кварцевый прожилок мощностью 0,5 мм (рисунок 16). В его осевой части наблюдается тонкая зона сплошного кварца, вне её прожилок состоит из мельчайших индивидов. Вне прожилков кварц укрупняется и достигает в среднем 0,1 мм в диаметре. Эпидотовый прожилок имеет мощность 0,1 мм (рисунок 17). В нем локализованы рудные минералы. По краям прожилка сконцентрированы мелкие иголки актинолита. Вне прожилков также наблюдаются пространства с повышенным содержанием рудного минерала и эпидота (рисунок 18, 19).

Шлиф 9 отличается от всех остальных большой площадью сплошной эпидотизации, резко граничащей с площадью сплошного окварцевания (рисунок 21). В остальных шлифах при эпидотизации не удавалось выделить отдельных кристаллов. Здесь же отдельные индивиды достигают 0,2-0,4 мм (рисунок 20), при этом наблюдается параллельная спайность вдоль удлинения. Изредка наблюдается спайность, пересекающаяся под прямым углом. Встречаются радиально лучистые агрегаты (рисунок 22). Имеются характерные базарные цвета интерференции.

При самой грубом приближении можно сказать, что перед нами метавулканы зеленосланцевой фации, изменённые метасоматическими процессами. Однако проблема возникает при определении генезиса некоторых минералов: магматические, метаморфические или метасоматические? Также следует определить, что было раньше – метаморфизм, метасоматоз, или эти процессы шли одновременно? Не менее важно определить источник рудных минералов.

При интерпретации наибольшую сложность представляет вопрос генезиса кварца. В большинстве шлифов он присутствует в основной массе, а в шлифах 7, 10, 13 минералы кварца явно выделяются из неё и относятся к вкрапленникам. При этом имеются кварцевые прожилки с мельчайшими индивидами, а вокруг кварцевых и эпидотовых прожилков наблюдаются

ореолы окварцевания. Этот кварц явно связан с этими прожилками и относится к вторичным процессам. Однако кварц, находящийся в удалении от прожилок, представленный в основной массе и редкими вкрапленниками, вызывает сомнения. Он может быть образован в результате вторичного окварцевания под влиянием удалённых прожилок, а может быть, является магматическим. Крупные вкрапленники изометричной формы скорее подтверждают второе. Таким образом, предполагается, что в породах представлено как вторичное окварцевание, так и кварц магматического происхождения.

Актинолит охарактеризован множеством иголок в основной массе в количестве примерно равном микролитам плагиоклаза. Вполне вероятно, изначально основная масса эффузивной породы была представлена вытянутыми микролитами плагиоклаза и пироксена (и, возможно, кварцем), далее пироксен был замещён актинолитом в ходе зеленосланцевого метаморфизма. Однако, можно наблюдать скопления актинолит вдоль краёв прожилок, что может говорить о том, что актинолитизация была связана с образованием этих прожилок и с вторичными изменениями, вызванными ими.

Замечено также, что рудные минералы часто локализуются в прожилках, а вне их пространственно тяготеют к актинолиту.

Таким образом, можно предположить, что первоначально эффузивная порода представляла собою дацит, далее произошло образование прожилок и связанные с ними: окварцевание, эпидотизация, привнос рудных минералов, возможно, актинолитизация, а также сосюритизация плагиоклазов. Данные прожилки, вероятно, связаны с кривинскими интрузивами плагиогранитов позднего ордовика, один из которых слагает гору Генеральскую. Связь кварцевых жил в мариинской свите с кривинскими интрузивами упоминается в литературе [4]. После произошёл зеленосланцевый метаморфизм, который привёл к замещению оставшихся пироксенов актинолитом. Метаморфизм, вероятно, связан с герцинской коллизией Уральских гор в позднем палеозое.

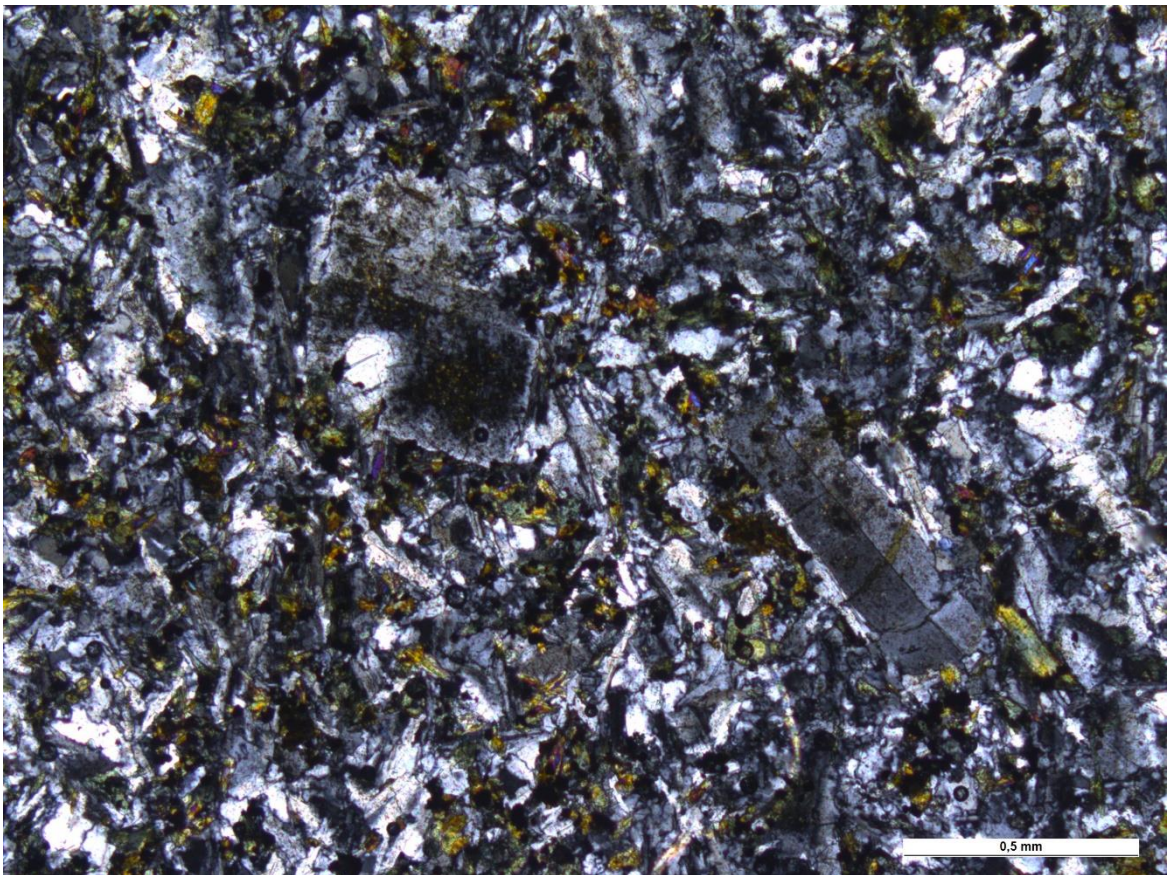
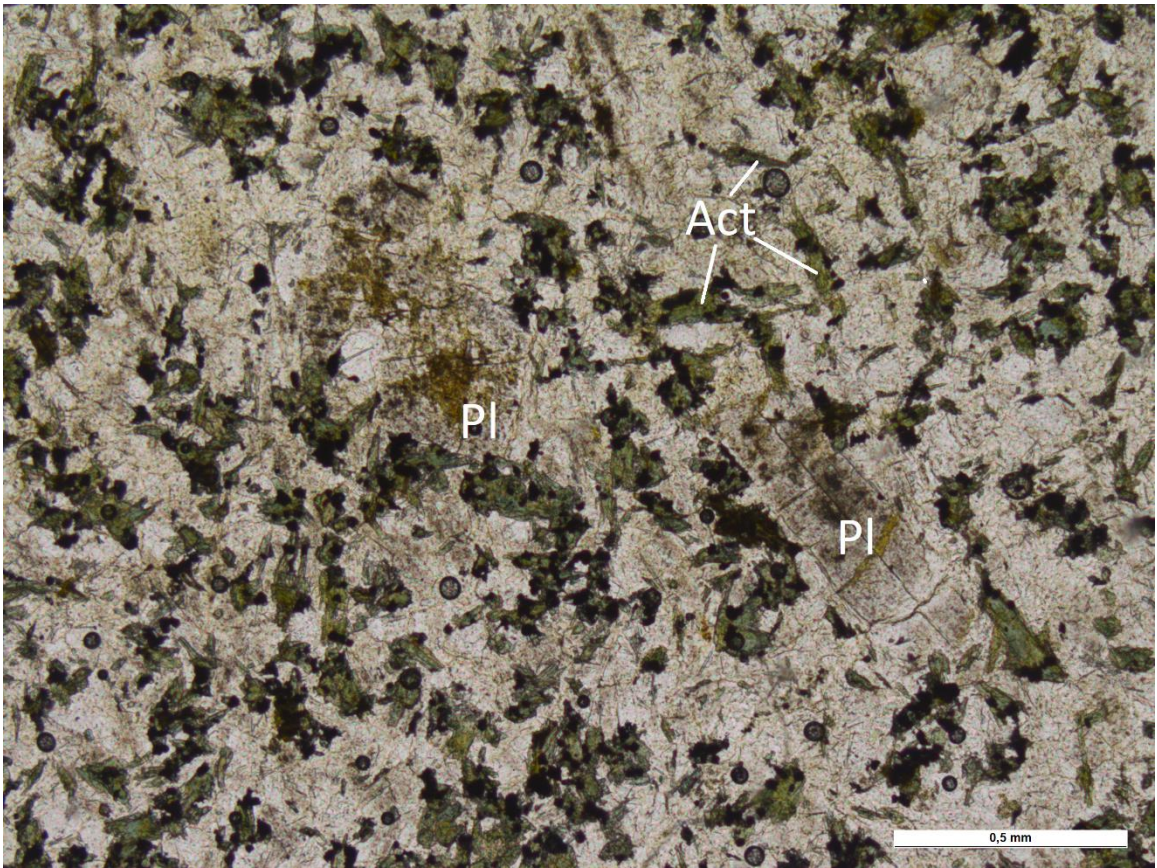


Рисунок 3.1.2.6(A) (шлиф 2)

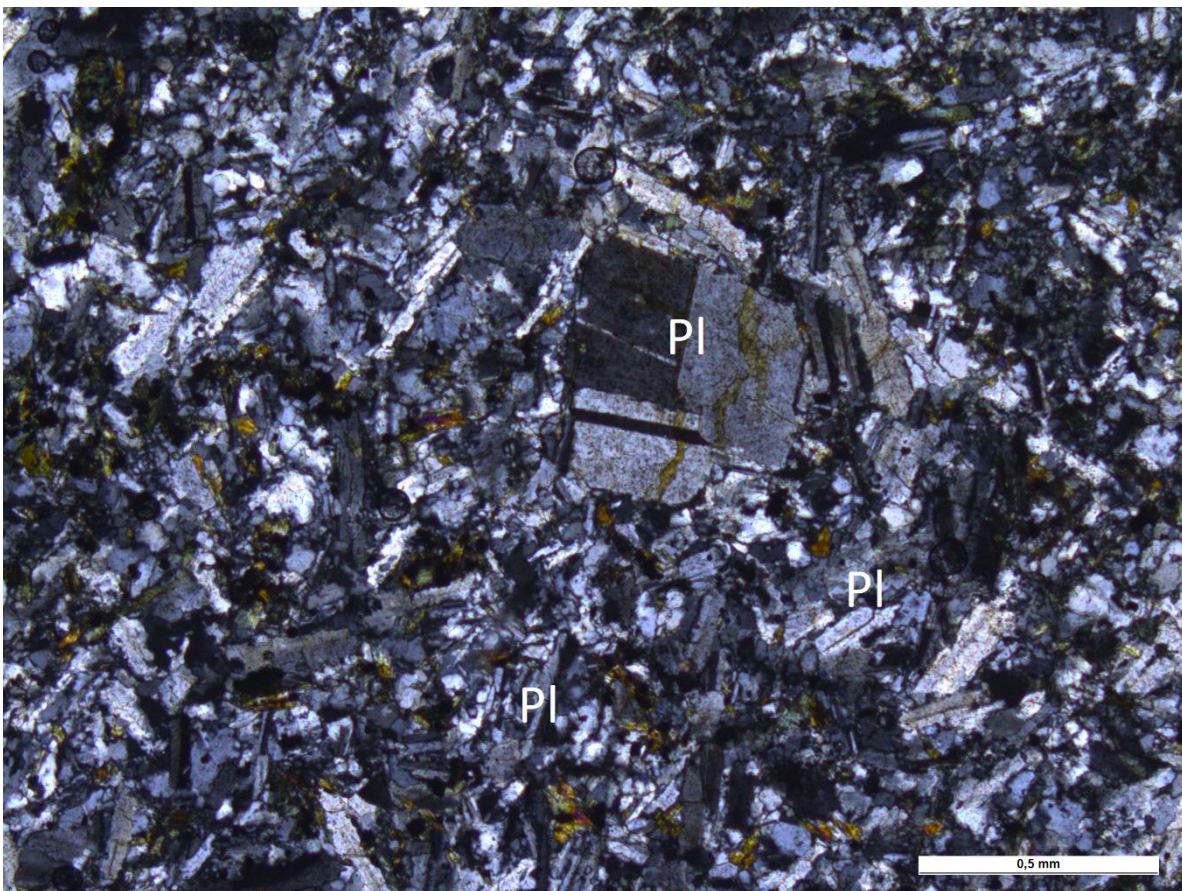
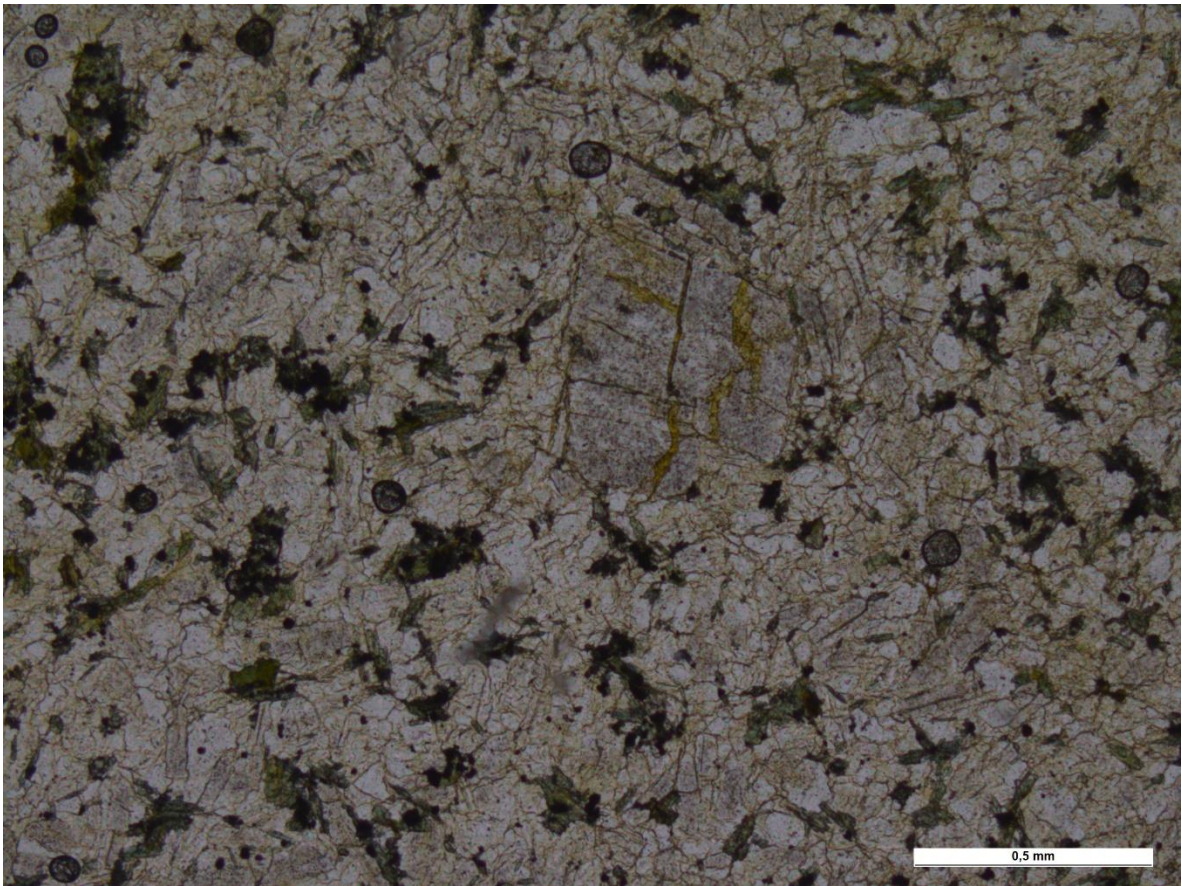


Рисунок 3.1.2.6 (Б) (Шлиф 5)

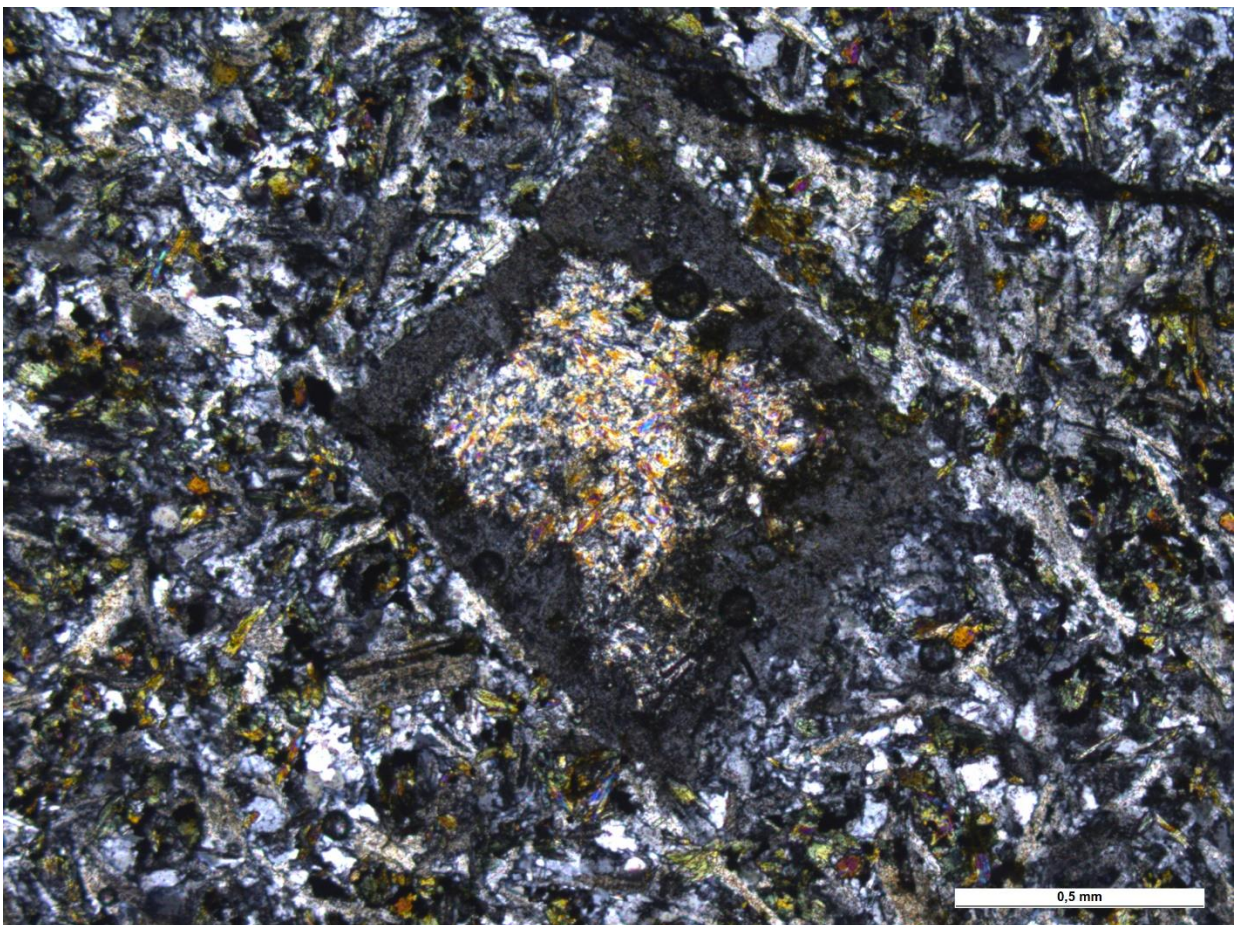
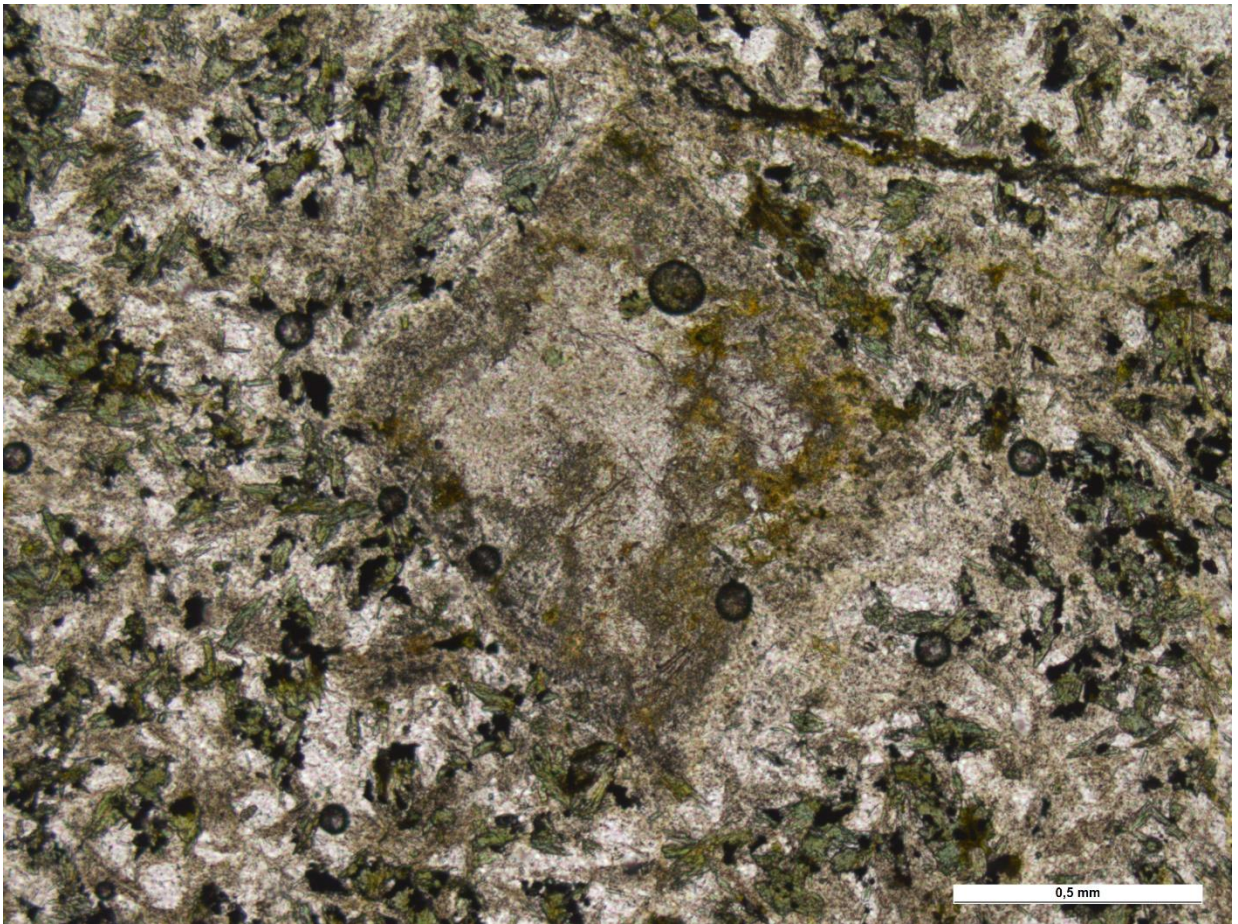


Рисунок 3.1.2.6(В) (шлиф 2)



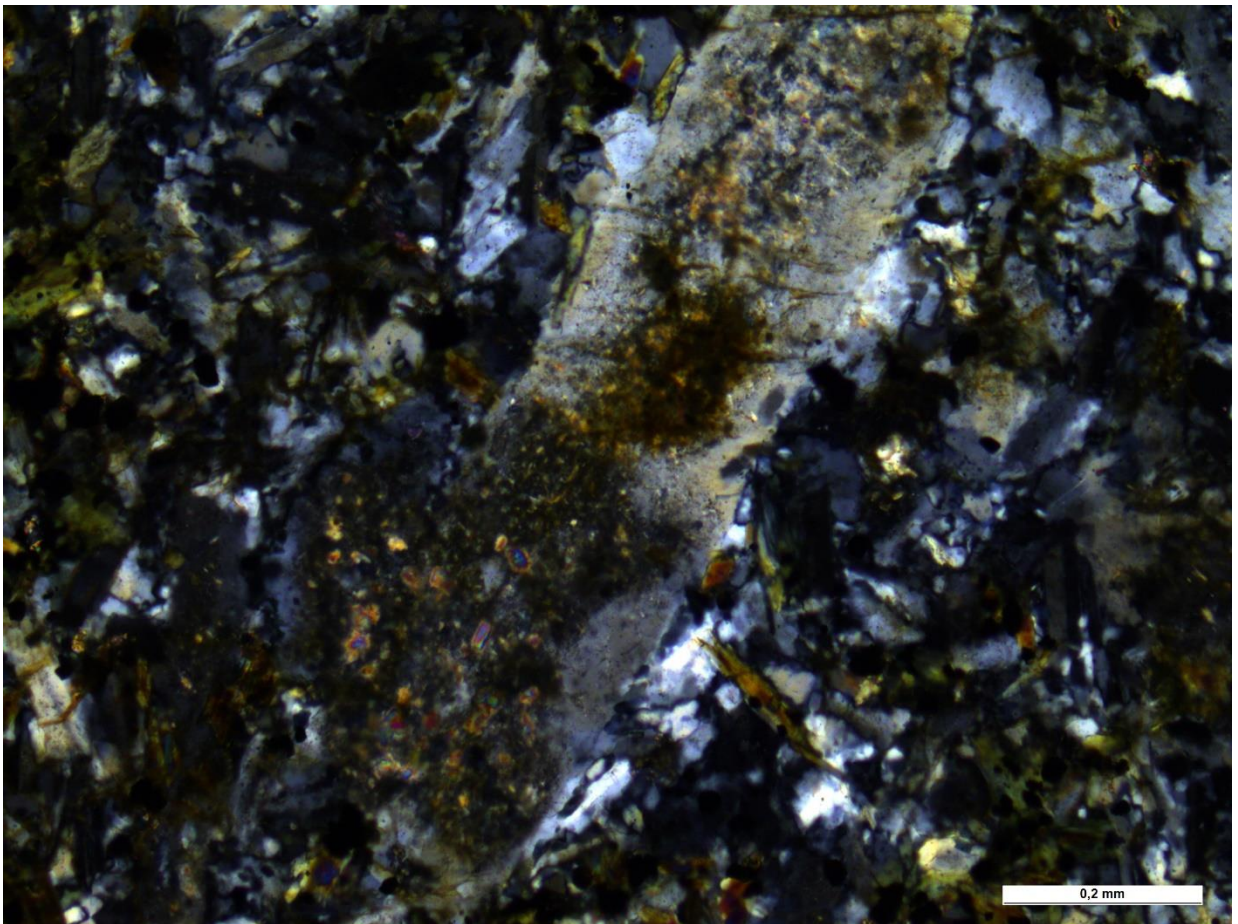
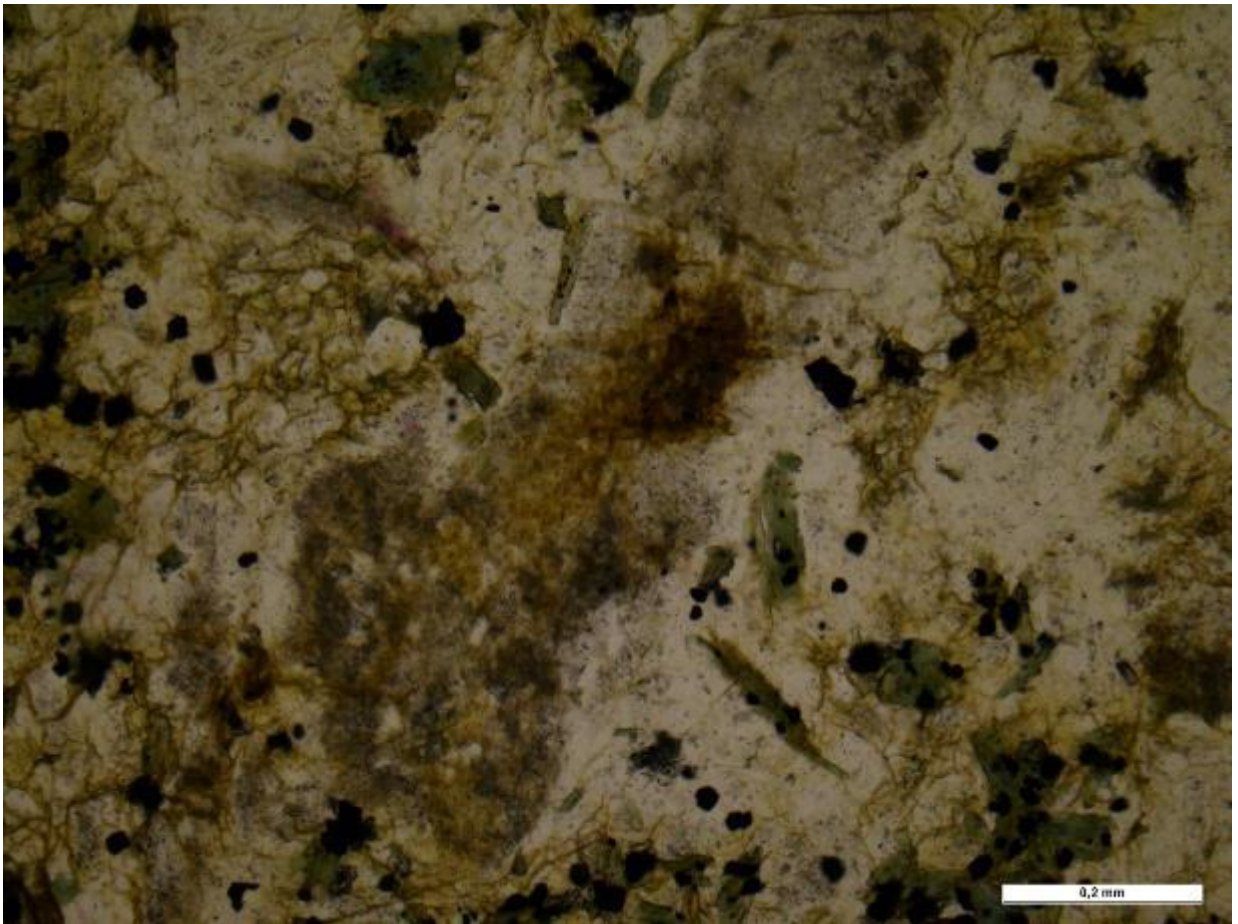


Рисунок 3.1.2.7 (шлиф 7)

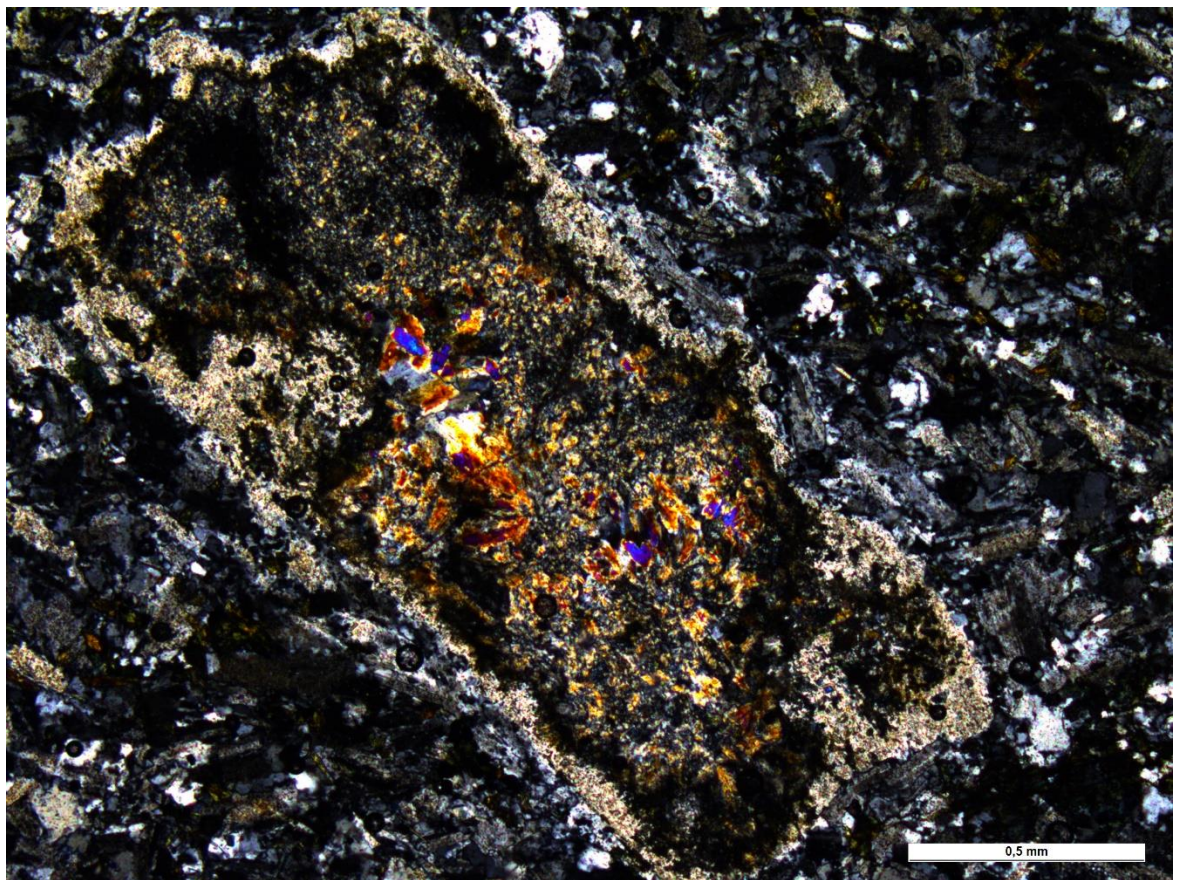
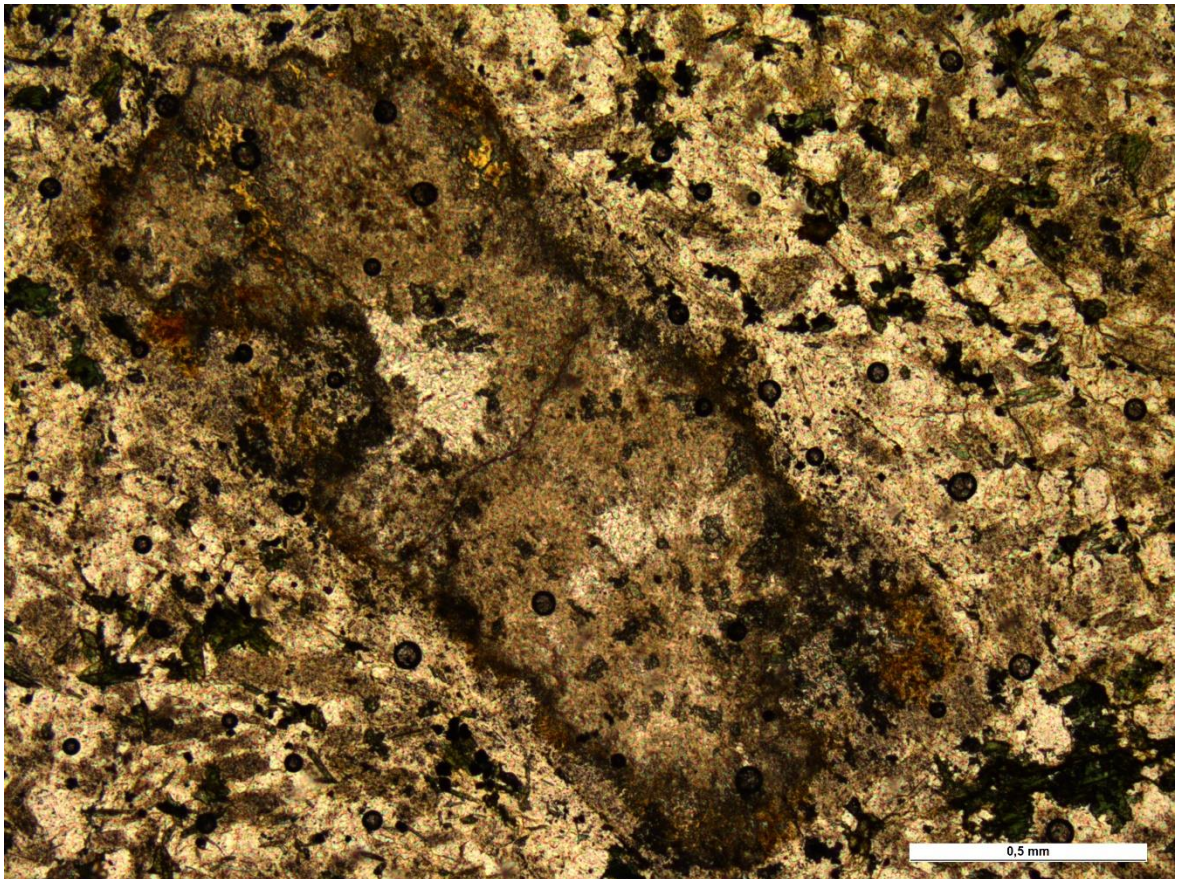


Рисунок 3.1.2.8 (шлиф 8)

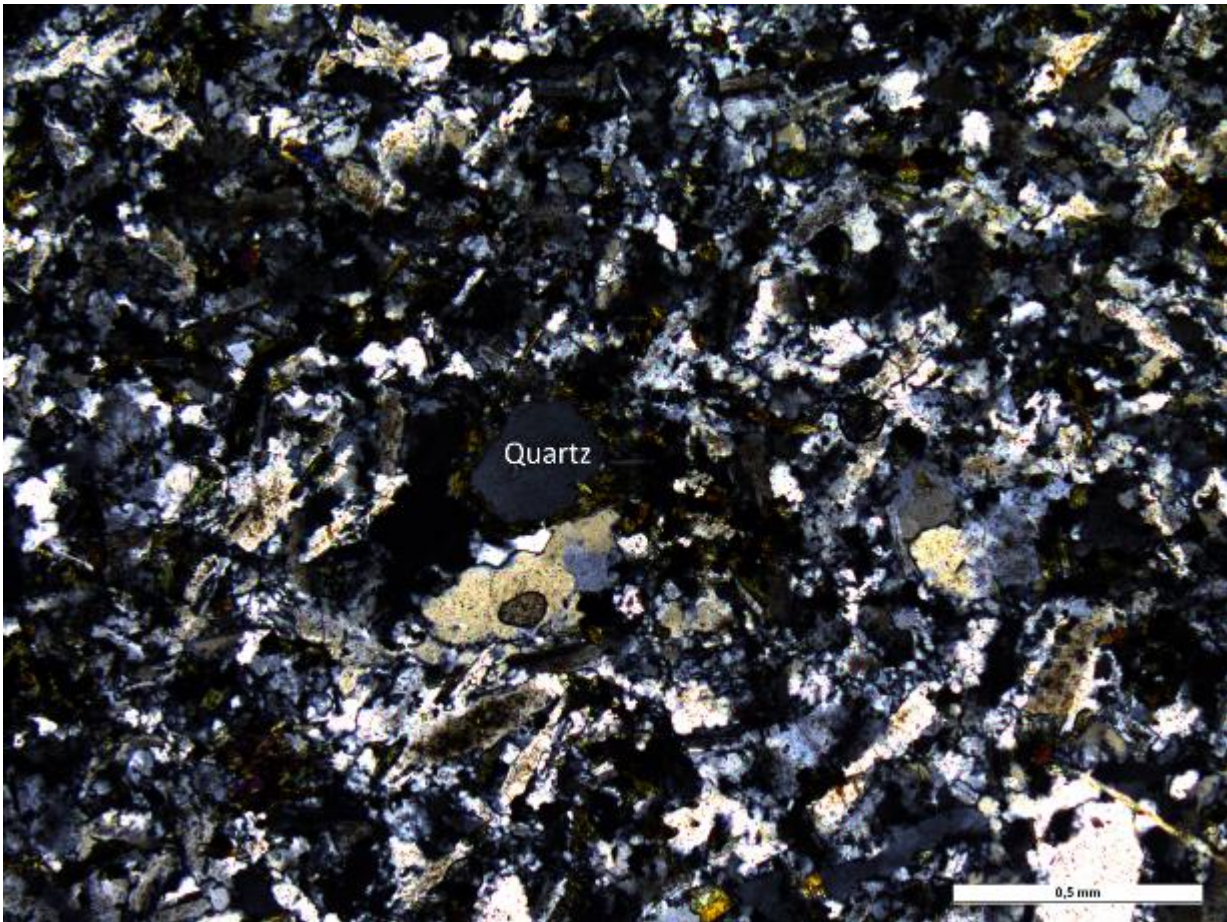
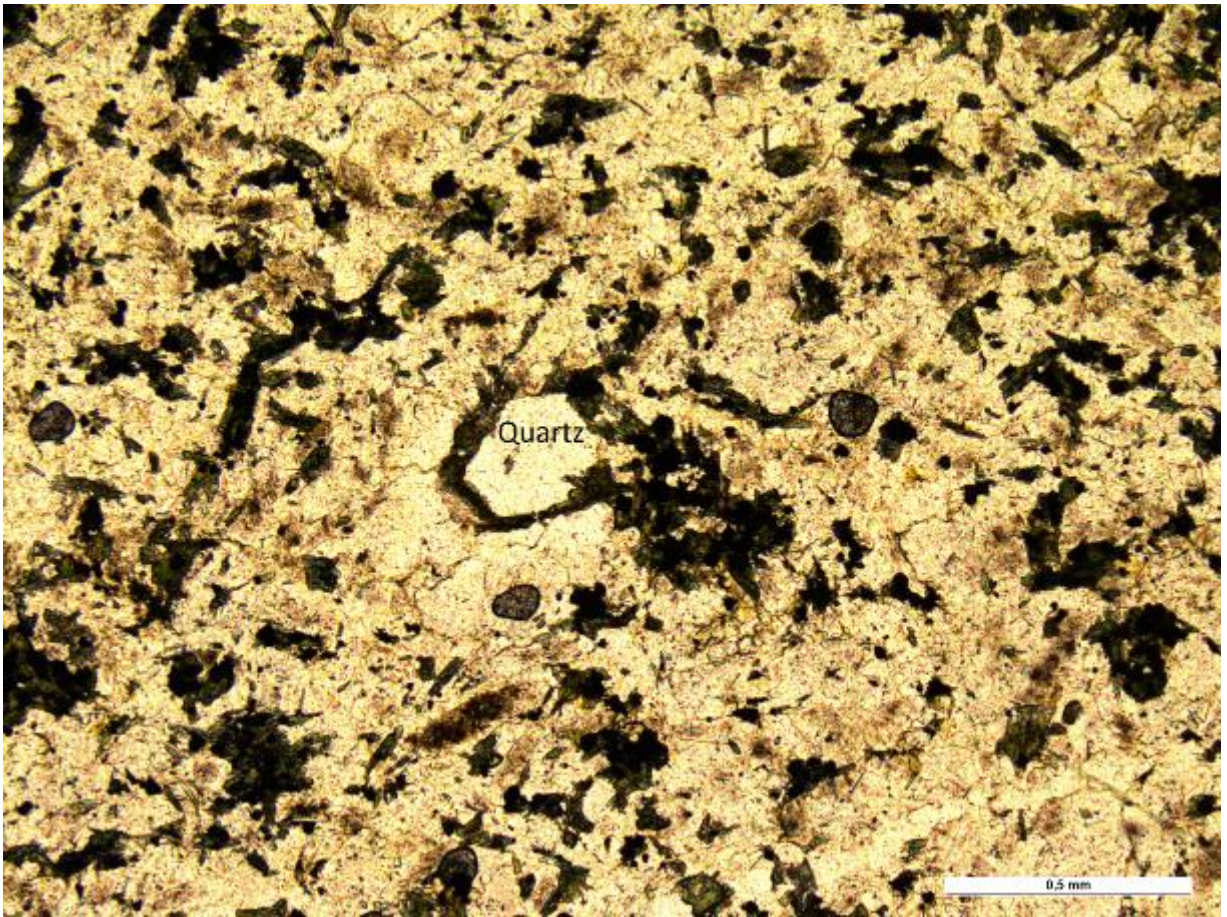


Рисунок 3.1.2.9 (шлиф 10)

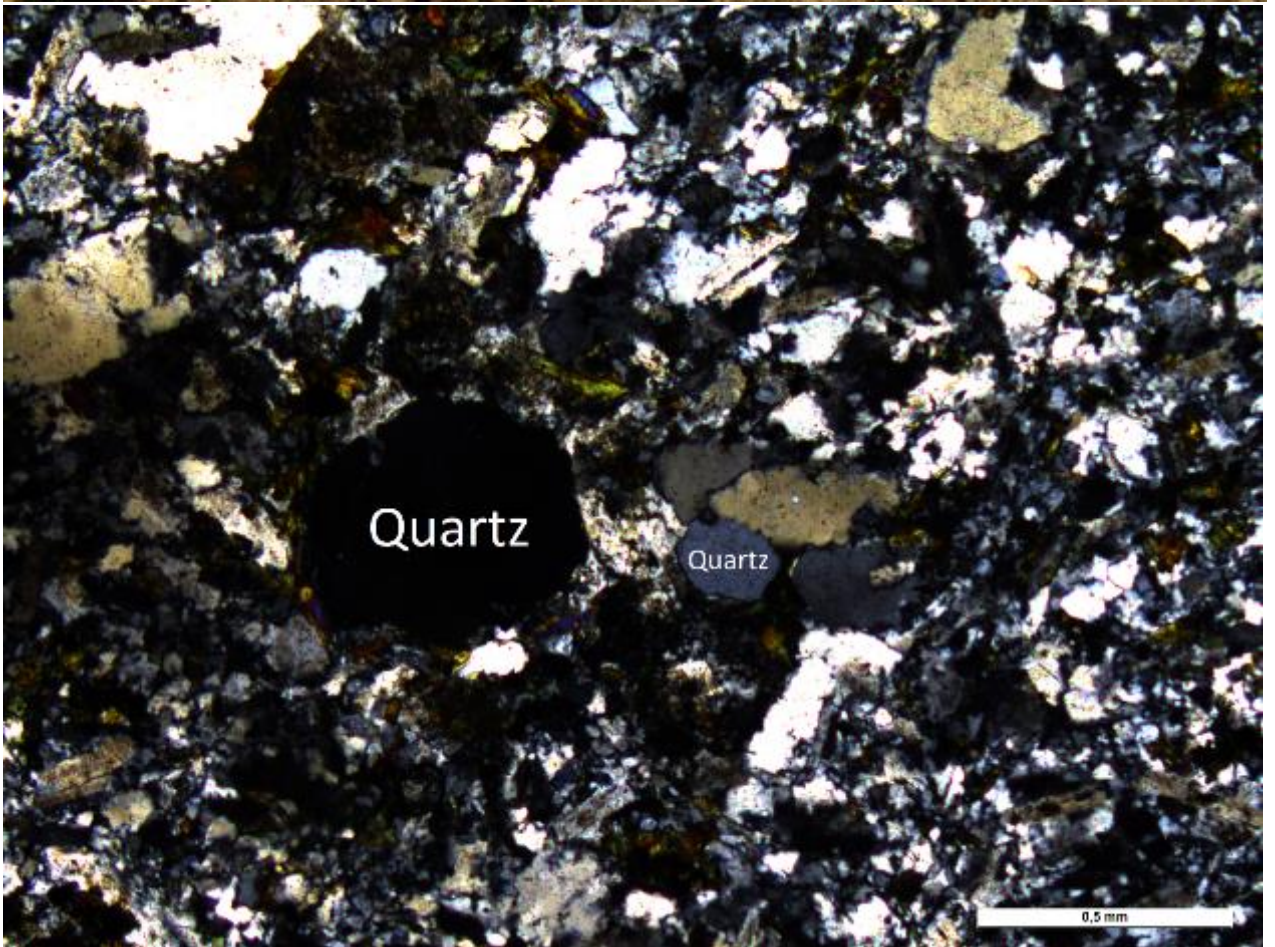
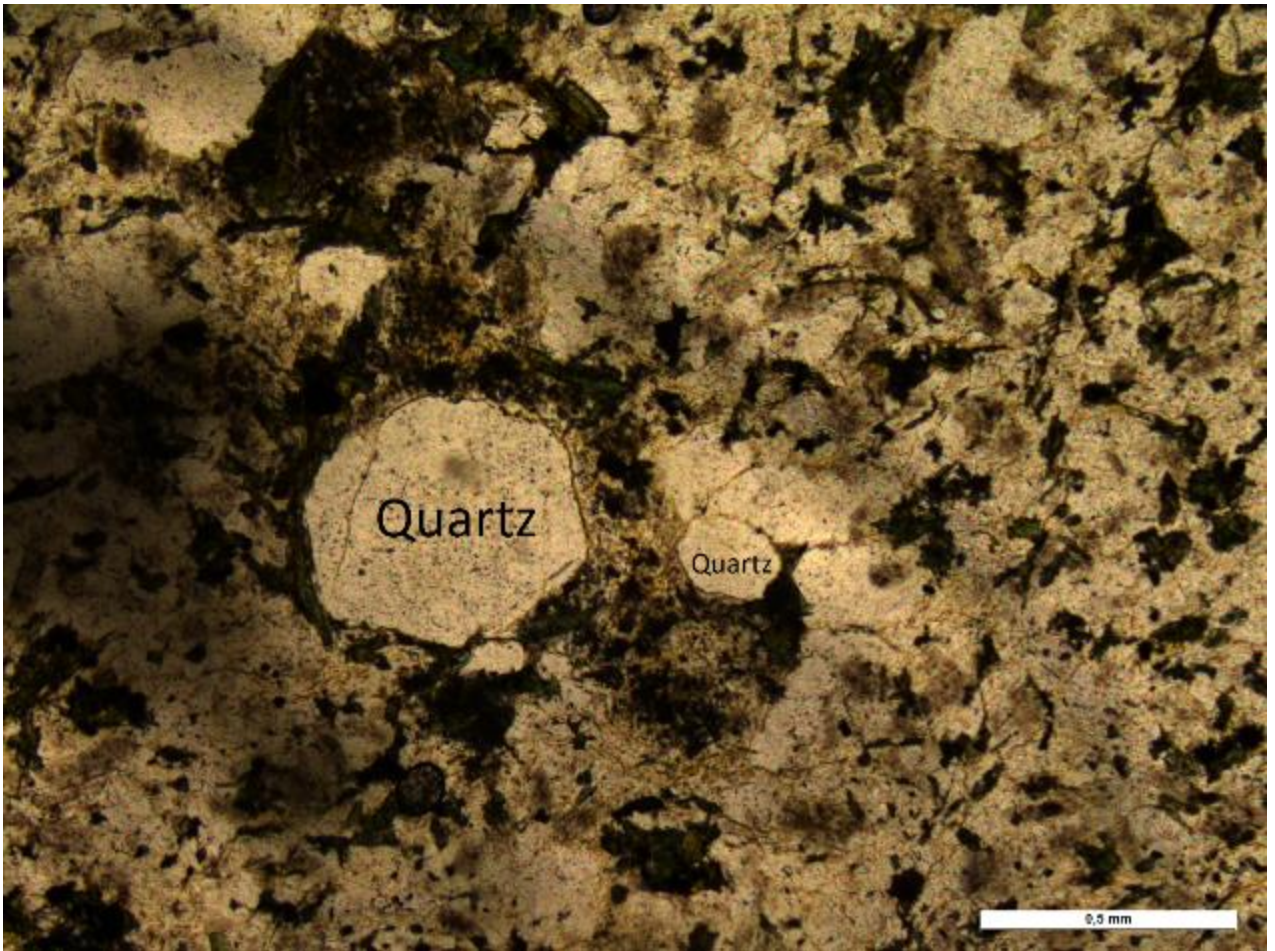


Рисунок 3.1.2.10 (шлиф 13)

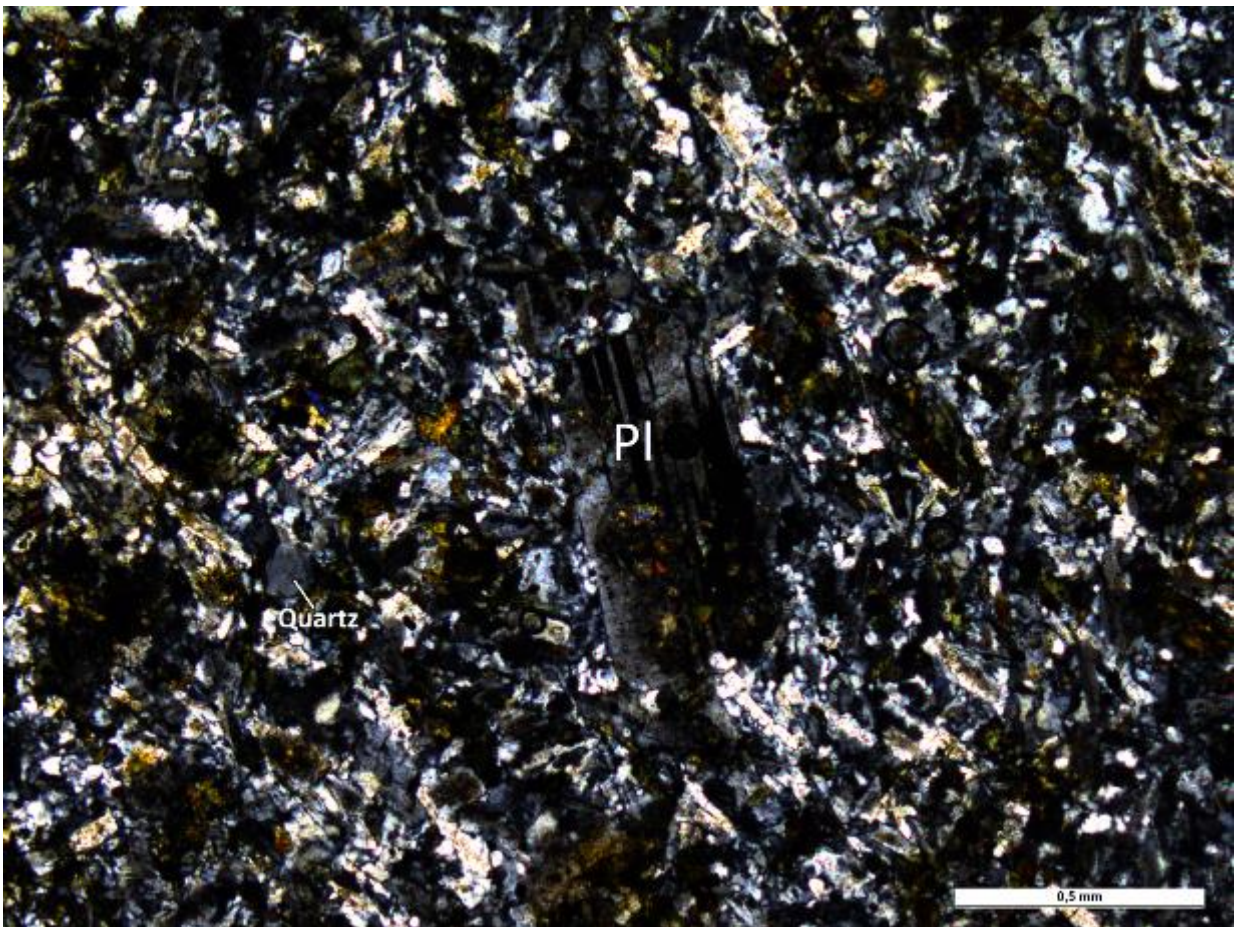
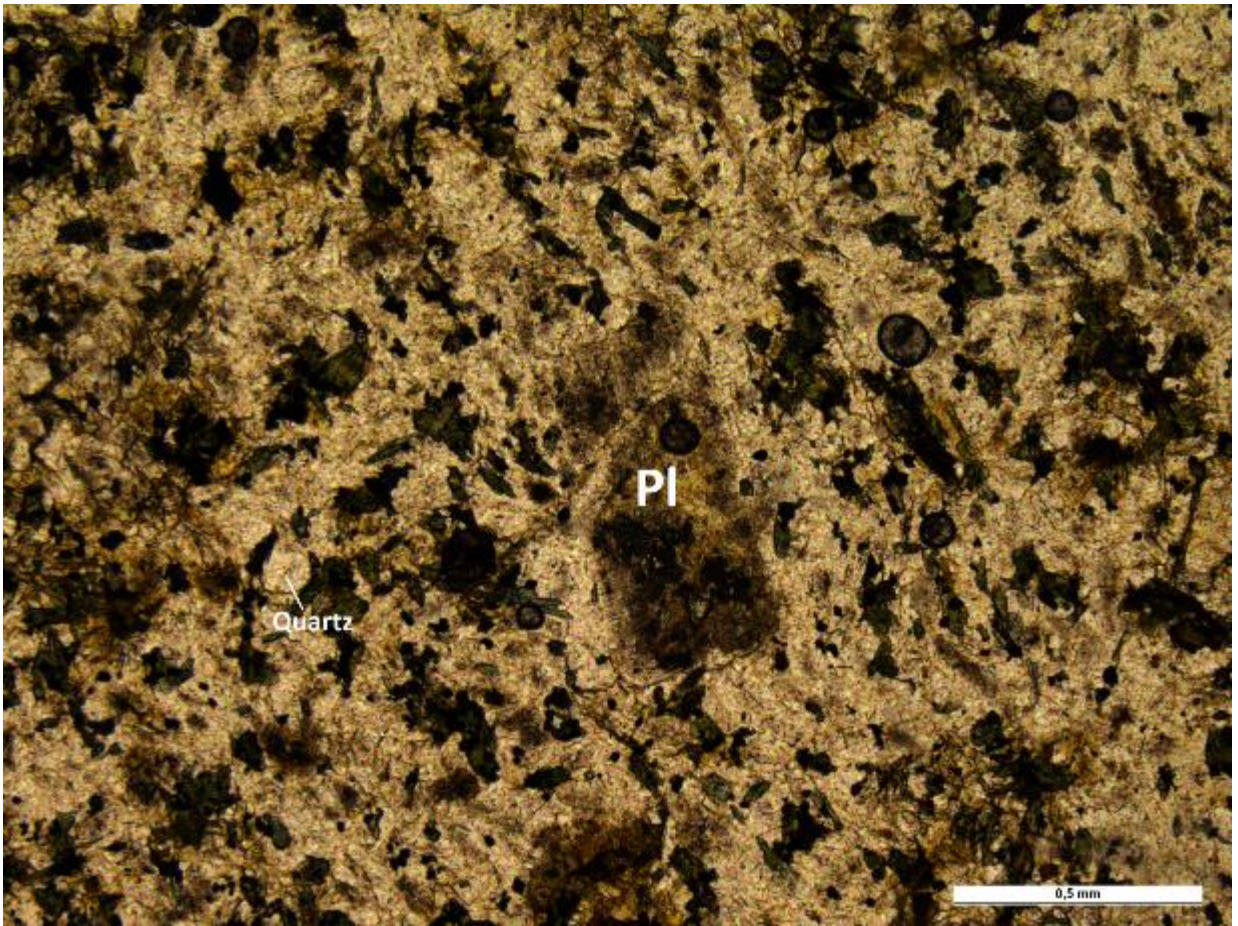


Рисунок 3.1.2.11 (шлиф 7)

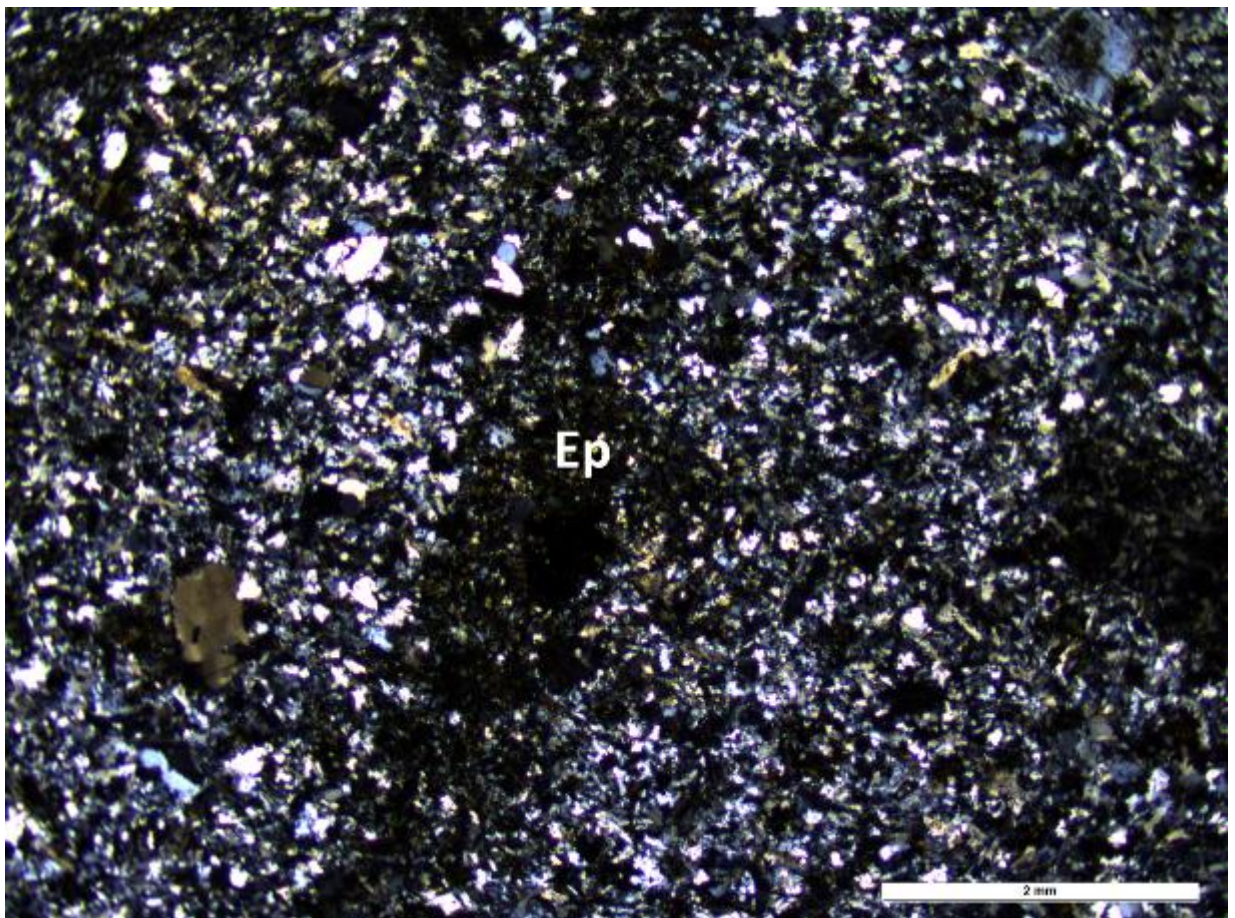
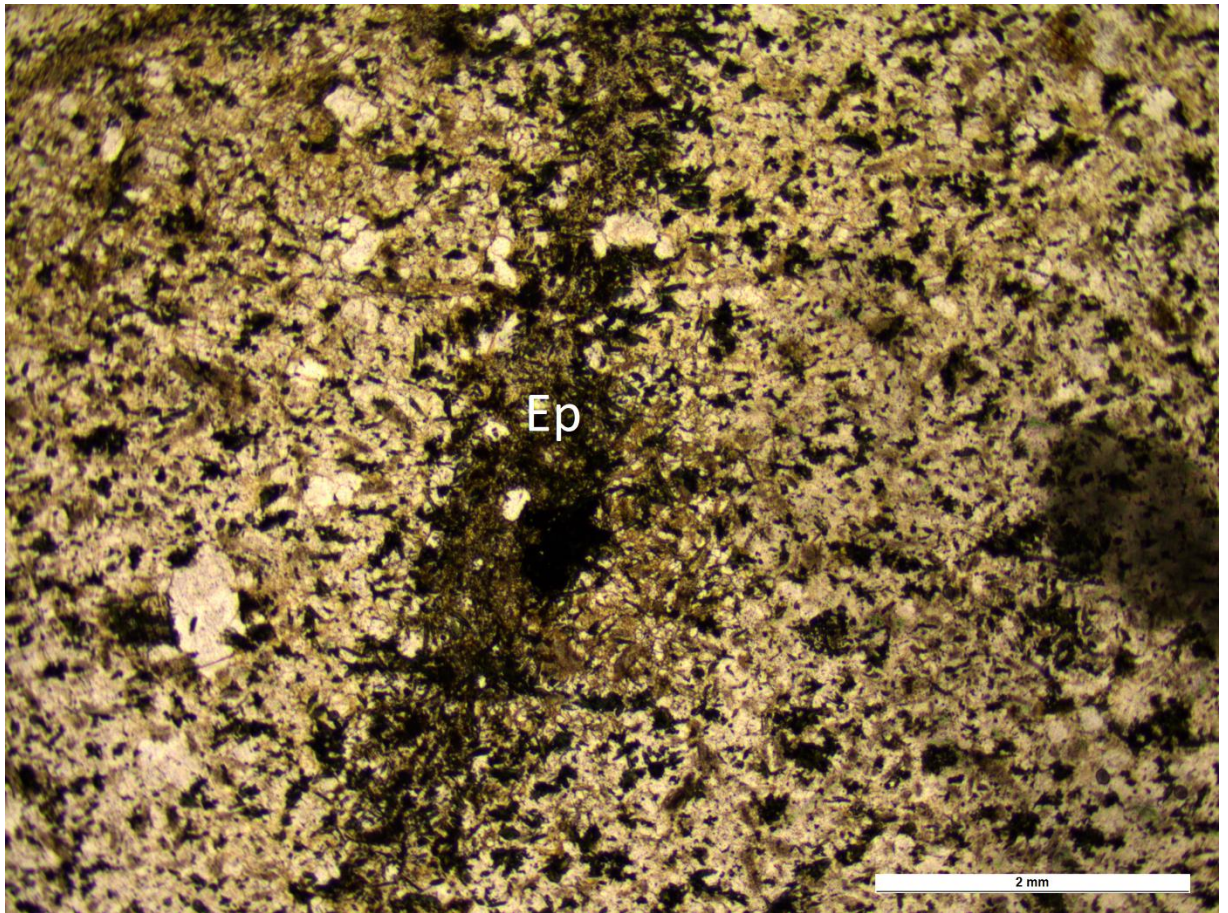


Рисунок 3.1.2.12 (шлиф 13)

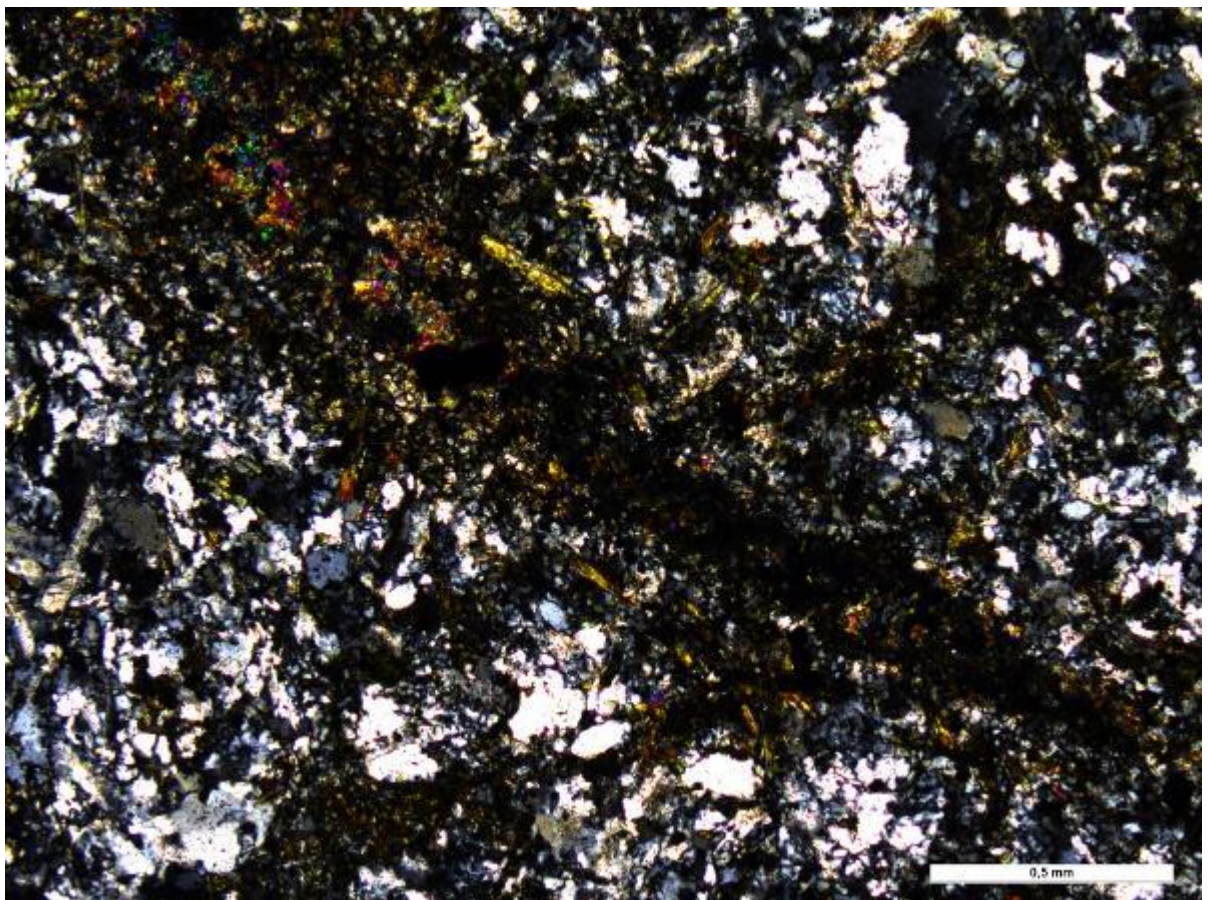
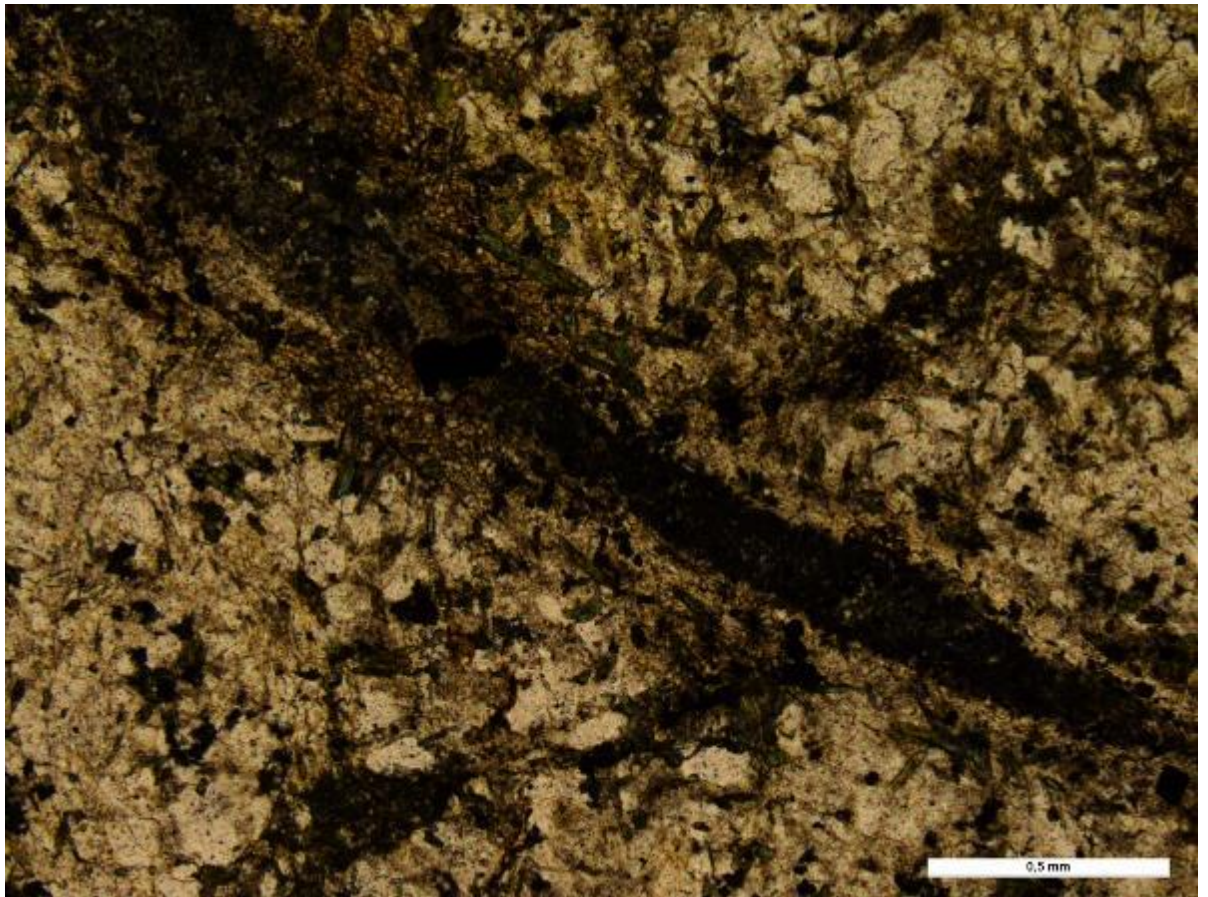


Рисунок 3.1.2.13 (шлиф 5)

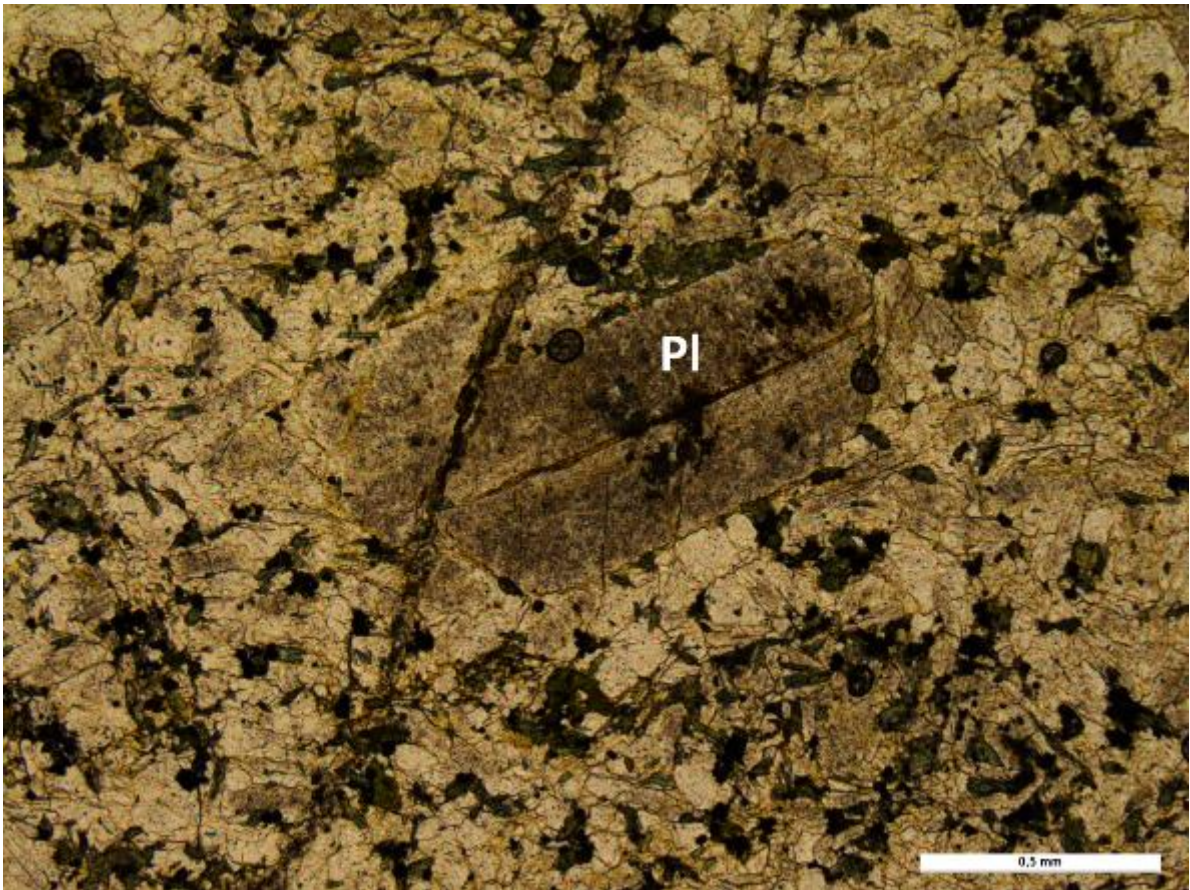


Рисунок 3.1.2.14 (шлиф 5)



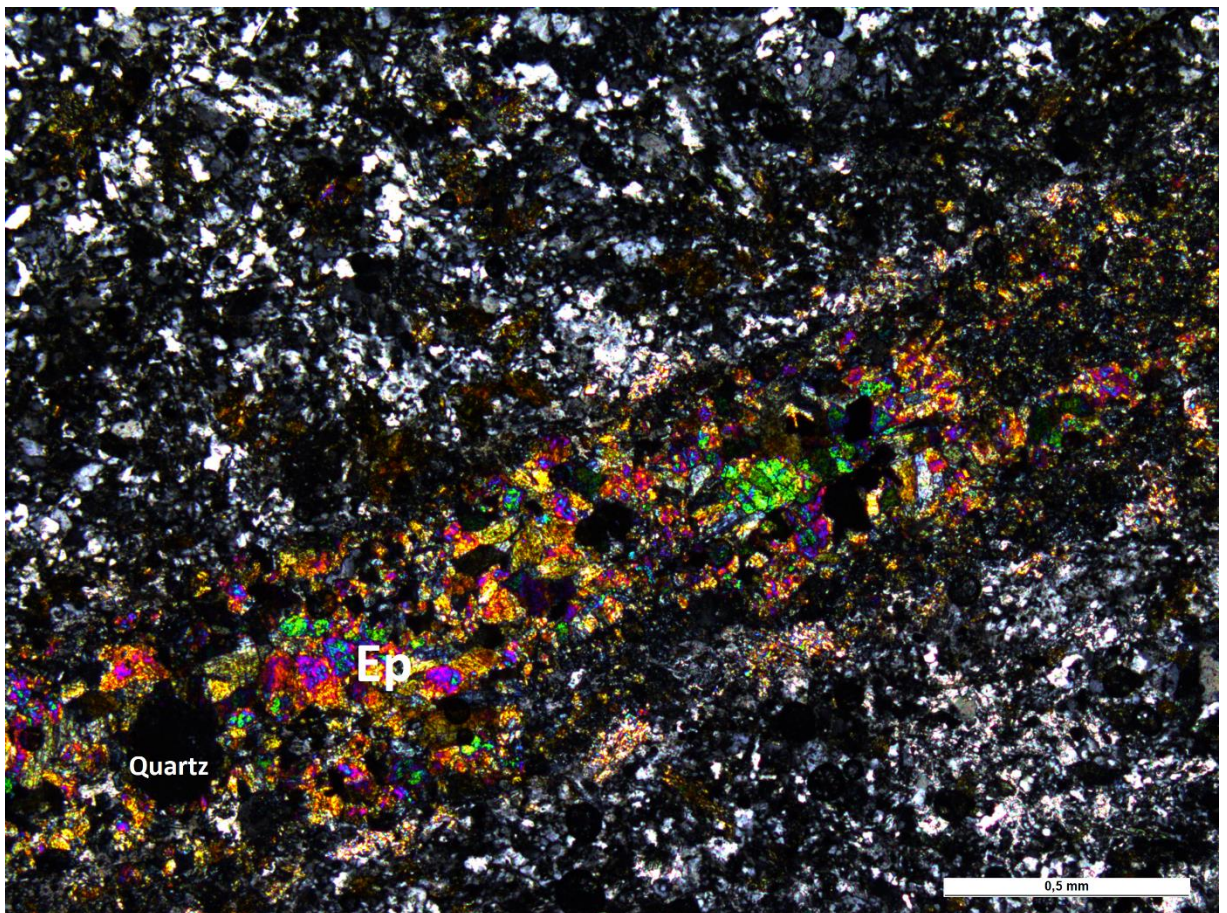
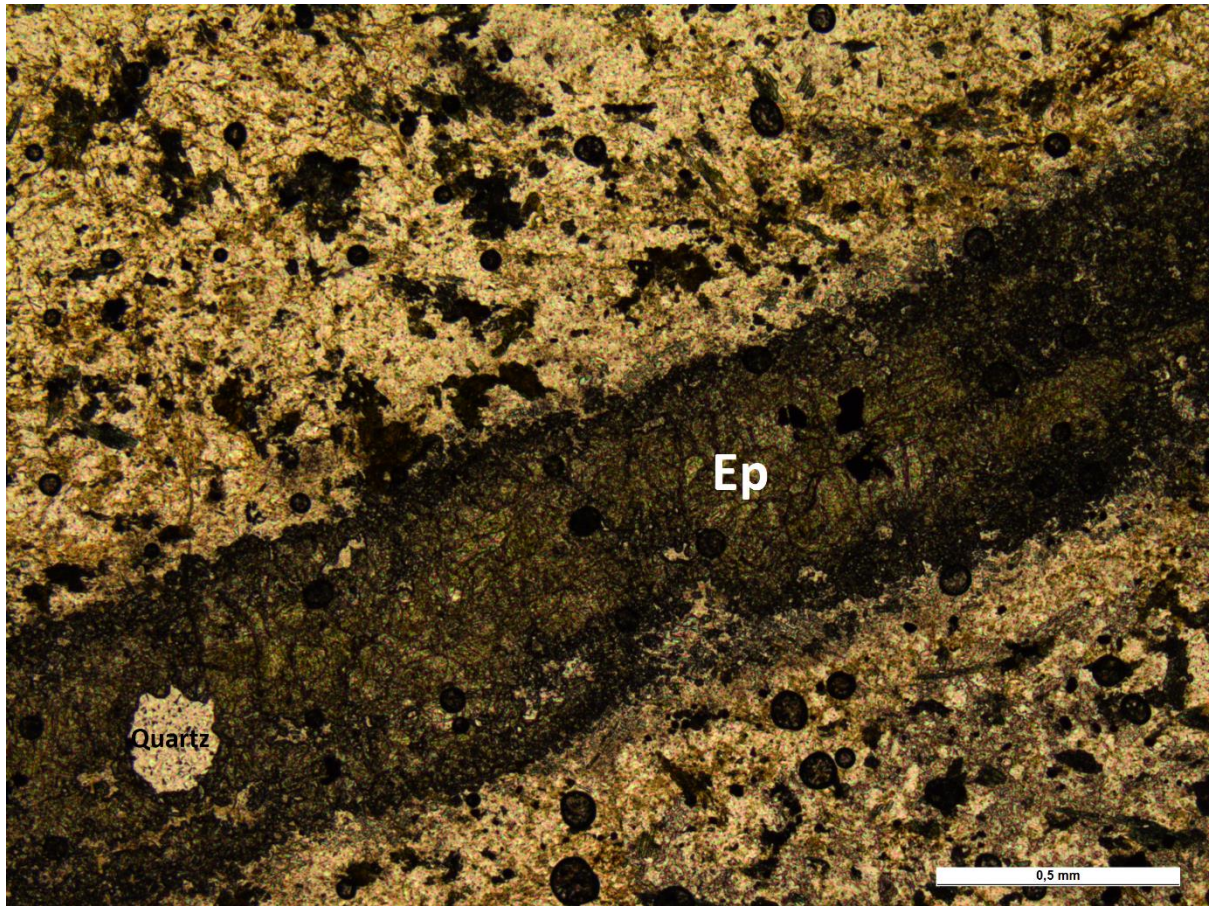


Рисунок 3.1.2.15 (шлиф 6)

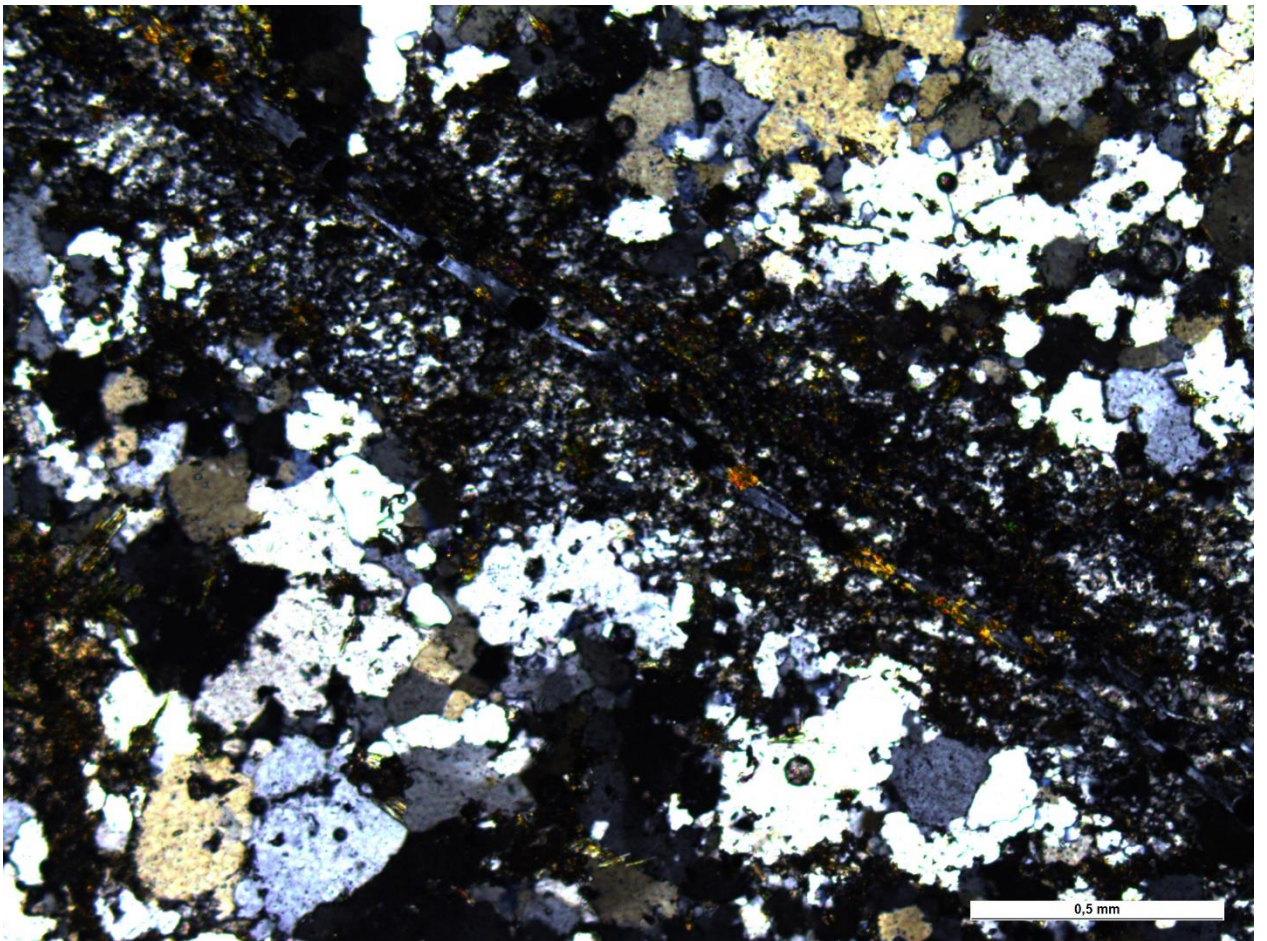
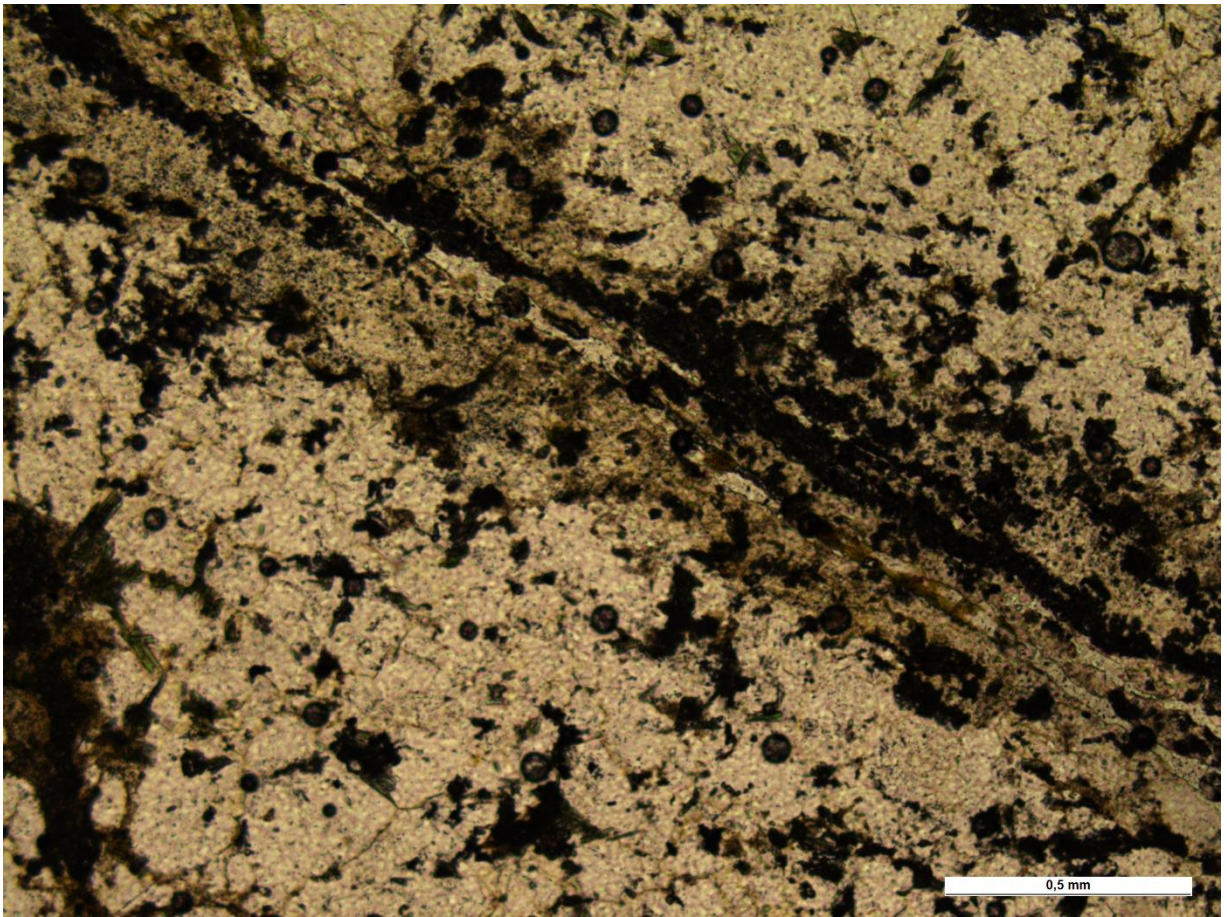


Рисунок 3.1.2.16 (шлиф 3)

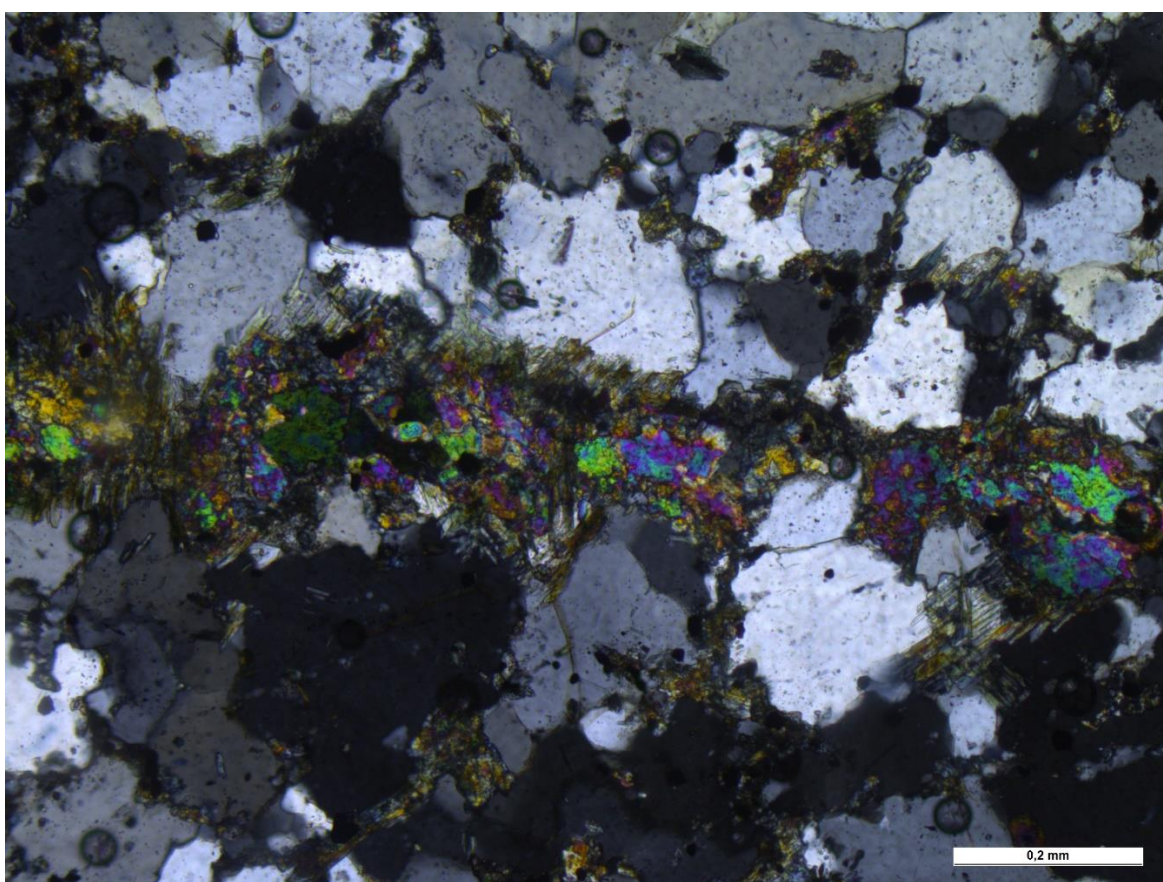
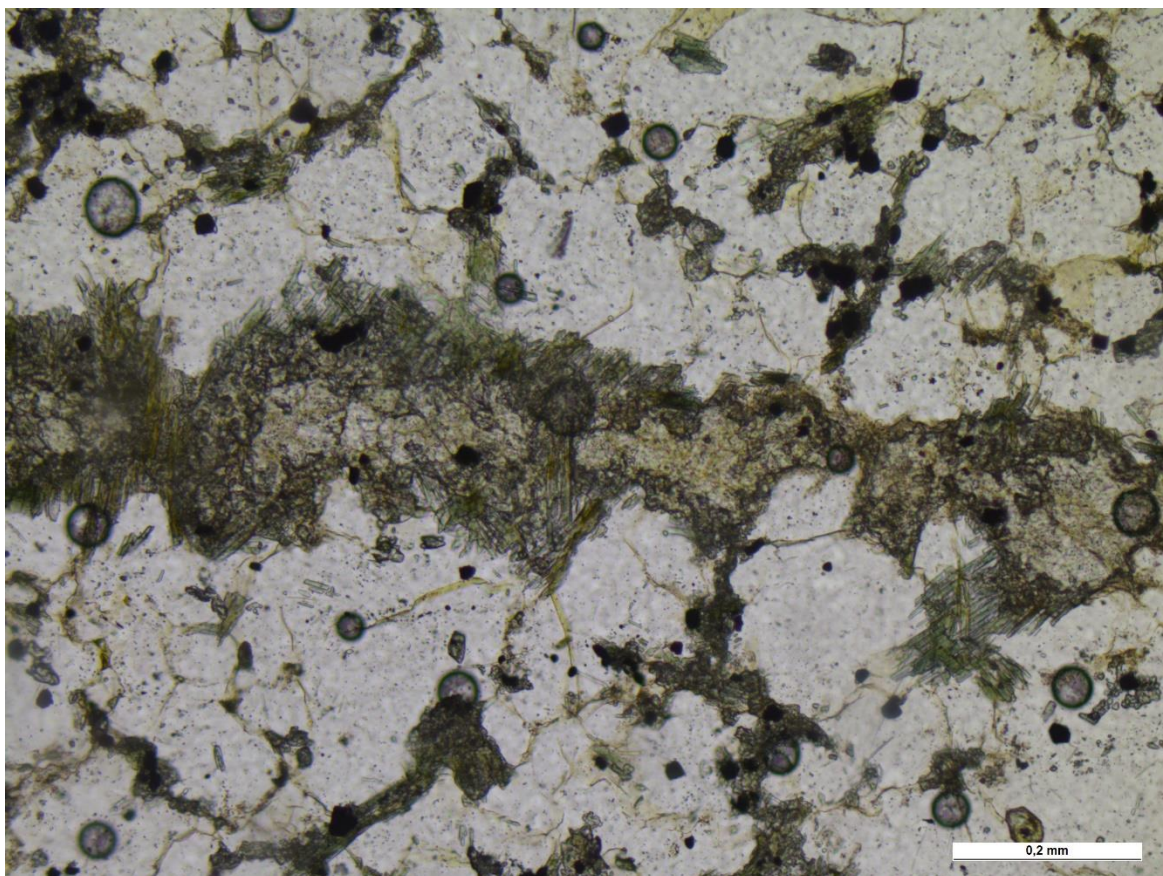


Рисунок 3.1.2.17 (шлиф 3)

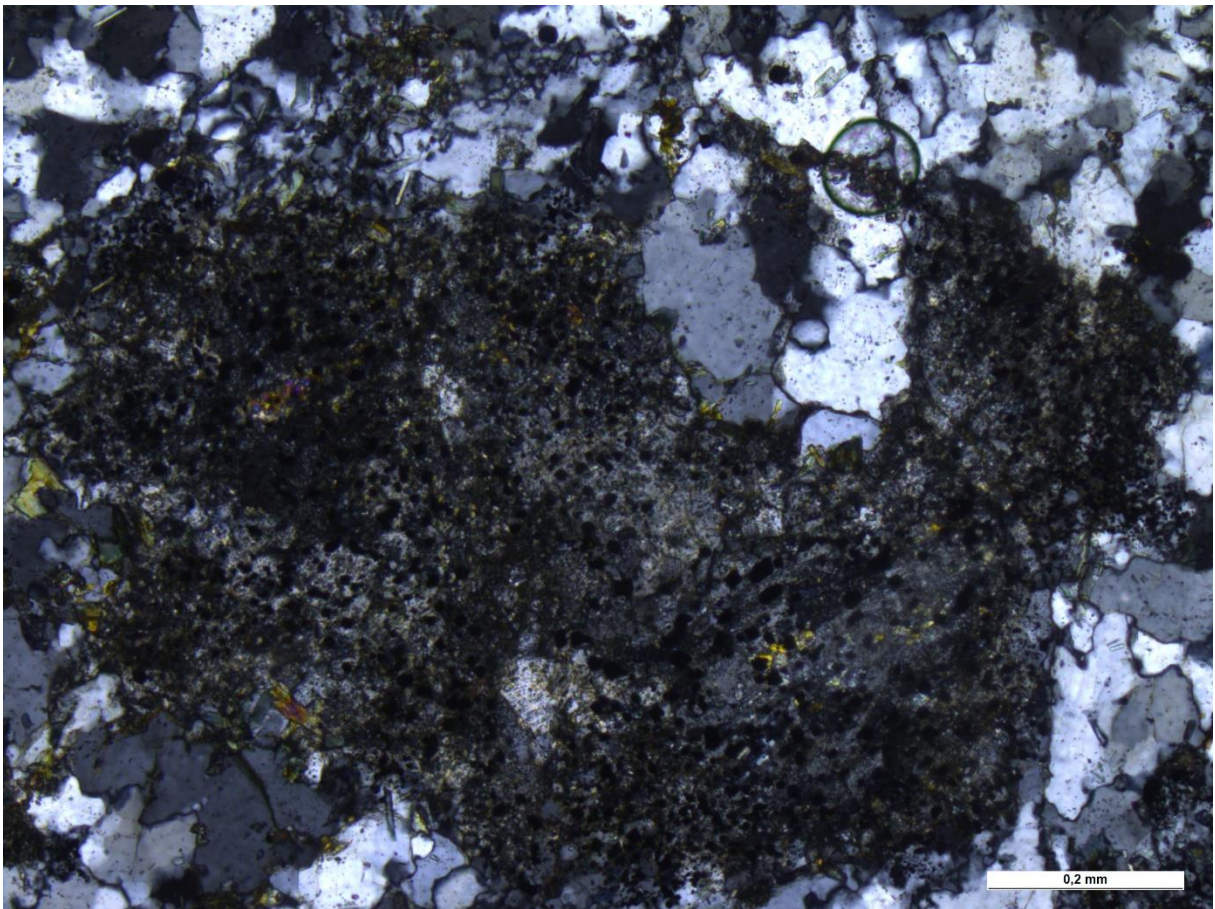
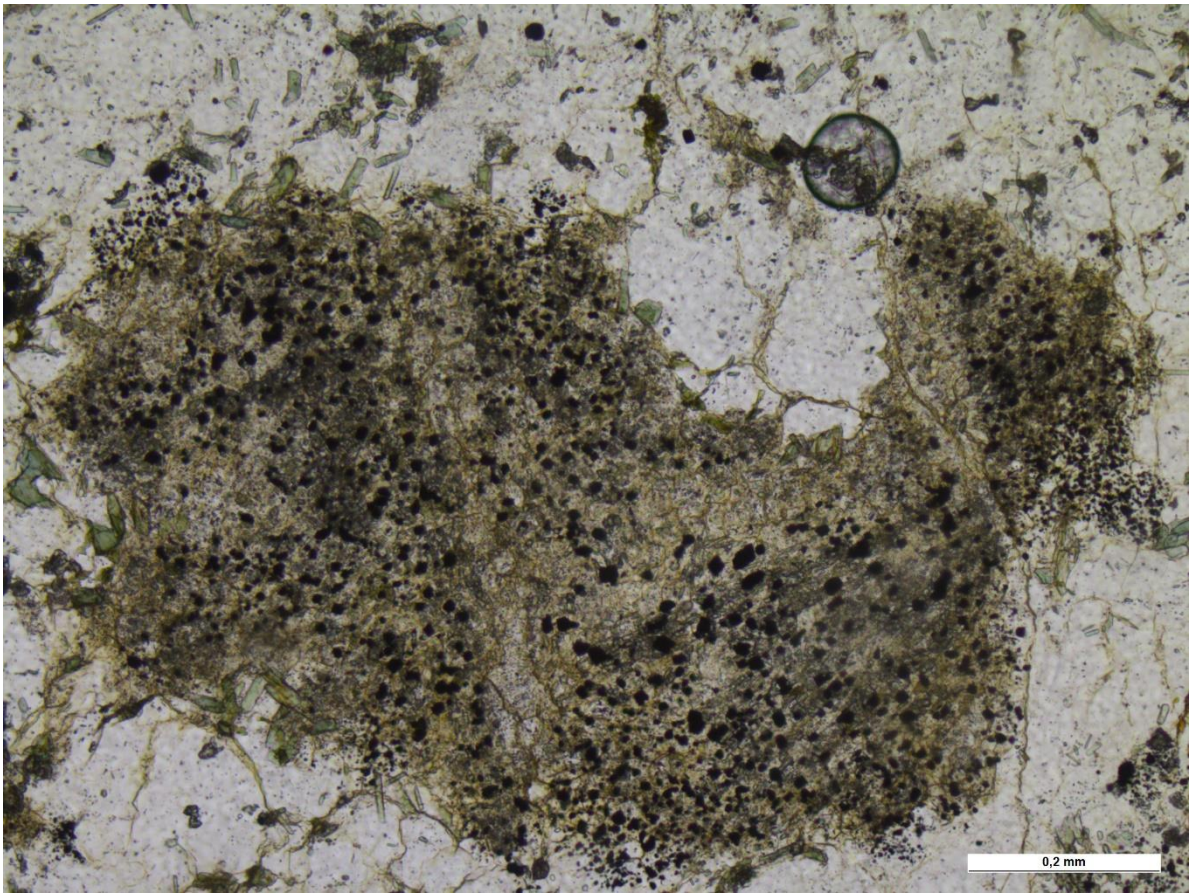


Рисунок 3.1.2.18 (шлиф 3)

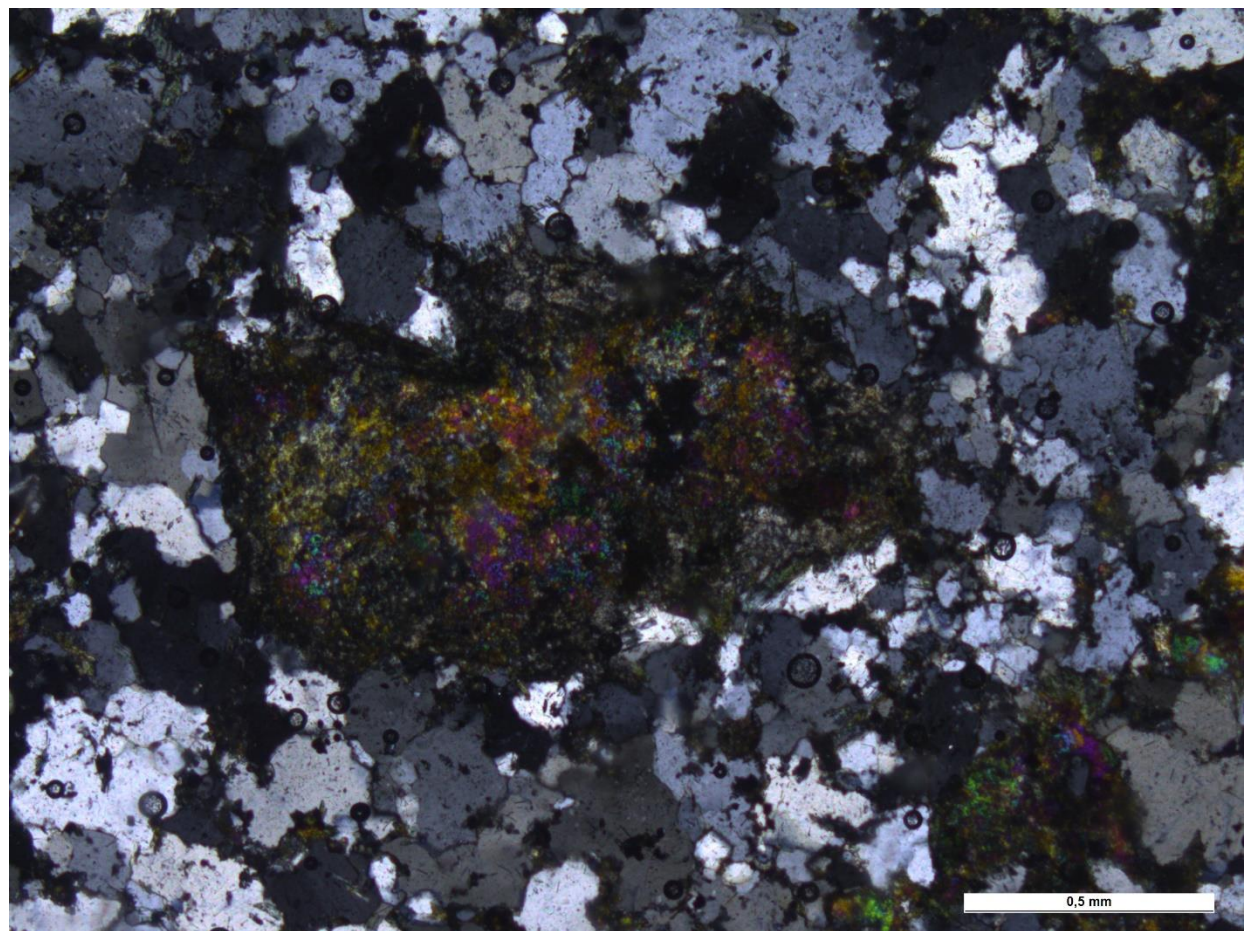
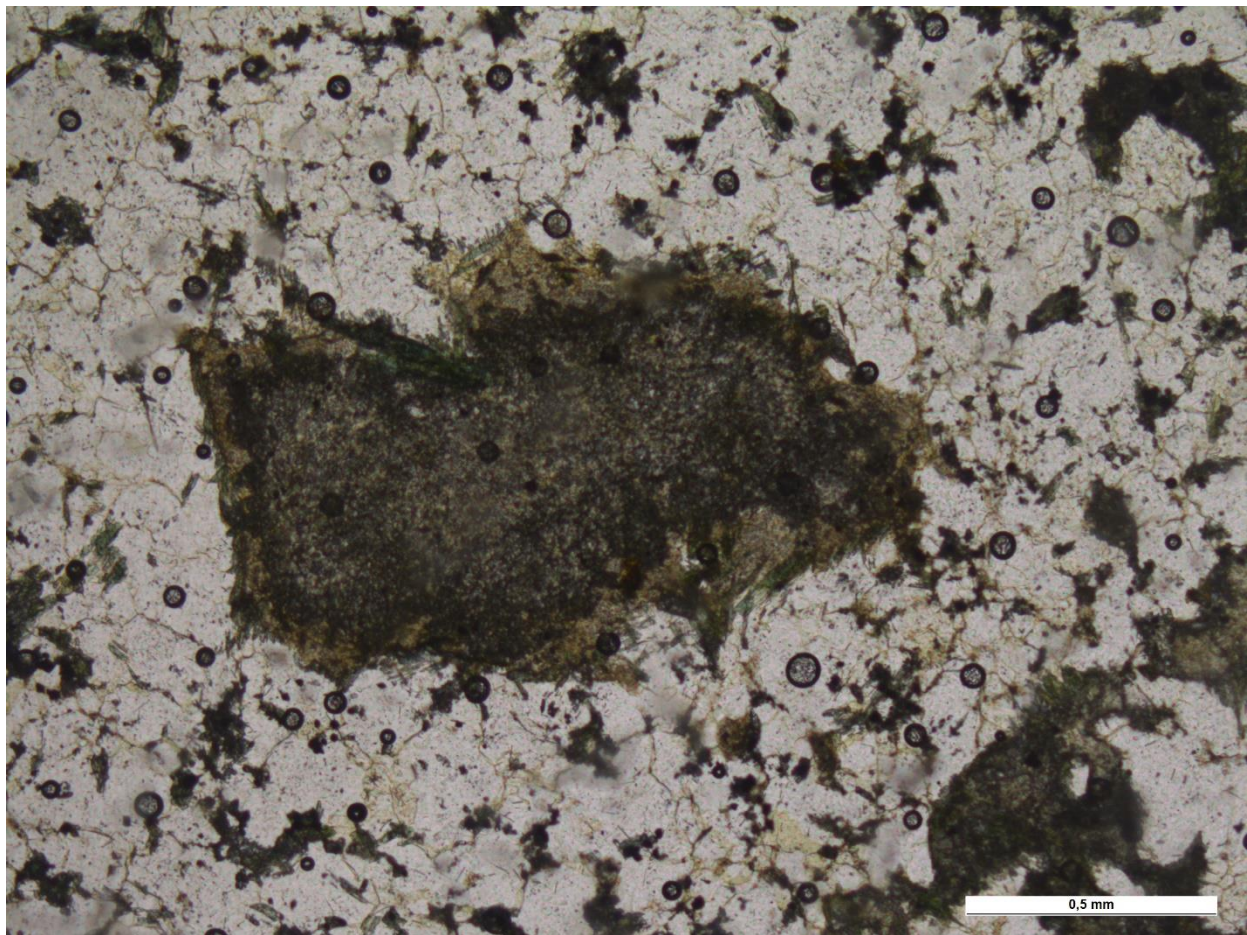


Рисунок 3.1.2.19 (шлиф 3)

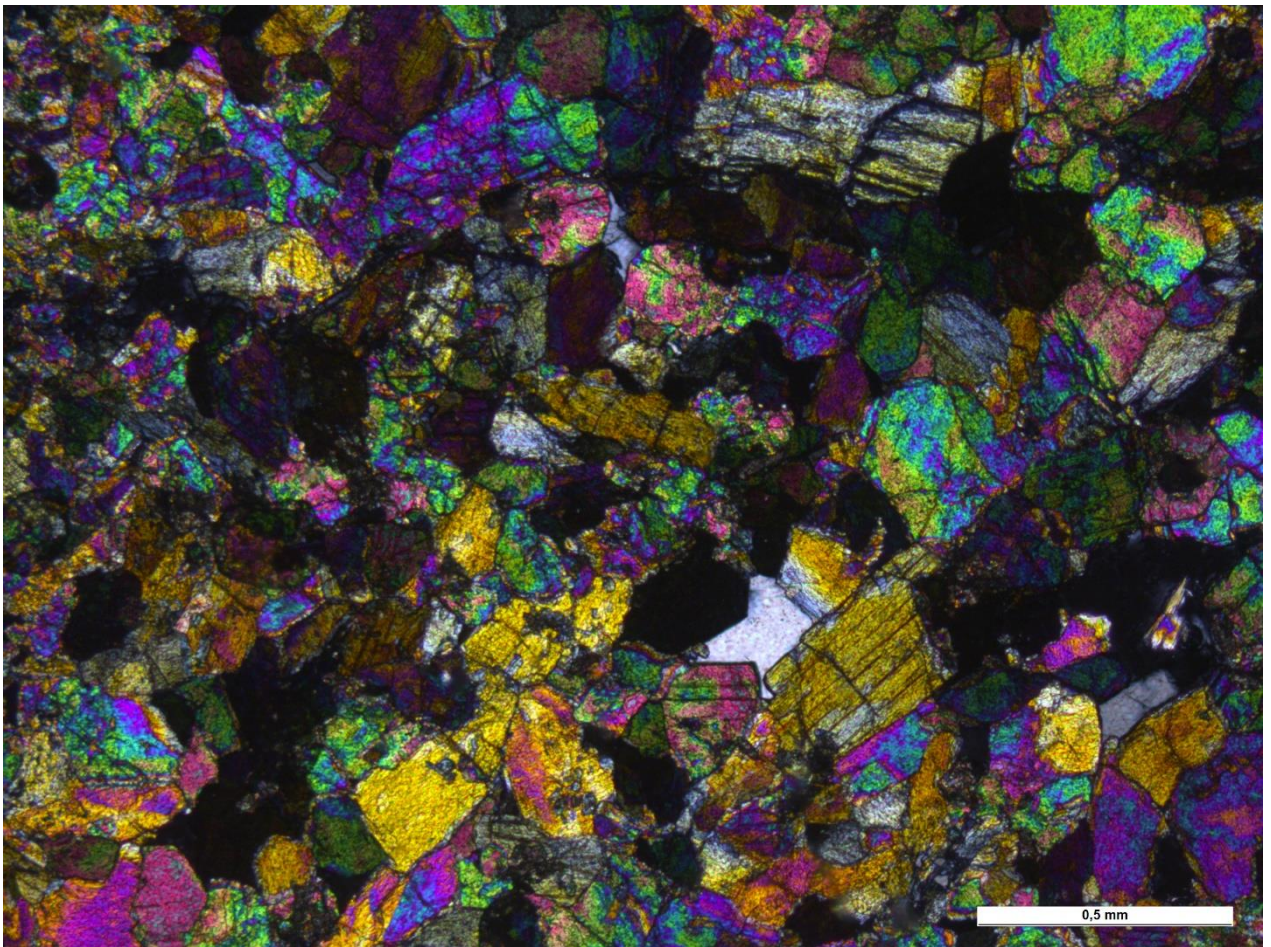
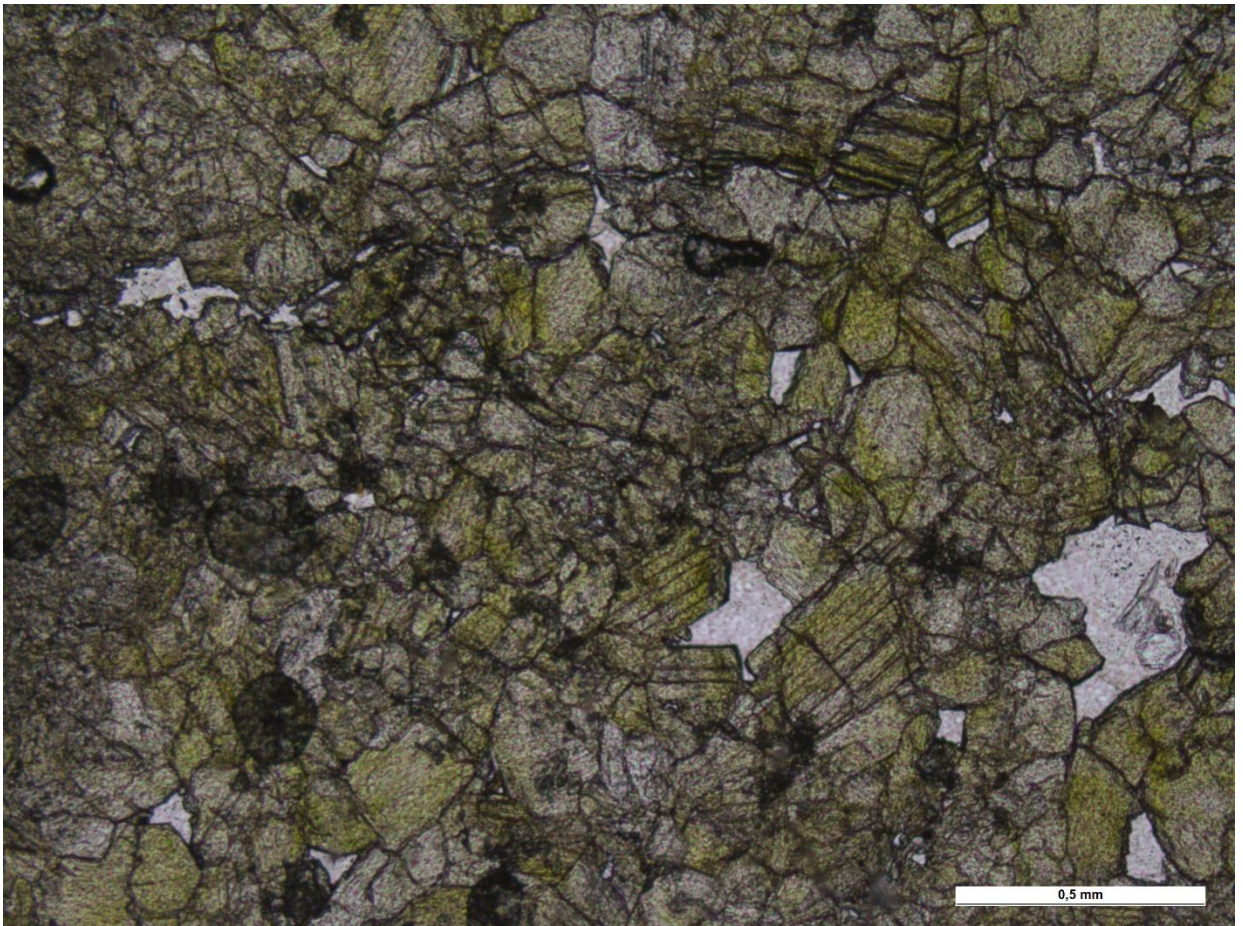


Рисунок 3.1.2.20 (Шлиф 9)

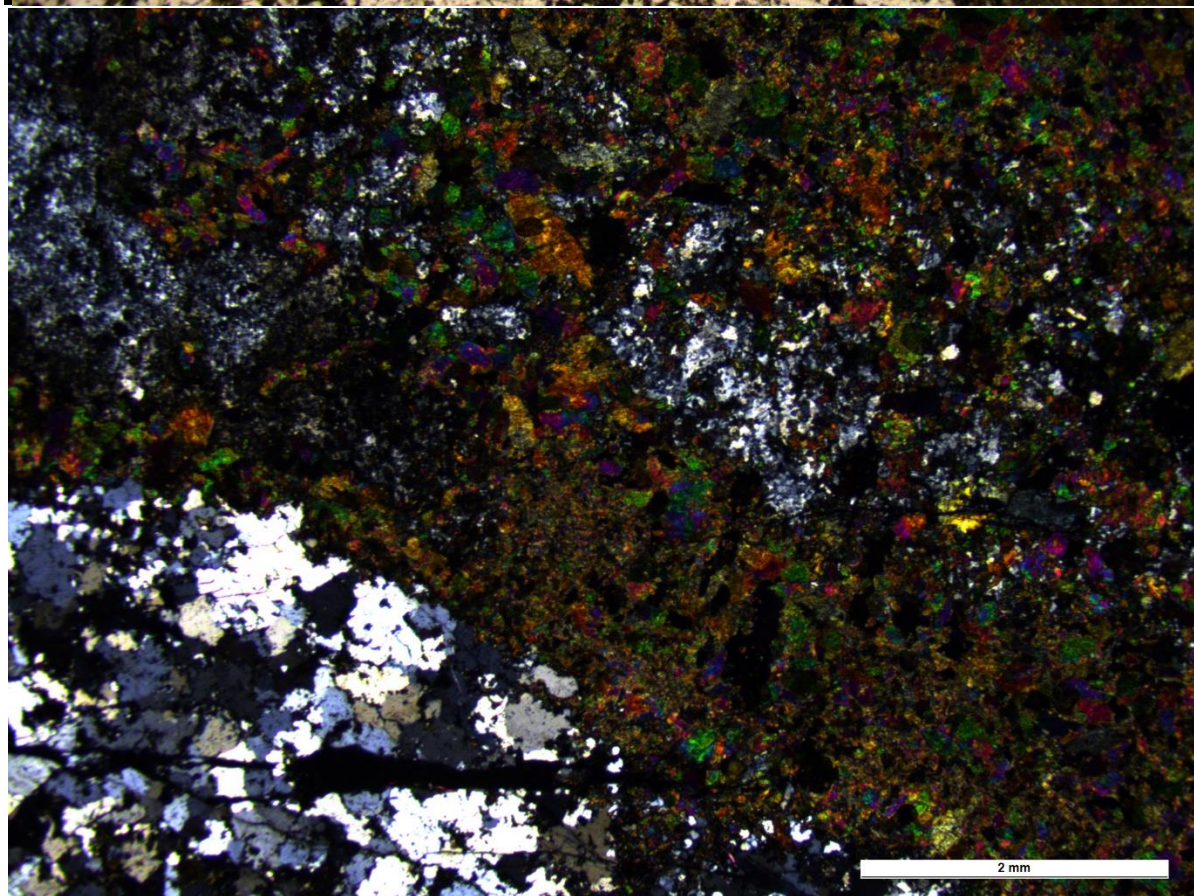
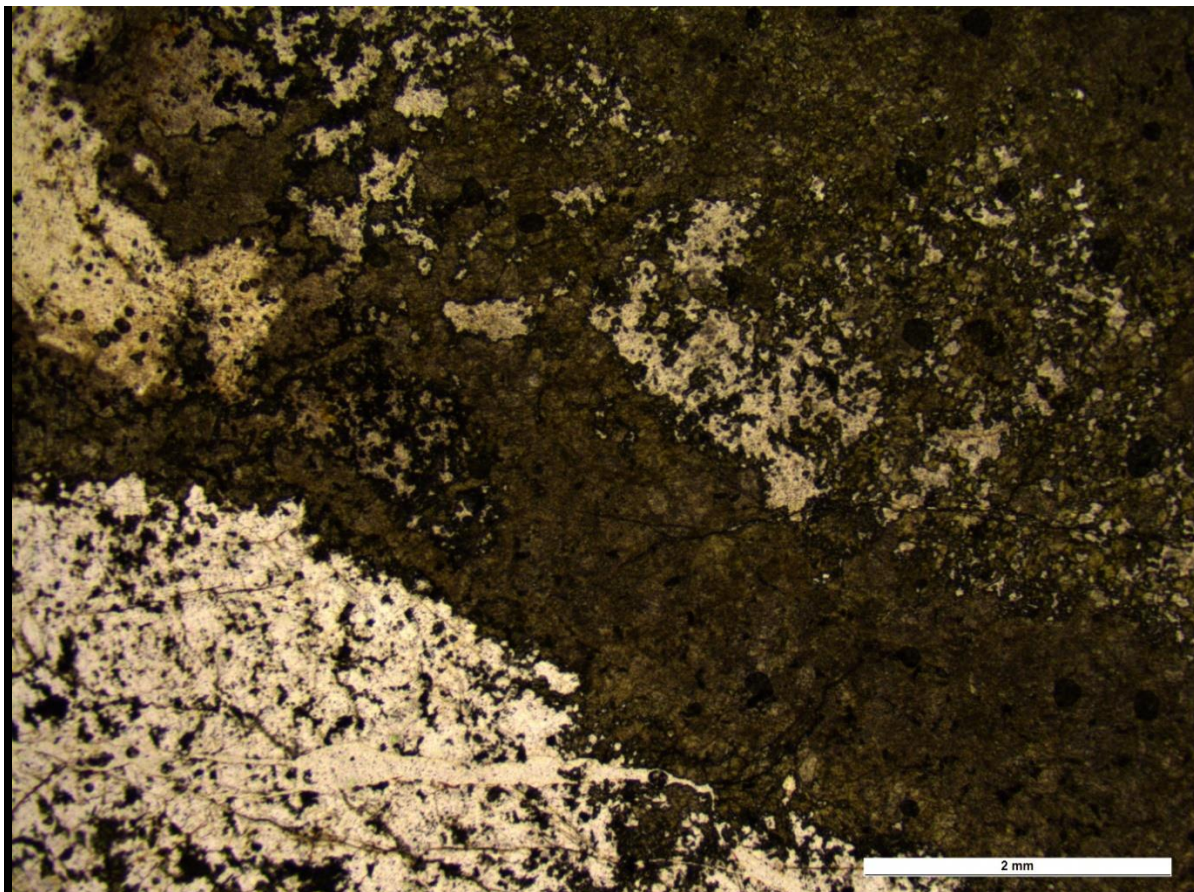


Рисунок 3.1.2.21 (шлиф 9)

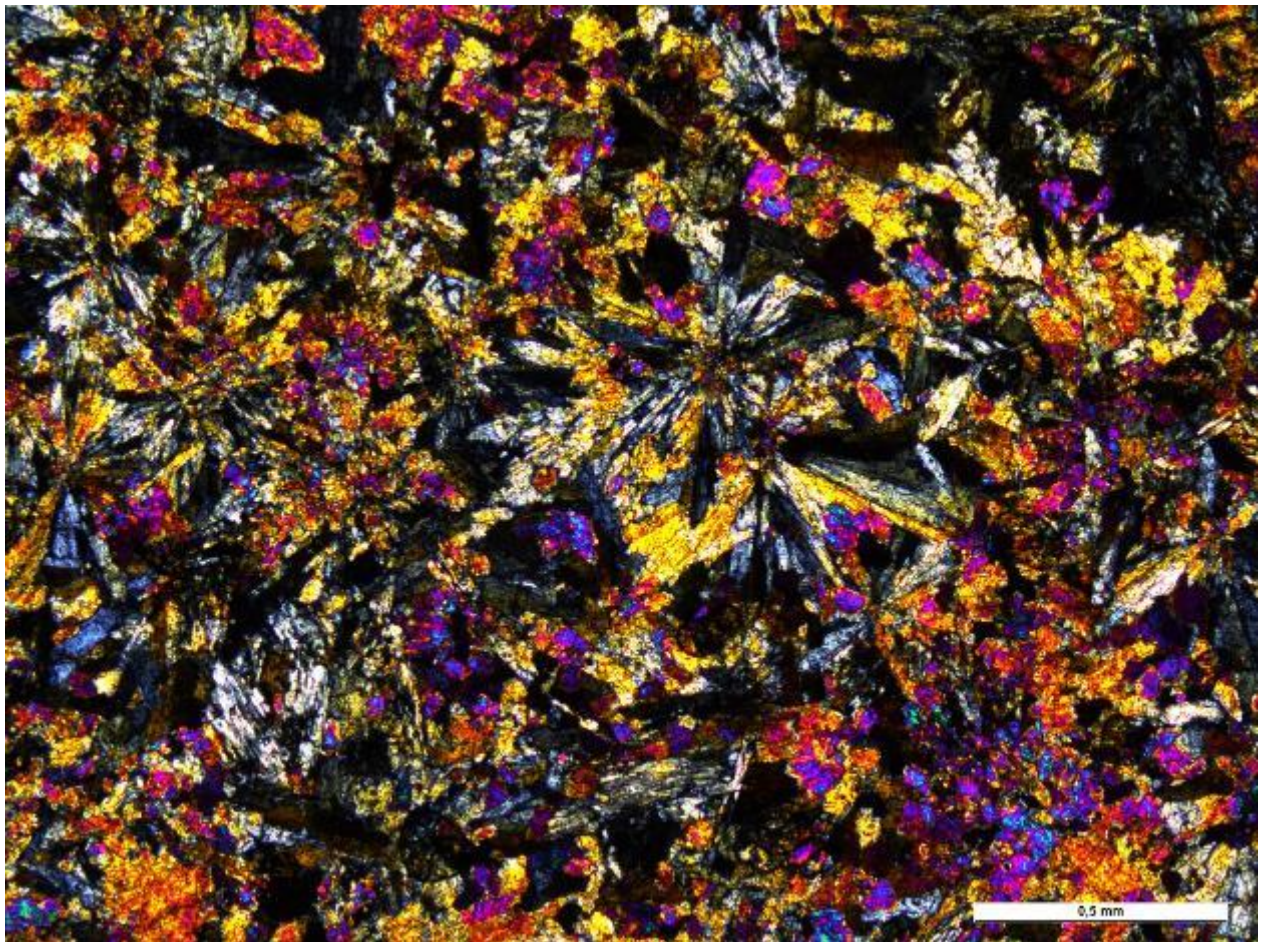
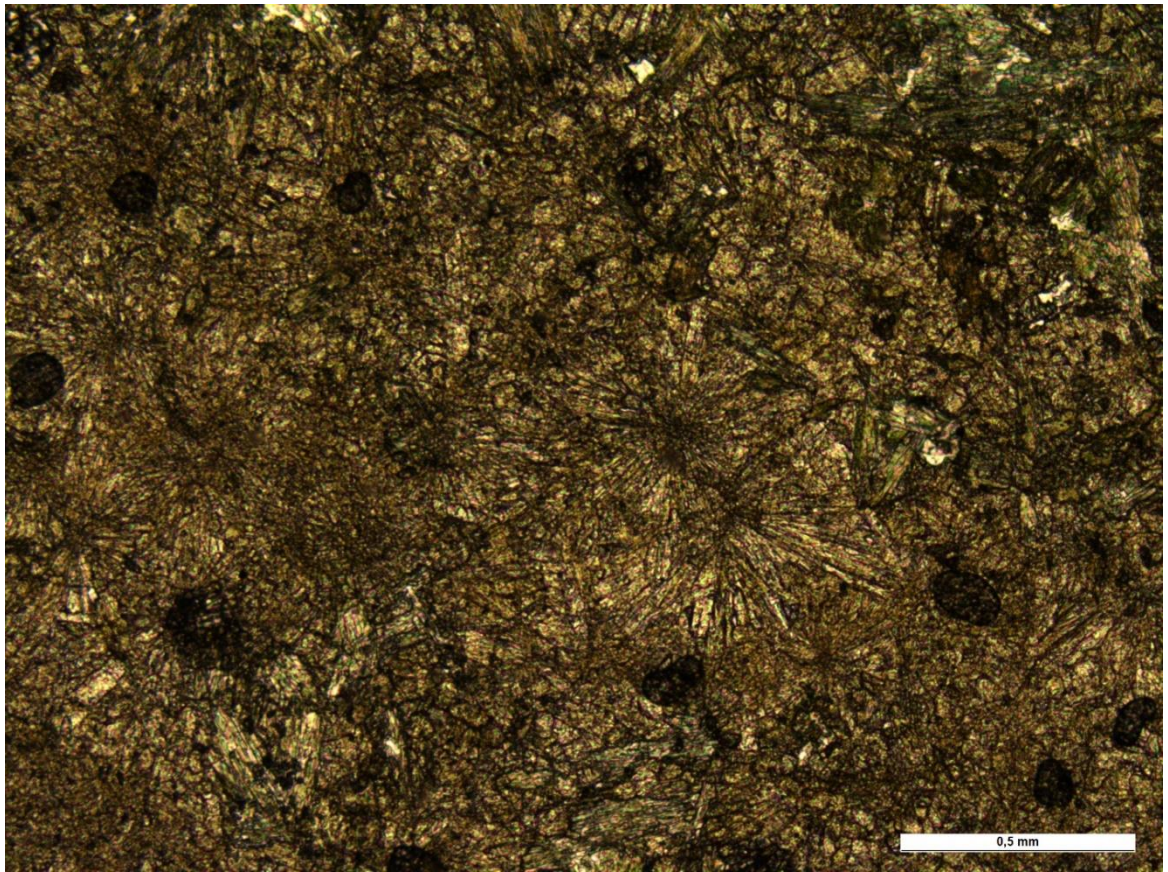


Рисунок 3.1.2.22 (шлиф 9)



### 3.2. Петрографический состав руд

После изготовления шлифов из обломков пород, составляющих аллювий и плотик реки Генералка, эти обломки были измельчены в дробилке, далее подвержены гравитационной и магнитной сепарации. Все эти действия для двух типов пород (метавулканитов мариинской свиты и оливинового габбро качканарского комплекса) велись, естественно, раздельно. Далее из тяжёлой немагнитной фракции было изготовлено два аншлифа – один из габбро и один из метавулканитов. Они были исследованы с помощью рудной микроскопии. Следует помнить, что обломки, изучаемые в аншлифах, образованы в результате дробления и, таким образом, их форма и взаимное расположение не являются естественными. Тем не менее, можно определить состав рудных минералов, а также их взаимоотношения, в случае обнаружения сростков. Описание приведено ниже.

#### 3.2.1. Рудные минералы оливинового габбро качканарского комплекса

Среди рудных минералов представлены: борнит (50%), халькопирит (30%), пирит (15%), ковеллин (5%). Борнит имеет розовый цвет, представлен индивидами размером 0,2 – 0,3 мм (рисунок 1). Халькопирит имеет светло-жёлтый оттенок и отличается сильным блеском. В аншлифе был представлен зёрнами размером в среднем 0,1 мм (рисунок 2). Были обнаружены сростки халькопирита с борнитом (рисунок 3), граница между ними – индукционная поверхность - что говорит об их одновременном образовании. Пирит имеет жёлтый цвет, он представлен как отдельными индивидами, так и вторичными образованиями по борниту. Ковеллин имеет серо-синий оттенок, он представлен исключительно в виде вторичных минералов по борниту.

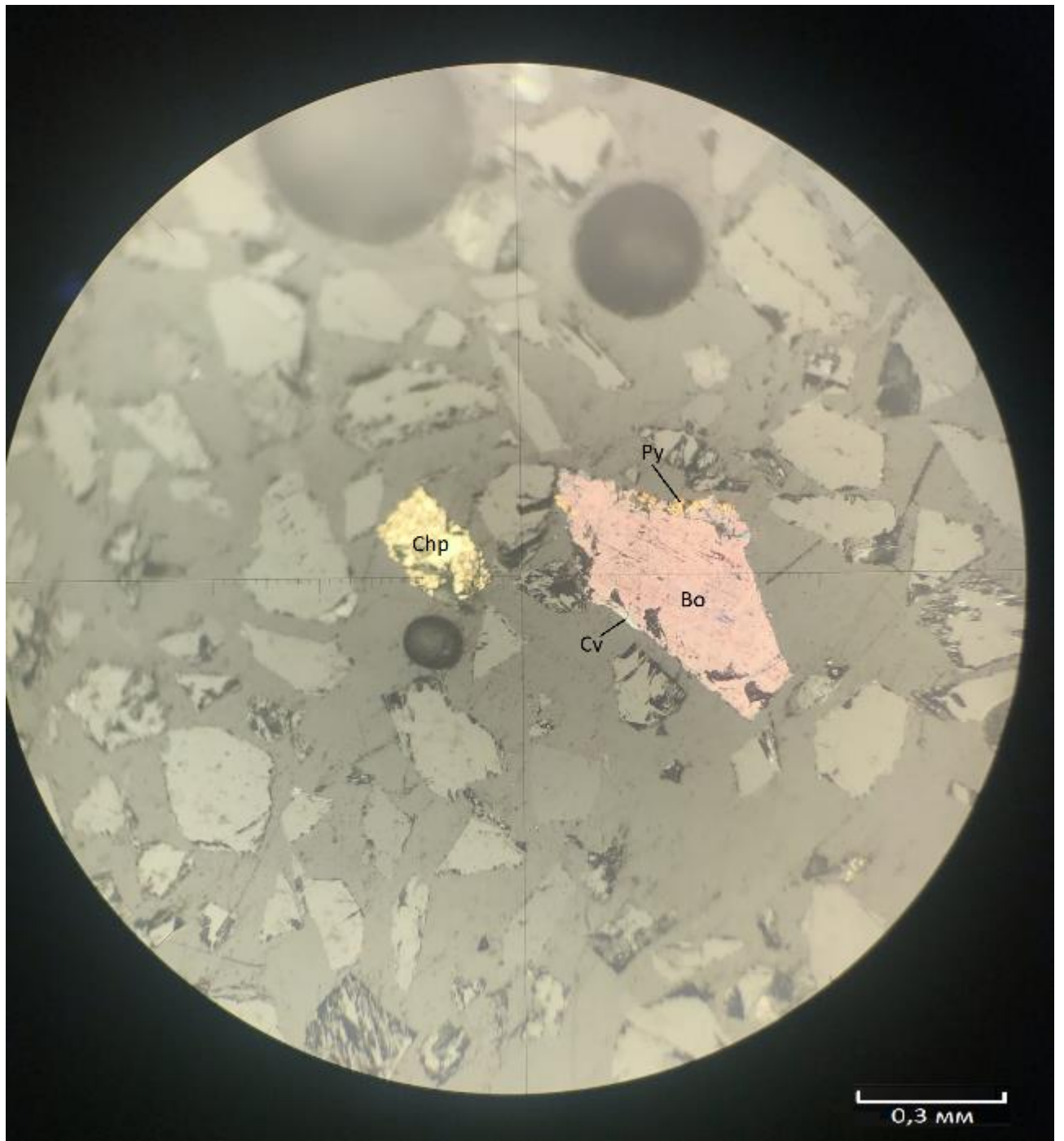


Рисунок 3.2.1.1. Борнит (габбро)

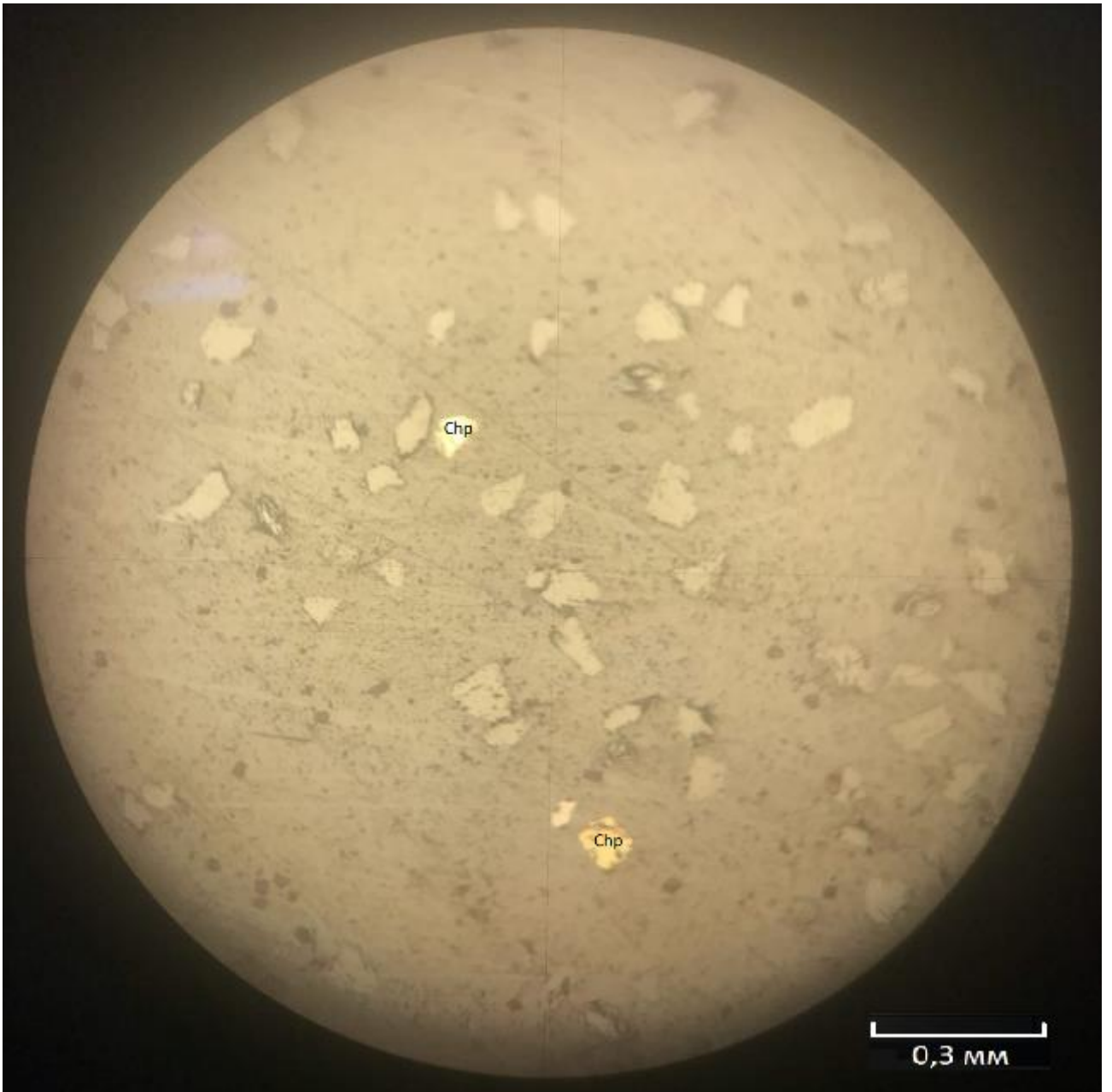


Рисунок 3.2.1.2. Халькопирит (габбро).

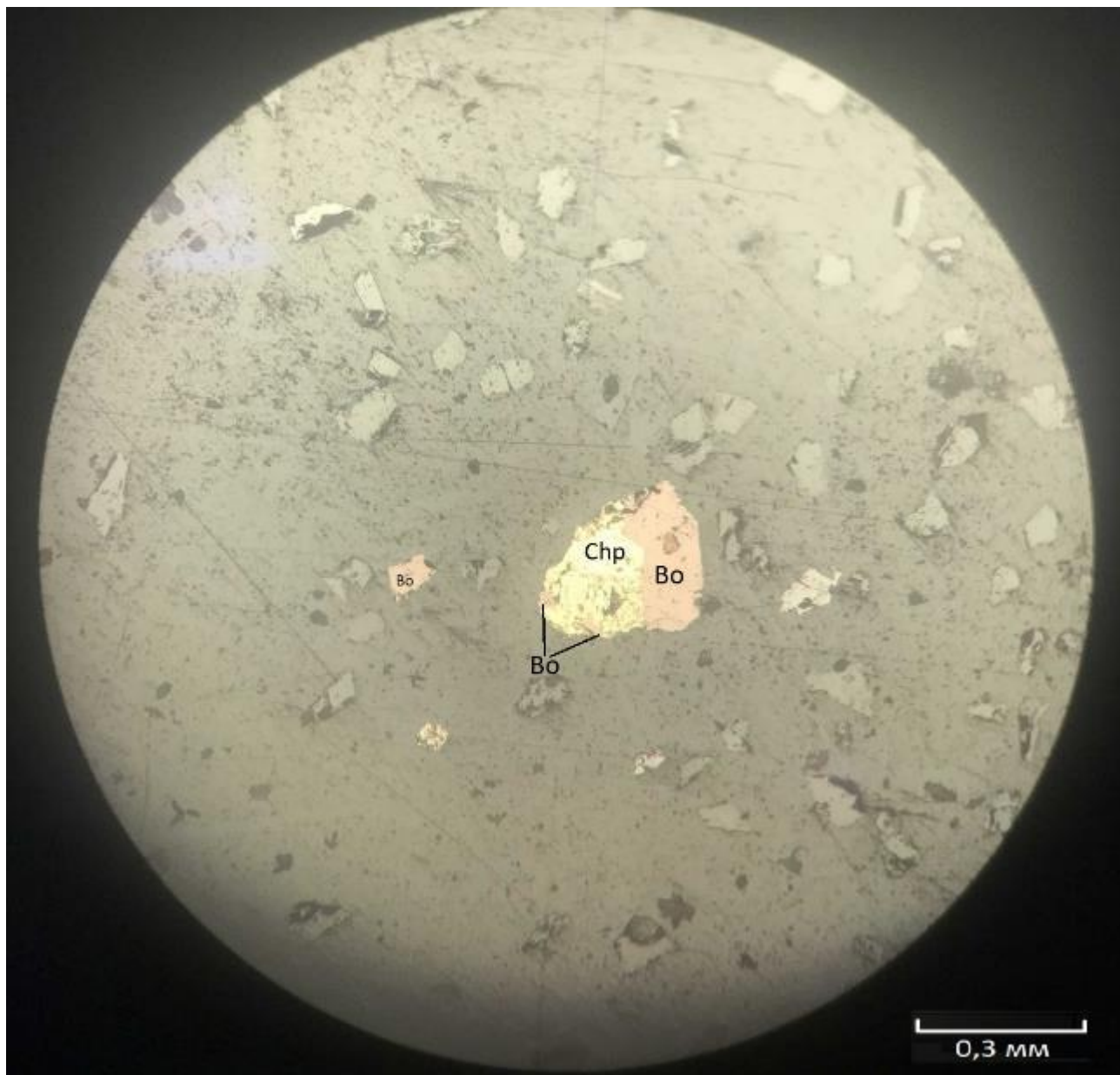


Рисунок 3.2.1.3.

### 3.2.2. Рудные минералы метавулканитов мариинского комплекса

Рудные минералы здесь представлены в большем количестве, чем в габбро. Состав их, однако, схож: борнит (50%), халькопирит (25%), пирит (20%), ковеллин (5%).

Средний размер борнита – 0,3 мм, до 0,6 мм. Средние размеры пирита и халькопирита – 0,2 мм. В отличие от пирита и борнита, халькопирит часто обладает округлыми и овальными очертаниями, что, скорее, является его естественной, образованной ещё при кристаллизации формой, чем результатом обламывания при дроблении, то есть при измельчении породы в дробилки минералы халькопирита не разрушались, а высвобождались целыми. Халькопирит,

помимо всего прочего, отличается в этом аншлифе от пирита и борнита меньшей степенью замещения другими минералами и лучшей сохранностью. Ковеллин образуется по борниту, реже по халькопириту (рисунок 4) и пириту. Интересно, что в некоторых минералах борнита ковеллин образует тонкие «полосы» от одного края до другого (рисунок 5, 6). Скорее, в этих случаях ковеллин образовывался по трещинам. Иногда ковеллин находится внутри борнита (рисунок 7). Скорее, здесь он был образован по поверхности борнита, «смотрящей» на нас, а срез минерала при шлифовке был недостаточно глубокий.

Взаимоотношения трёх главных рудных минералов достаточно сложны. Борнит и халькопирит, как и в первом аншлифе, образуют сростки с индукционными поверхностями, что снова говорит об их одновременном образовании (рисунок 8). Пирит в этом аншлифе представлен как самостоятельными обломкам, так и вторичными образованиями по борниту (рисунок 9, 10). В одном зерне пирит образуется по трещине в борните, параллельно ковеллину (рисунок 11) Также в некоторых случаях наблюдается образование борнита по пириту (рисунок 12, 13).

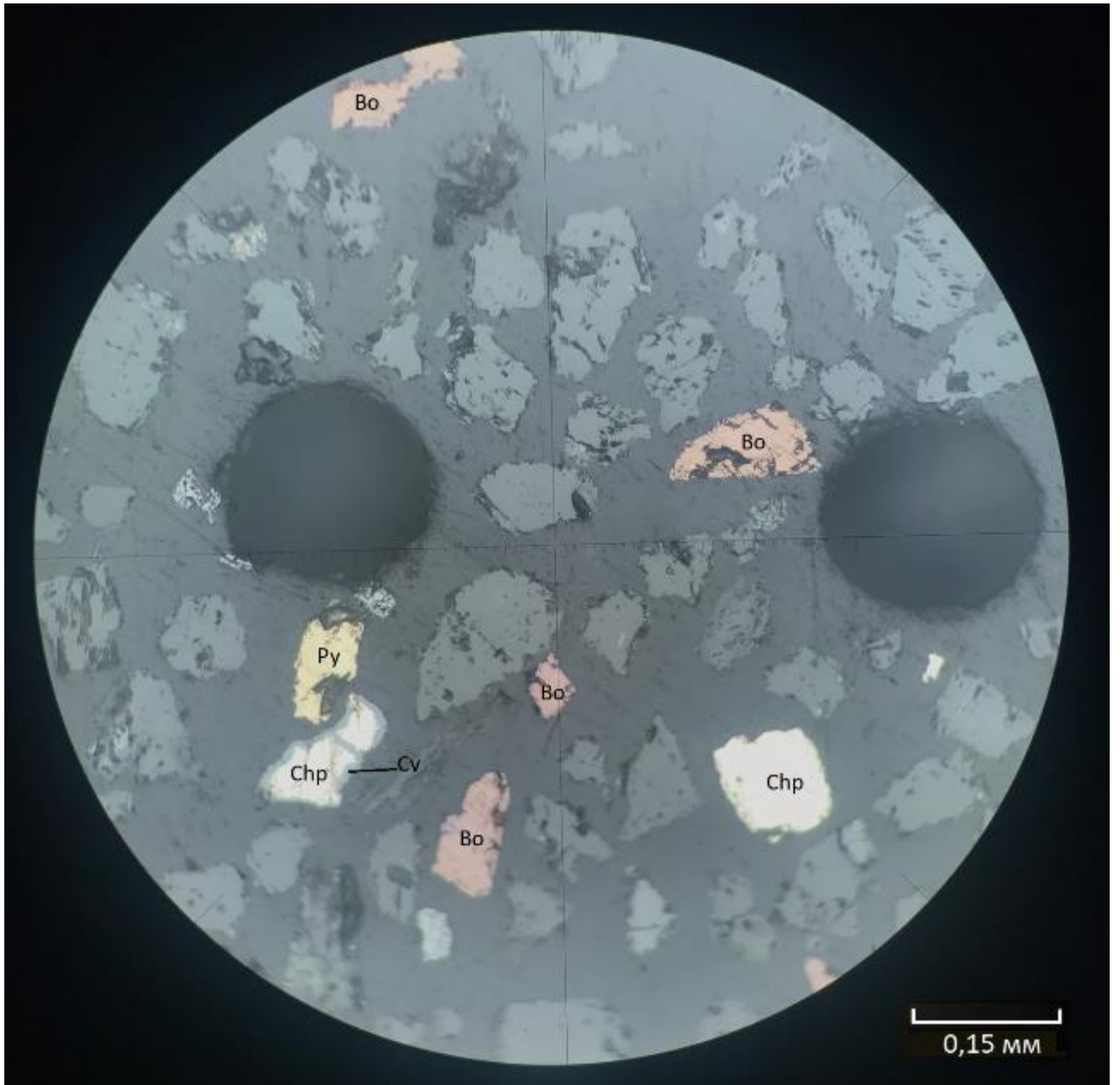


Рисунок 3.2.2.4. Ковеллин образуется по халькопириту

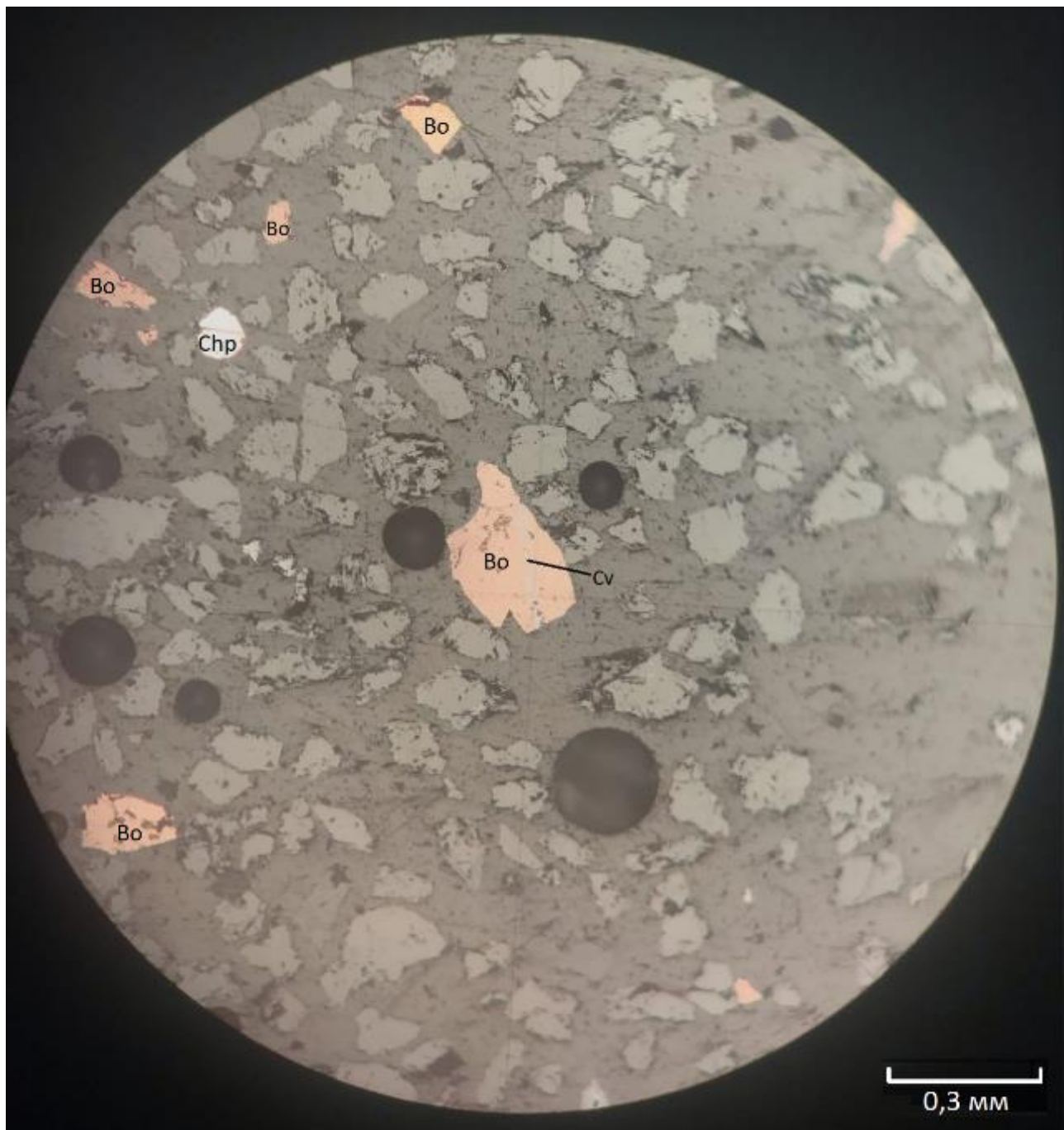


Рисунок 3.2.2.5. Ковеллин развивается по трещине в борните

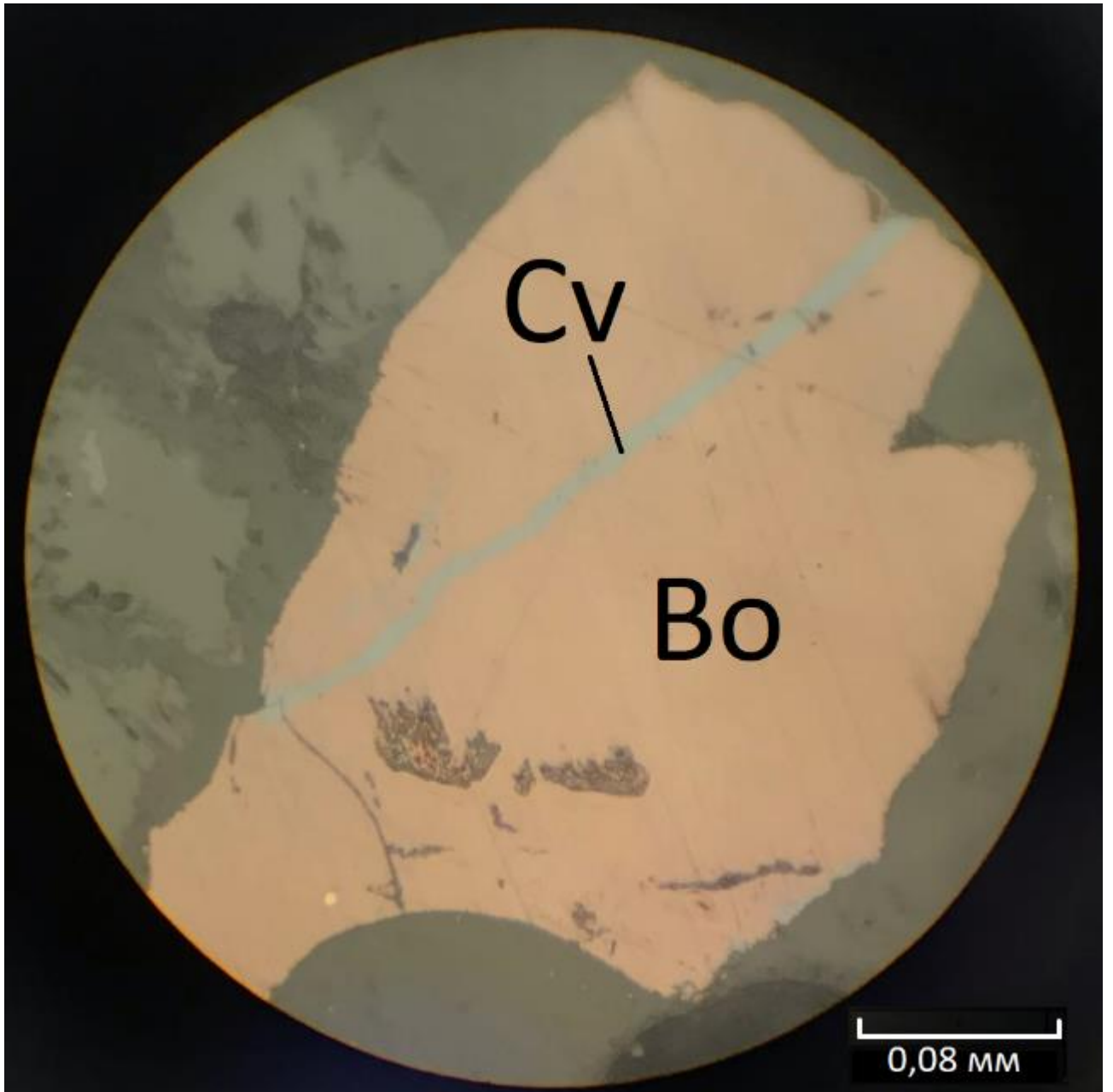


Рисунок 3.2.2.6. Ковеллин развивается по трещине в борните



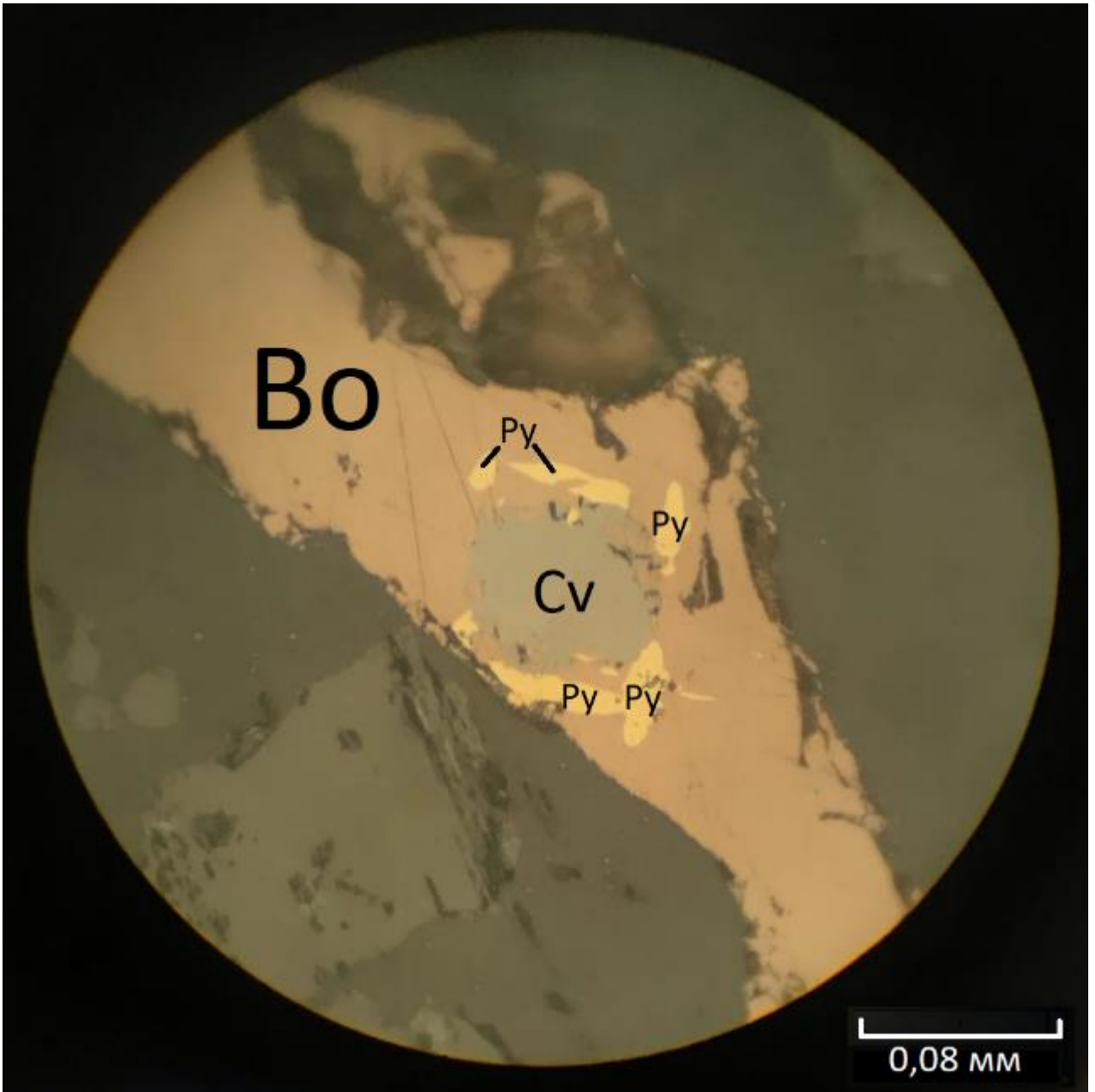


Рисунок 3.2.2.7. Ковеллин внутри борнита

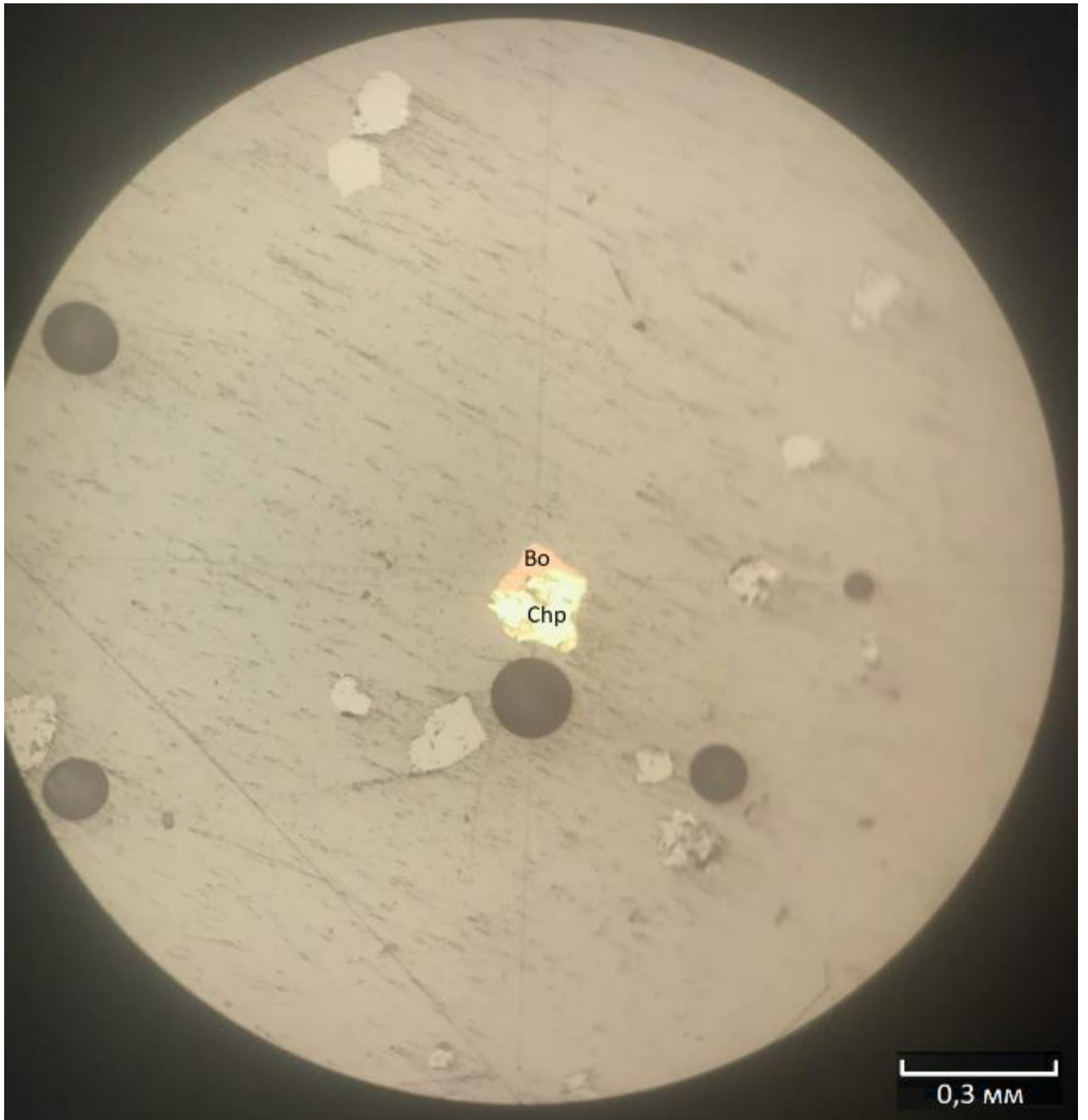


Рисунок 8. Срастание борнита и халькопирита.

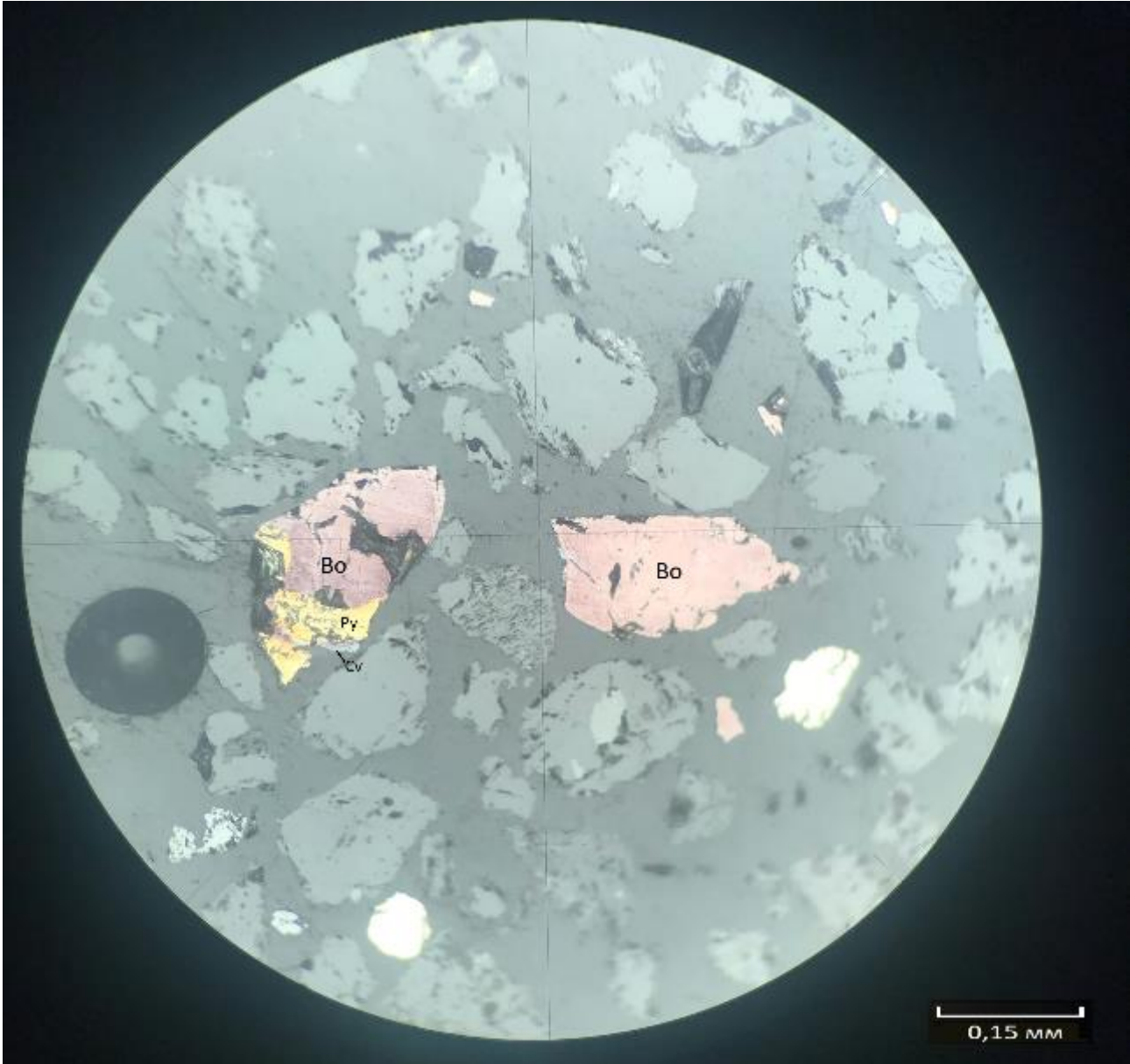


Рисунок 3.2.2.9. Образование пирита по борниту

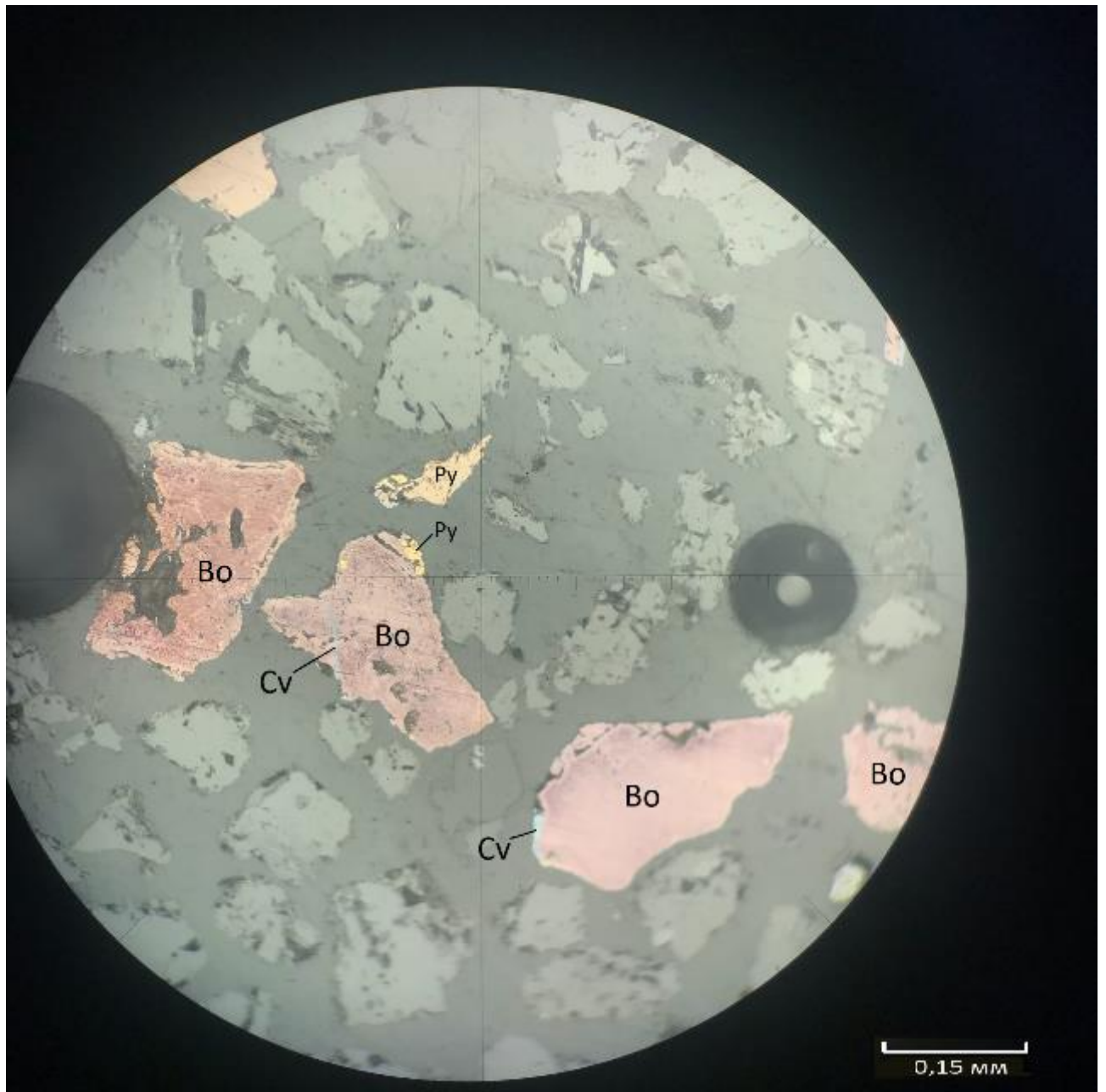


Рисунок 3.2.2.10. Образование пирита по борниту

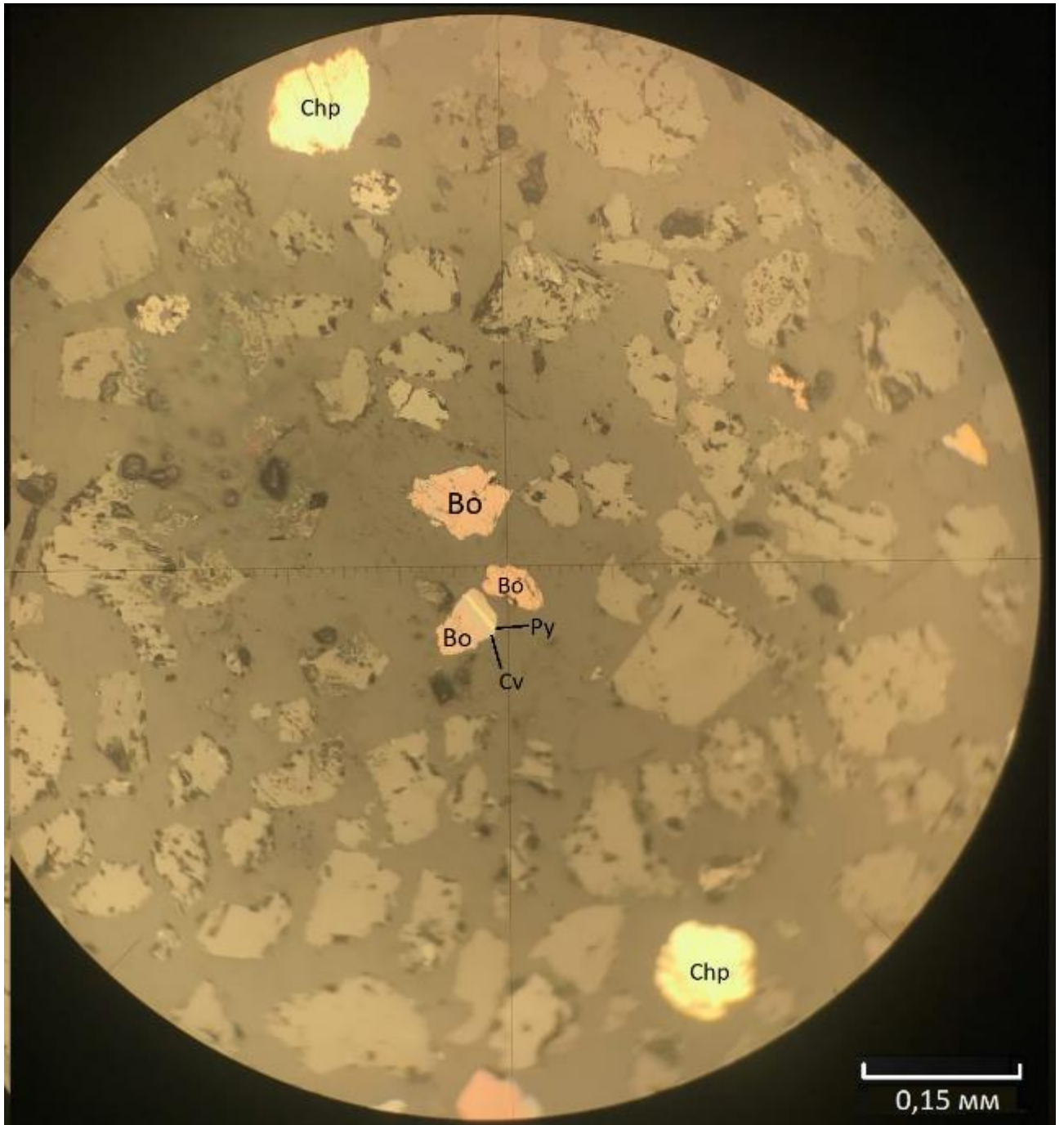


Рисунок 3.2.2.11. По трещине в борните развивается пирит и ковеллин

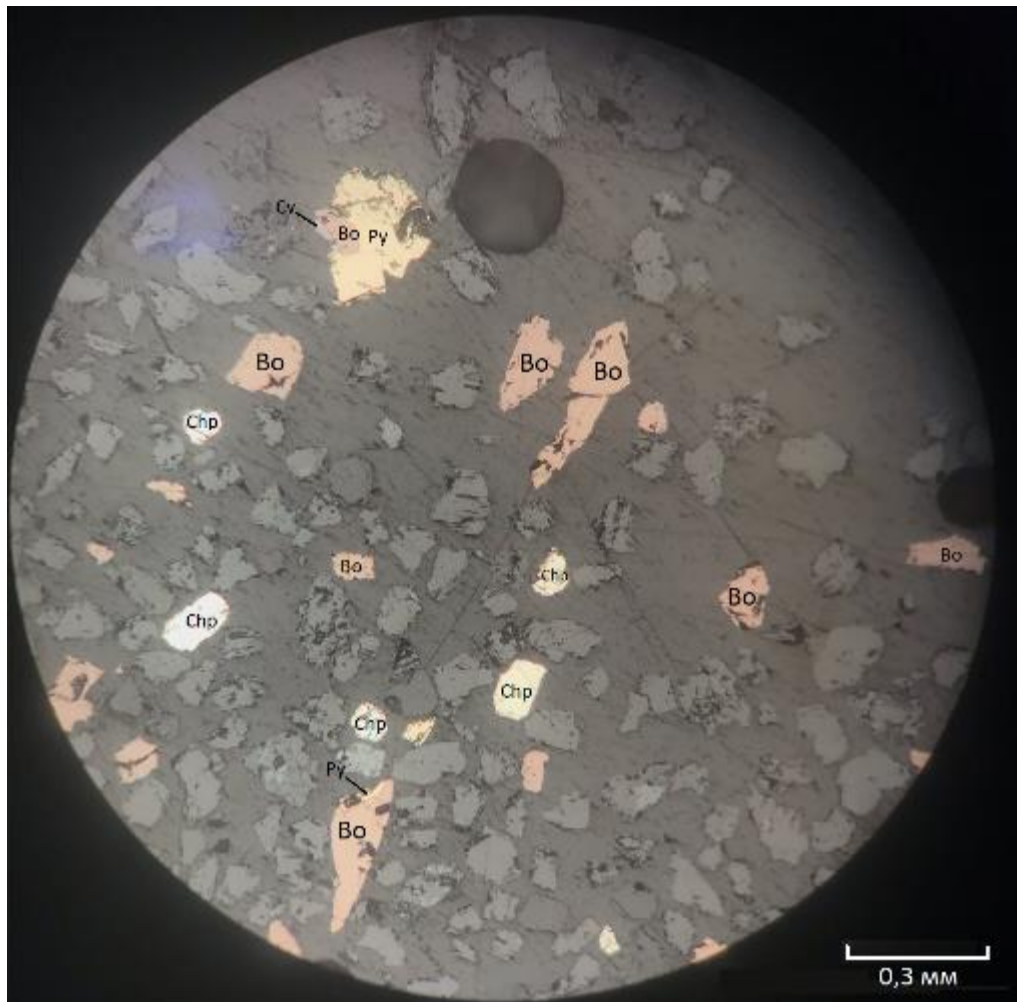


Рисунок 3.2.2.12. Образование борнита по пириту (сверху) и пирита по борниту (снизу)

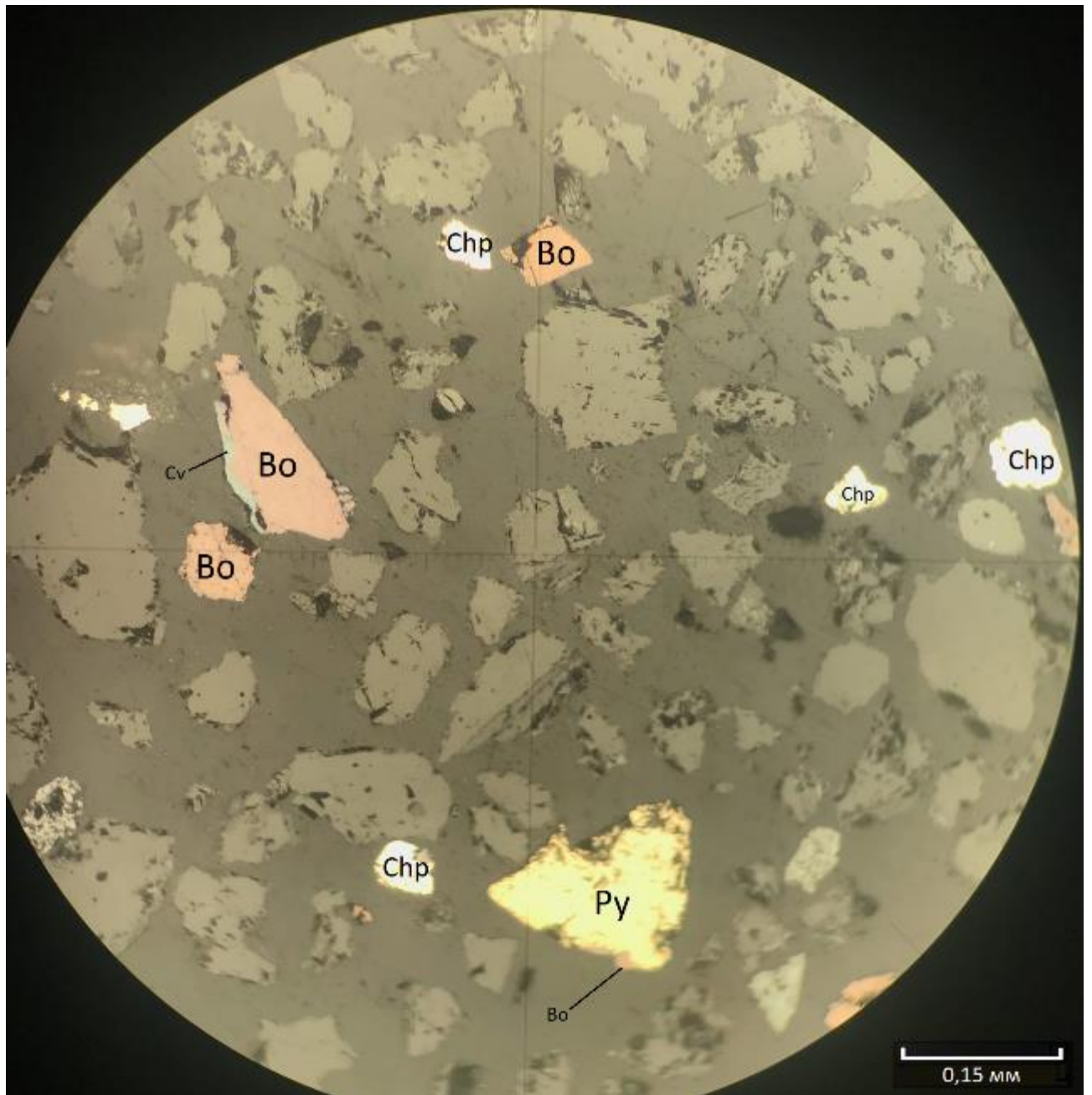


Рисунок 3.2.2.13. Образование борнита по пириту (снизу)

### 3.3 Минералогический анализ шлихов

Отобранный на россыпи песок был доведён до шлиха в старательском лотке. В университете была произведена его сепарация на 4 фракции по магнитной восприимчивости. Используемый при этом магнит имел 10 уровней мощности. Сначала к пробе был поднесён магнит с мощностью, установленной на первом уровне, и, таким образом, была отделена магнитная фракция. Далее к оставшемуся шлиху был приложен магнит с установленным уровнем «4» и так была отделена парамагнитная фракция, названная «ПМФ-4». После установки мощности магнита на 10-ый уровень, были отделены зёрна с ещё более слабой магнитной восприимчивостью - парамагнитная фракция «ПМФ-10», а оставшаяся часть шлиха, не поддавшаяся даже магниту с установленным 10-ым уровнем, представляет собой

немагнитную фракцию. Далее был выполнен шлиховой анализ каждой фракции. Он приведён ниже.

### 3.3. Шлих аллювиальных песков

#### *Магнитная фракция.* (Рисунок 1)

99% зёрен – магнетит. Его зёрна угловатые, неокатанные. Встречаются целые октаэдры. Другие минералы встречались очень редко: кварц, эпидот, пироксен. Средний размер зёрен – 0,2 мм.

#### *Парамагнитная фракция «ПМФ-4»* (Рисунок 2, 3)

Минеральный состав фракции: магнетит - 50%, пироксен - 15%, оливин – 15%, кварц - 5%, эпидот 5%. Реже наблюдается плагиоклаз и актинолит. Средний размер зёрен - 0,25 мм.

Магнетит неокатанный, для него характерны октаэдры (до 0,5 мм). Кварц среднеокатанный. Плагиоклаз среднеокатанный, представлен как лейкократовыми разновидностями, (предположительно, андезин и битовнит), так и тёмным иризирующим лабрадором. Пироксен характеризуется минералами вытянутого габитуса, спайностью по удлинению. Среди пироксенов в основном представлены минералы зелёных оттенков: диопсид и авгит.

Оливин представлен светло-зелёными и светло-жёлтыми полупрозрачными среднеокатанными зёрнами. Блеск - стеклянный.

#### *Парамагнитная фракция «ПМФ-10»* (Рисунок 4)

Минеральный состав фракции: плагиоклаз - 40%, кварц - 20%, актинолит - 20%, эпидот - 10%, остальные минералы, встречающиеся реже: магнетит, пироксен, оливин. Средний размер зёрен – 0,25 мм. Зёрна среднеокатанные.

Актинолит характеризуется вытянутыми волокнистыми кристаллами бутылочно-зелёного цвета. Блеск - стеклянный

#### *Немагнитная фракция* (Рисунок 5)

Минеральный состав фракции: плагиоклаз – 45%, кварц – 45%. Остальные минералы встречаются реже. Стоит отметить, что из данной фракции было отобрано 56 зёрен золота. Средний размер минералов – 0,25 мм. Среднеокатанные.

Помимо песков речного аллювия, под бинокляром были изучены обломки метавулканитов и габбро, оставшиеся после измельчения пород в дробилке, просеивании на сите, гравитационной и магнитной сепарации. Эти обломки были также разделены на 4 фракции по магнитной восприимчивости, был выполнен шлиховой анализ каждой фракции каждой породы. Следует помнить, что эти обломки были образованы не естественным путём, а в результате измельчения в дробилке, таким образом, здесь нельзя судить об их форме как о генетическом признаке.

#### 3.3.2. Оливиновое габбро

#### *Магнитная фракция* (Рисунок 6)



Минеральный состав фракции: магнетит – 70%, оливин с включениями магнетита – 20%, плагиоклаз – 5%, пироксен – 5%

*Парамагнитная фракция «ПМФ-4» (Рисунок 7-8)*

Минеральный состав фракции: оливин – 45%, пироксен – 45%, плагиоклаз – 5%, магнетит – 5%.

Оливин представлен светло-желтыми, светло-зелёными и буро-желтыми обломками. Блеск стеклянный. Пироксен представлен преимущественно разновидностями зелёных оттенков, предположительно диопсидом и авгитом, наблюдается спайность.

*Парамагнитная фракция «ПМФ-10» (Рисунок 9, 10)*

Минеральный состав фракции: оливин – 50%, пироксен – 40%, плагиоклаз – 5%, редко магнетит.

### 3.3.3. Метавулканиты

*Магнитная фракция*

Представлена преимущественно магнетитом и обломками породы.

*Парамагнитная фракция «ПМФ-4» (Рисунок 11, 12)*

Минеральный состав фракции: полиминеральные обломки породы – 30%, плагиоклаз – 30%, кварц – 10%, актинолит – 10%, эпидот – 10%, магнетит – 10%

*Парамагнитная фракция «ПМФ-10» (Рисунок 13)*

Минеральный состав фракции: плагиоклаз – 35%, кварц – 45%, актинолит – 10%, эпидот – 10%

*Немагнитная фракция (Рисунок 14)*

Минеральный состав фракции: плагиоклаз – 30%, кварц – 50%, эпидот - 10%, актинолит – 10%.

Если сопоставить минеральный состав шлиха аллювиальных песков реки Генералка с обломками после дробления оливинового габбро и метавулканитов, то можно сделать вывод, что в аллювиальные пески плагиоклаз, пироксен и оливин поступают при разрушении оливиновых габбро качканарского комплекса, а плагиоклаз, кварц, актинолит, эпидот – метавулканитов мариинской свиты.

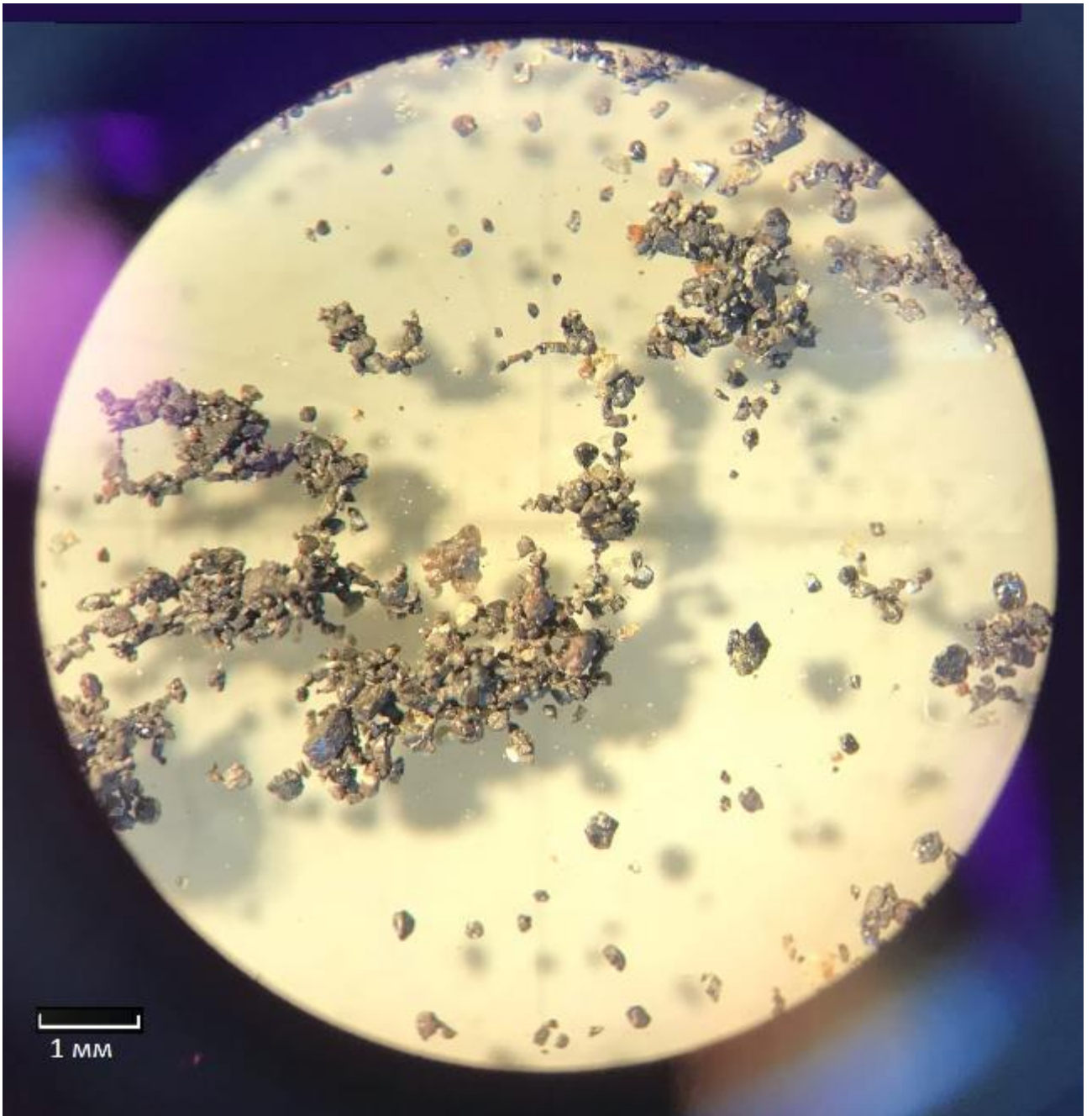


Рисунок 3.3.3.1. Магнитная фракция (шлих аллювиальный песков).

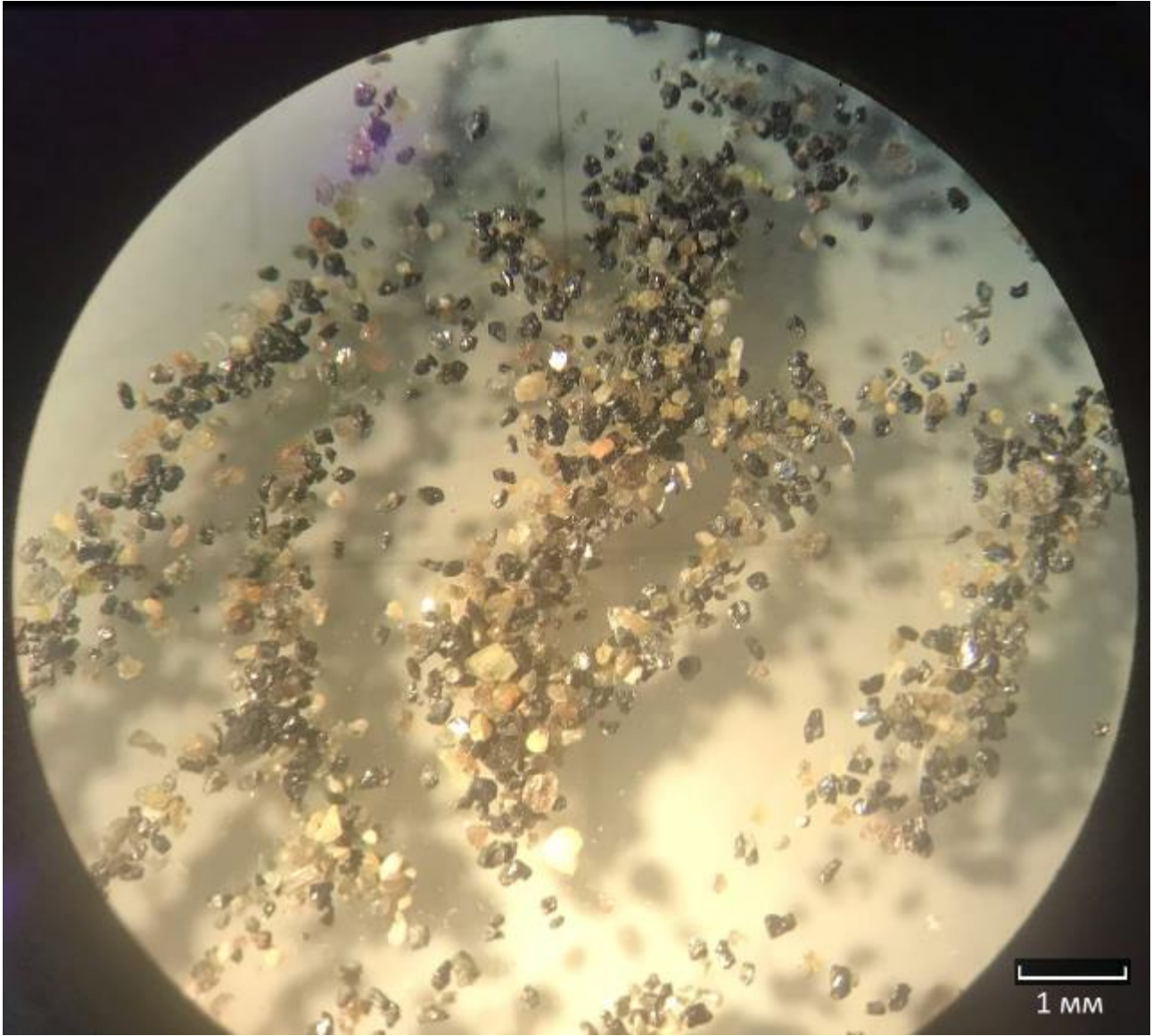


Рисунок 3.3.3.2. Парамагнитная фракция «ПМФ-4» (шлих аллювиальный песков).

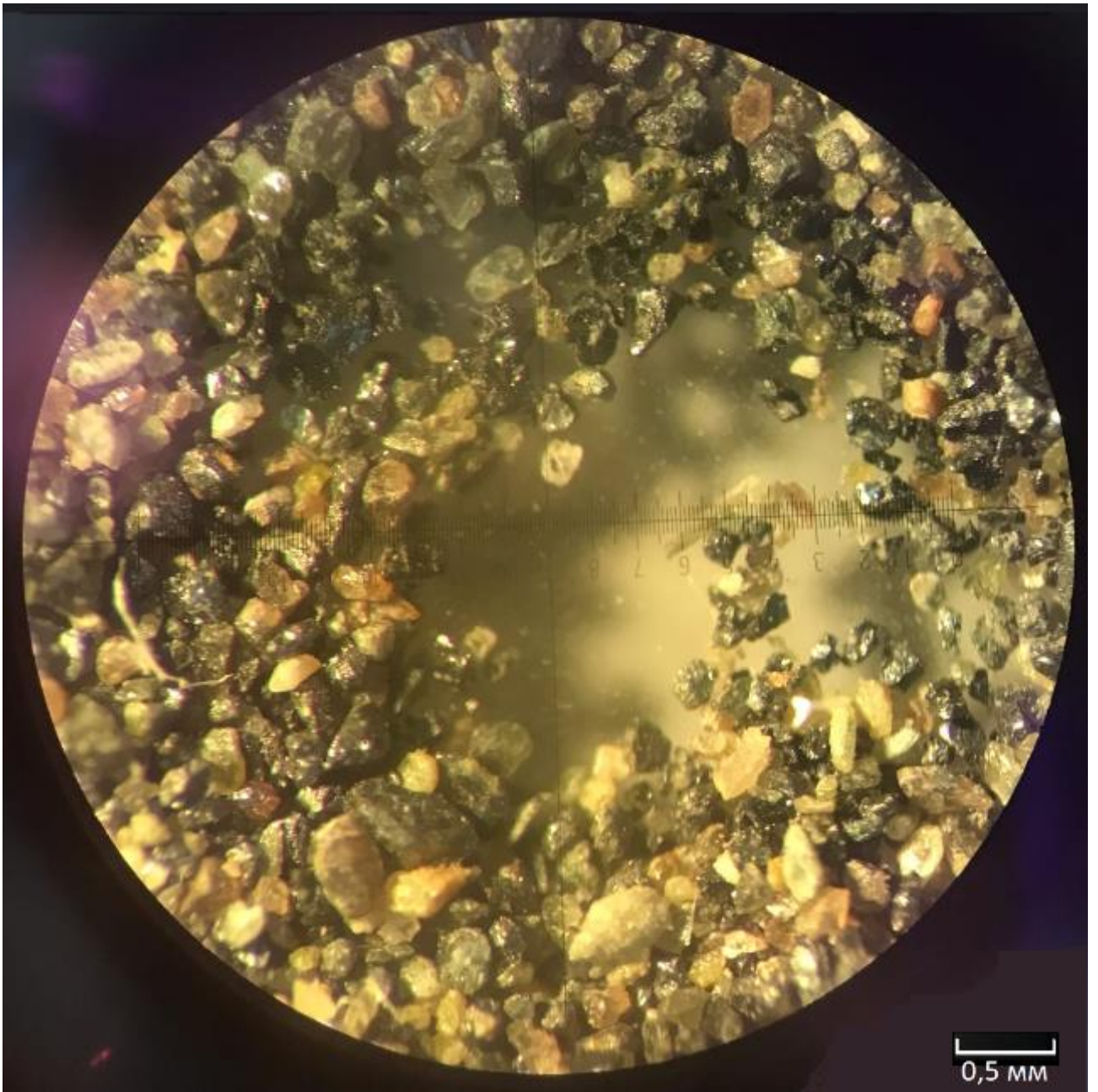


Рисунок 3.3.3.3. Парамагнитная фракция «ПМФ-4» (шлих аллювиальный песков).

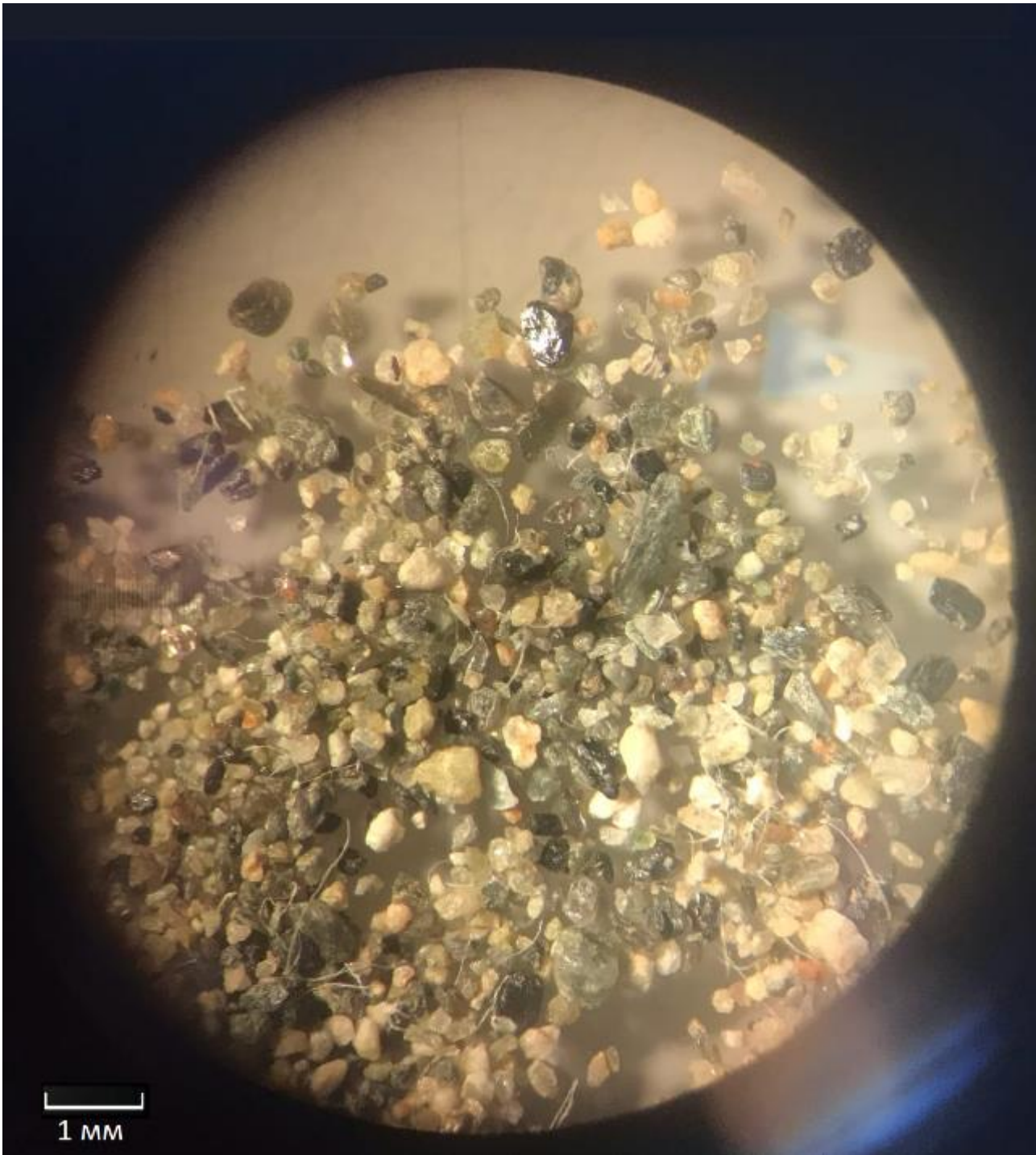


Рисунок 3.3.3.4. Парамагнитная фракция «ПМФ-10» (шлих аллювиальный песков).

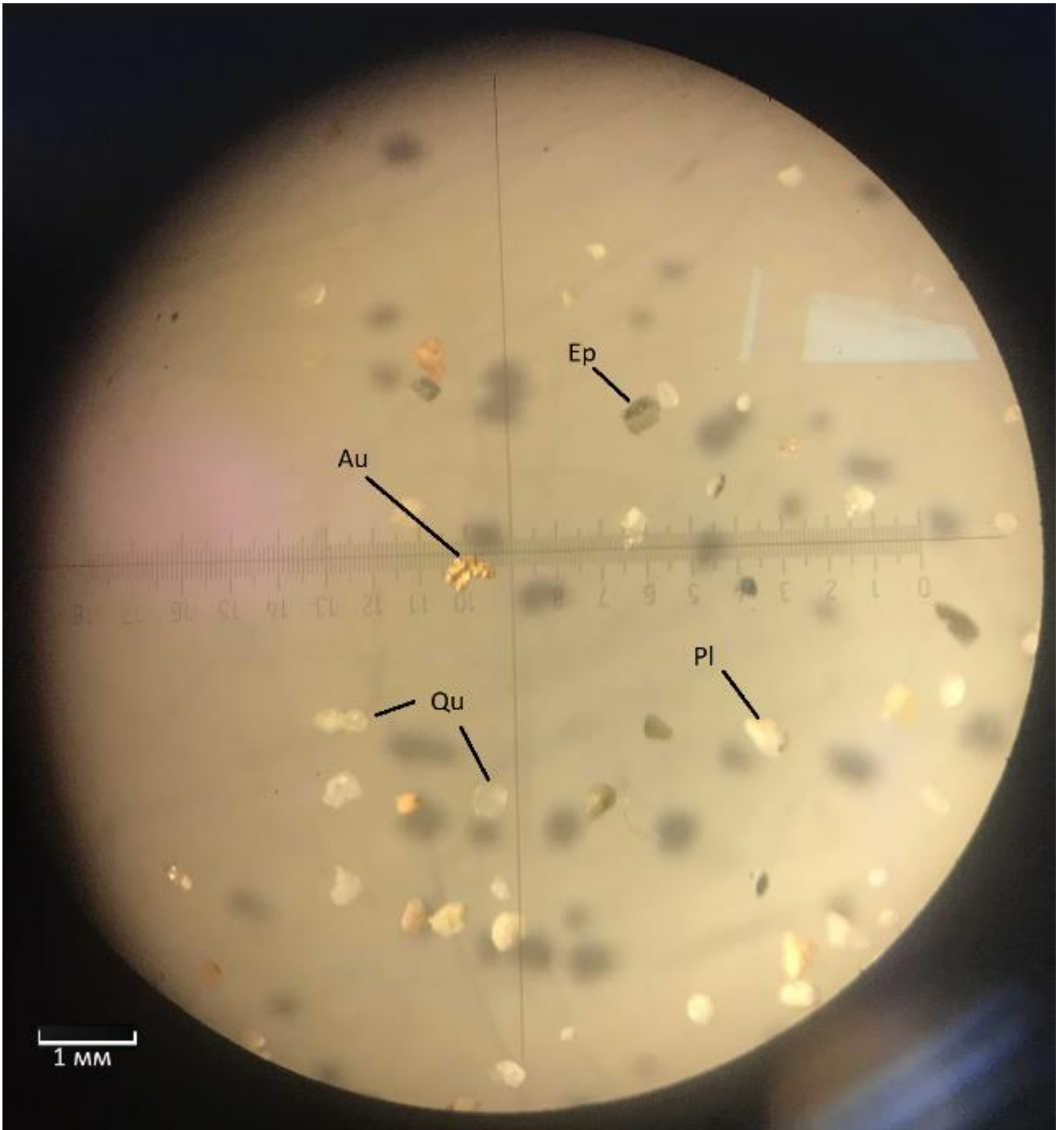


Рисунок 3.3.3.5. Немагнитна фракция (шлих аллювиальный песков).

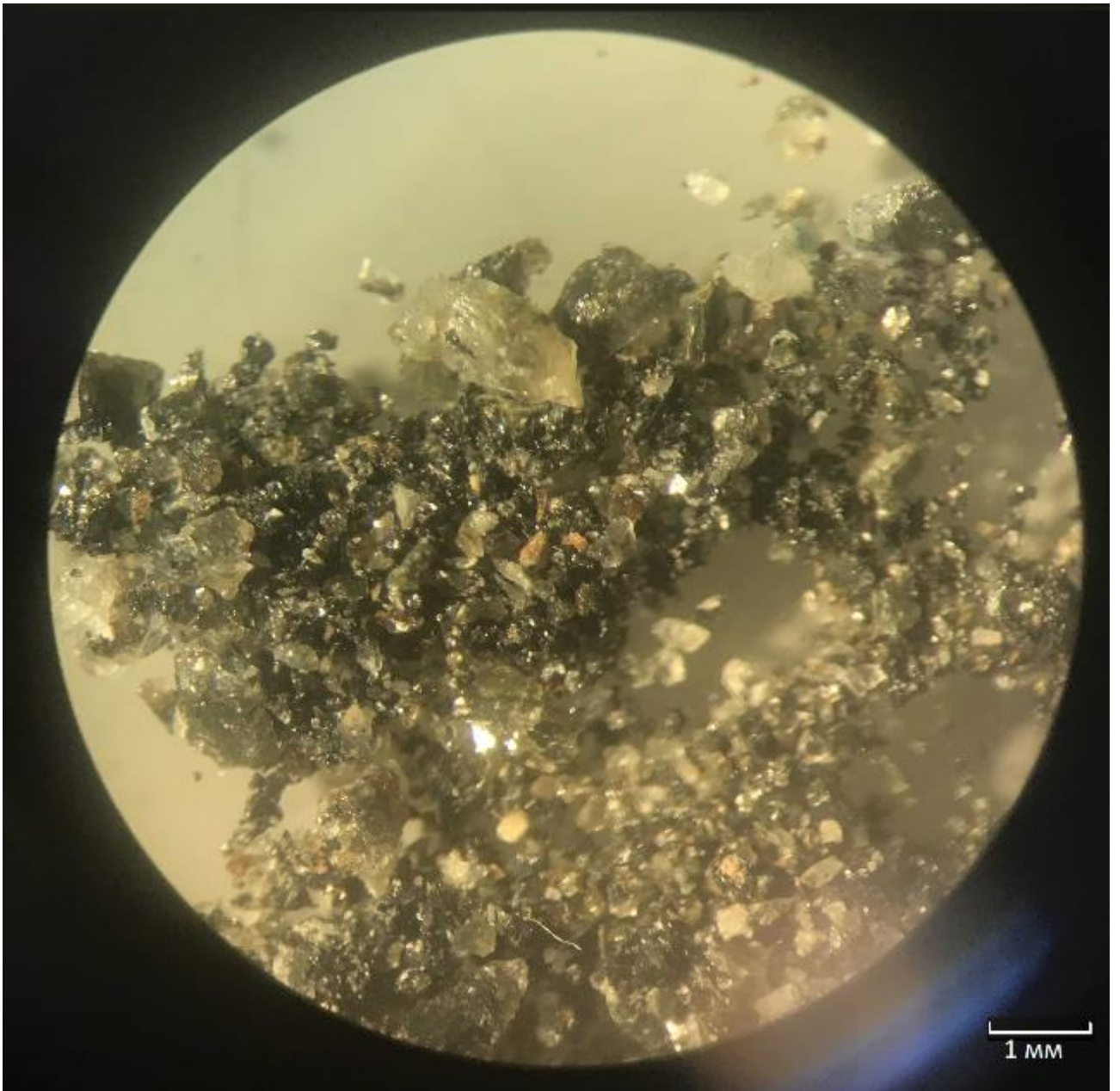


Рисунок 3.3.3.6. Магнитная фракция (оливиновое габбро, обломки после дробления).

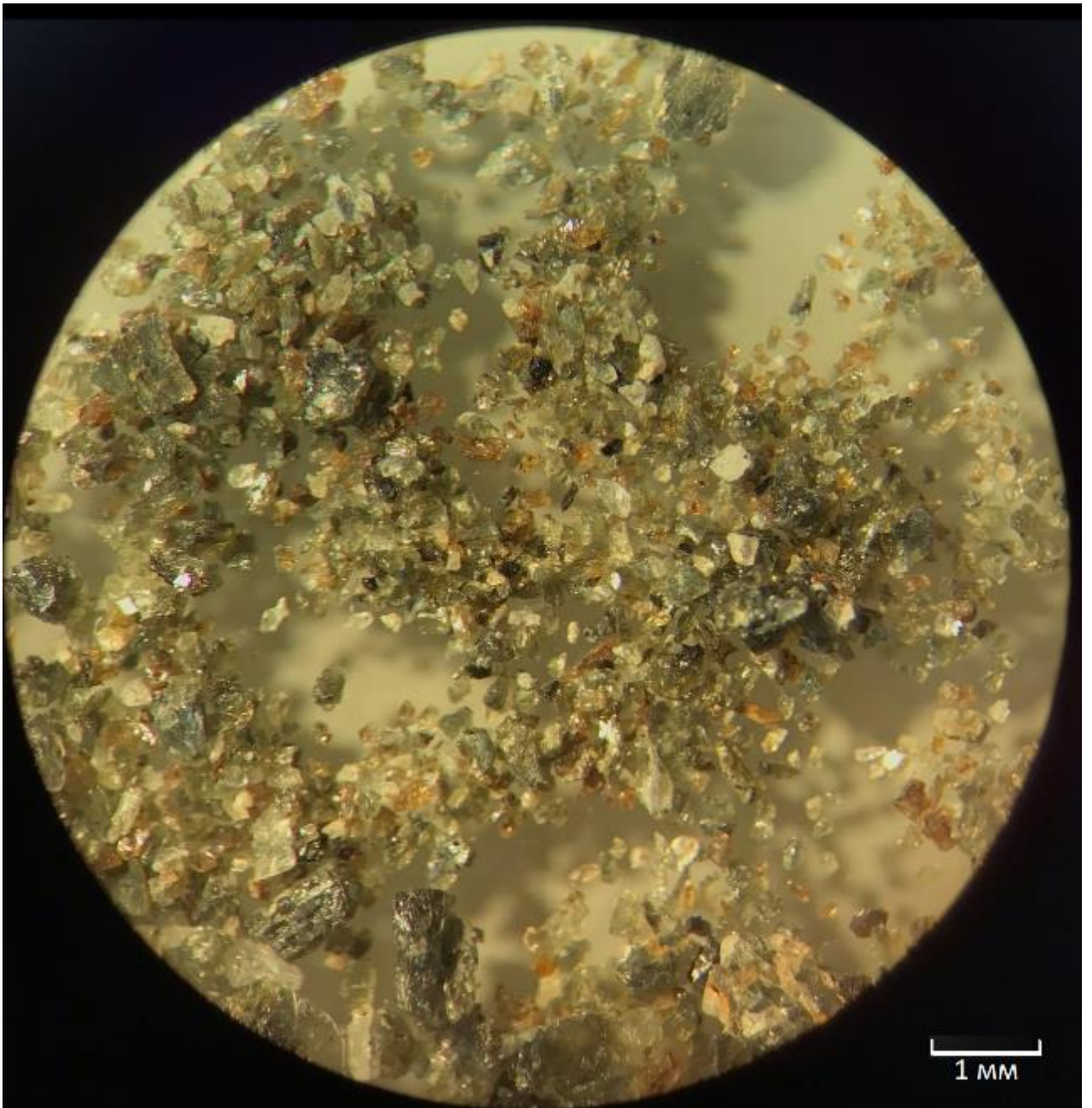


Рисунок 3.3.3.7. Парамагнитная фракция «ПМФ-4» (оливиновое габбро, обломки после дробления).



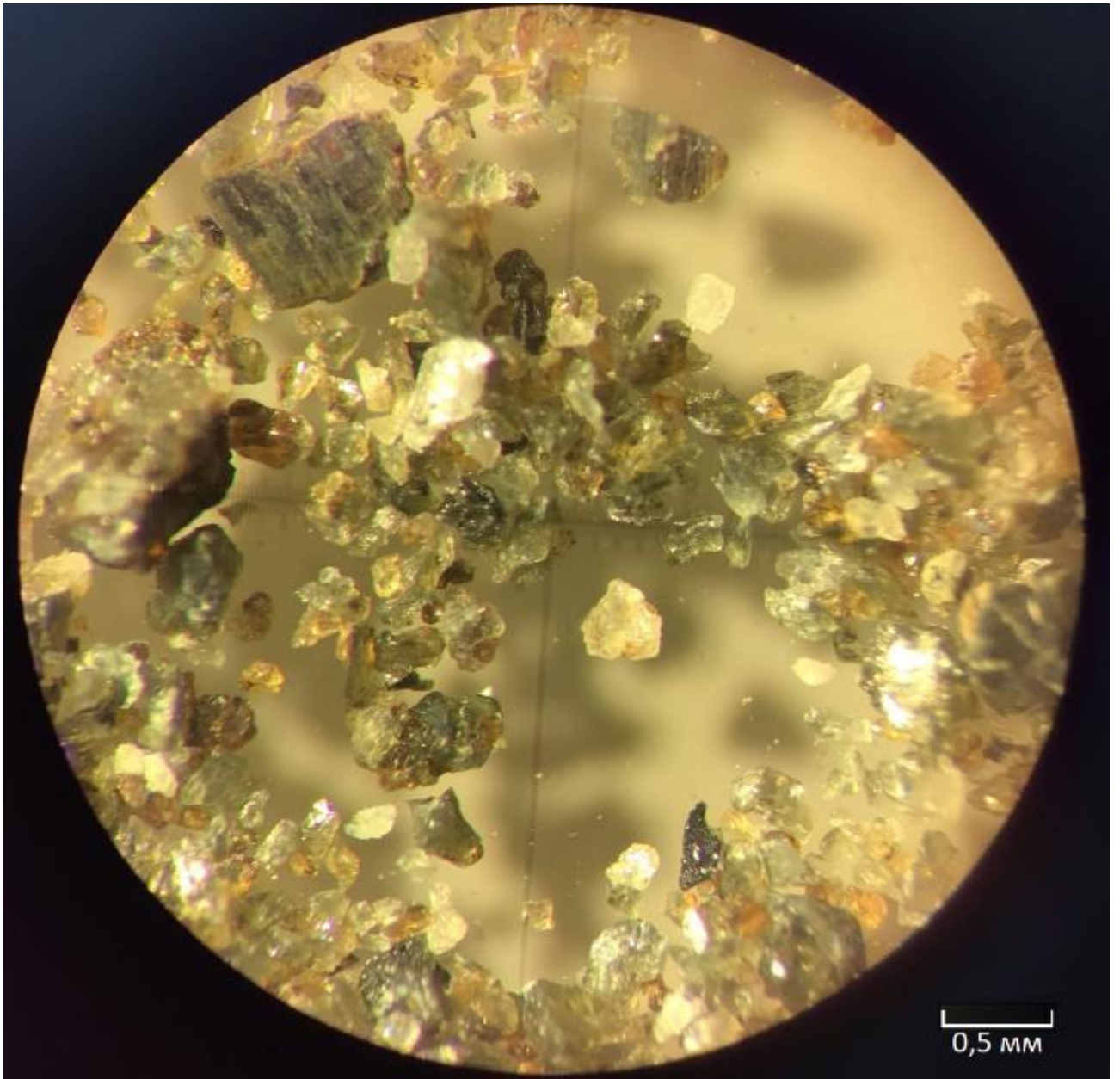


Рисунок 3.3.3.8. Парамагнитная фракция «ПМФ-4» (оливиновое габбро, обломки после дробления).

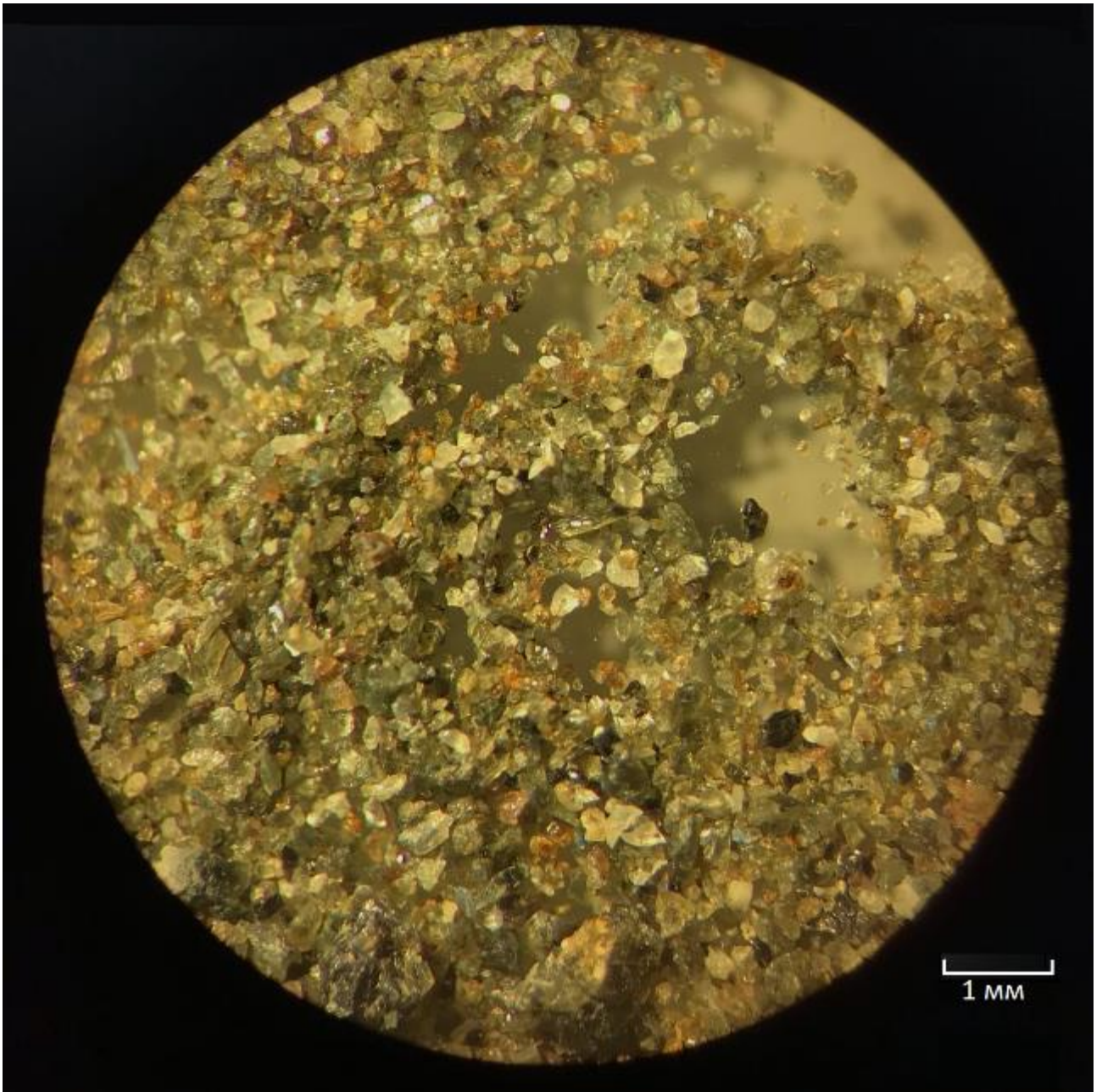


Рисунок 3.3.3.9. Парамагнитная фракция «ПМФ-10» (оливиновое габбро, обломки после дробления).

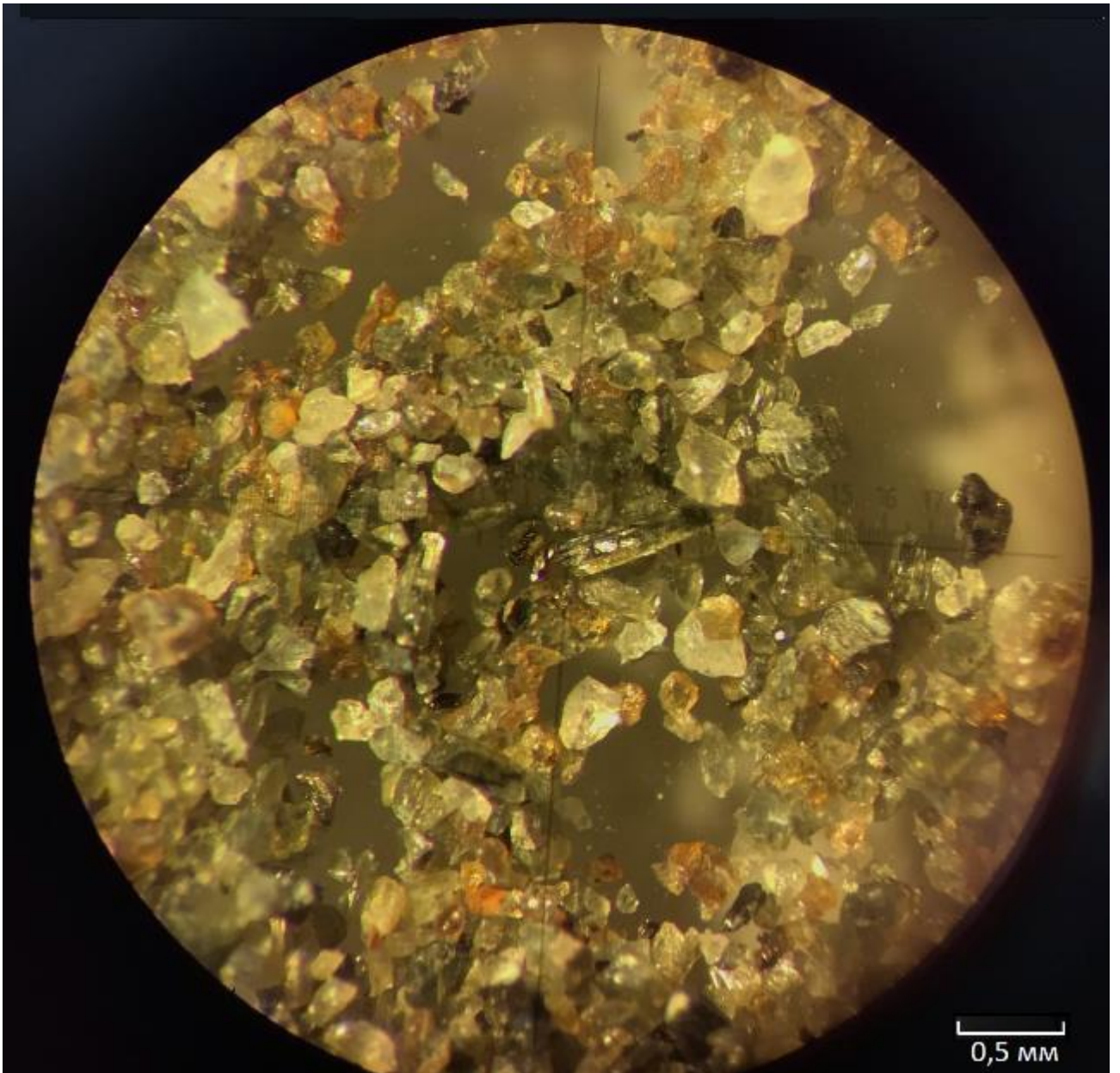


Рисунок 3.3.3.10. Парамагнитная фракция «ПМФ-10» (оливиновое габбро, обломки после дробления).

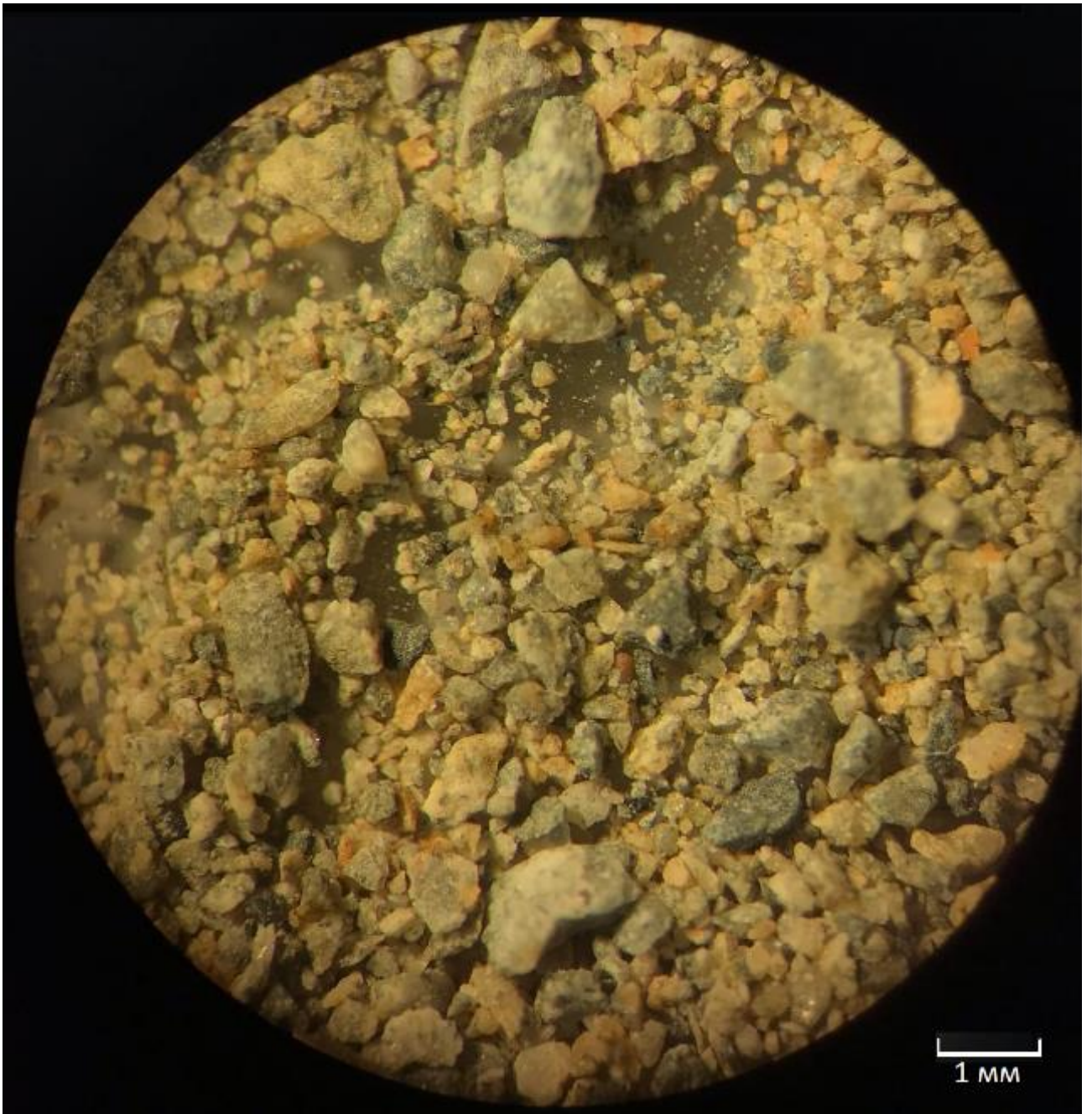


Рисунок 3.3.3.11. Парамагнитная фракция «ПМФ-4» (метавулканыты, обломки после дробления).



Рисунок 3.3.3.12. Парамагнитная фракция «ПМФ-4» (метавулканыты, обломки после дробления).

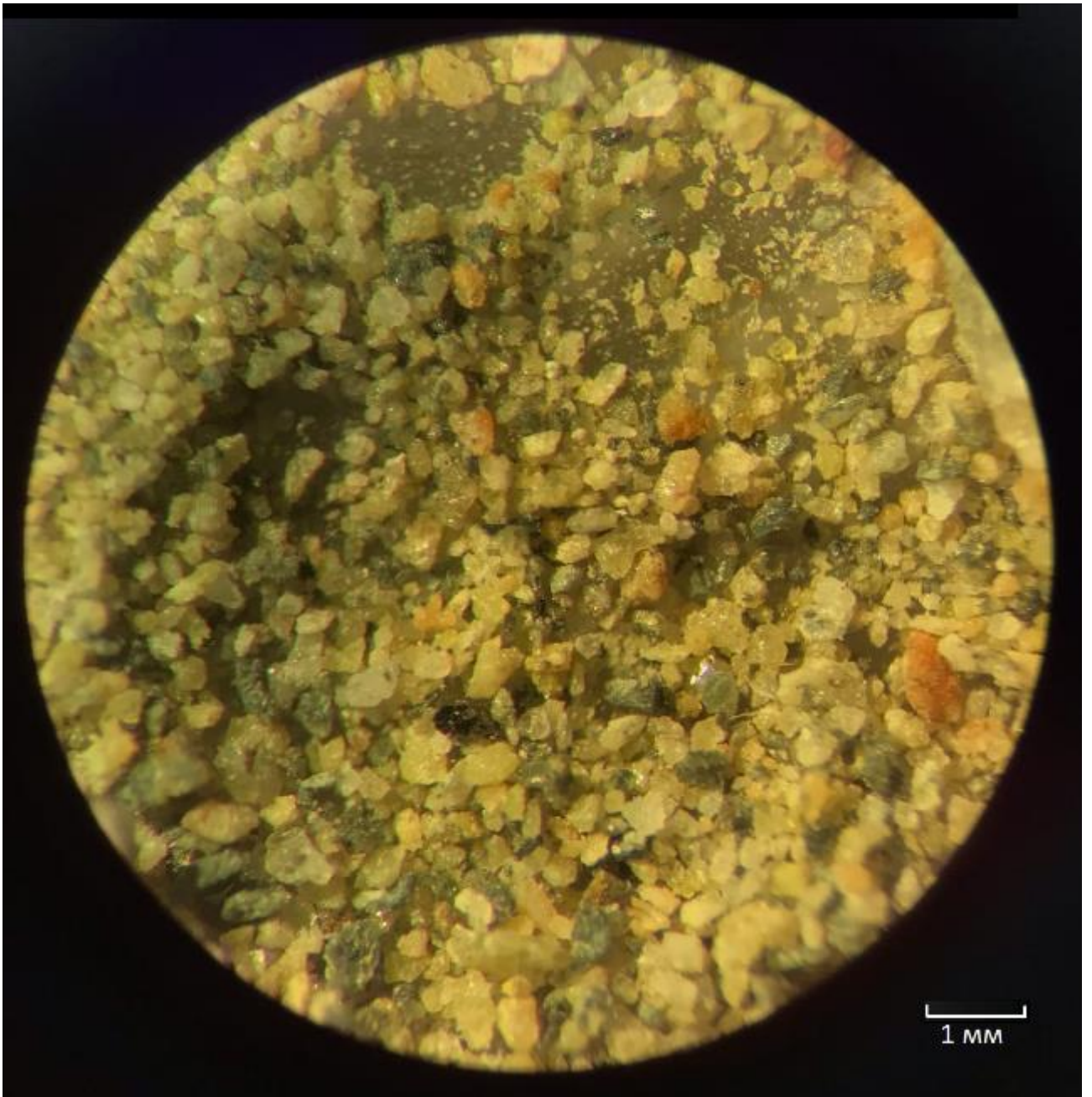


Рисунок 3.3.3.13. Парамагнитная фракция «ПМФ-10» (метавулканыты, обломки после дробления).



Рисунок 3.3.3.14. Немагнитная фракция (метавулканыты, обломки после дробления).

### 3.4. Морфология зёрен золота

Из немагнитной фракции шлиха из песков аллювия реки Генералка под биноклем было отобрано 56 зёрен золота. Они были изучены и сфотографированы под цифровым микроскопом. Описание морфологии зёрен и фотографии приведены ниже.

Средний размер зёрен составляет 0,6 мм при амплитуде 0,2 до 1,5 мм. Окатанность зёрен различна: наблюдаются как слабоокатанные, близкие к неокатанным, в которых сохраняются первичные ажурные формы, так и среднеокатанные частицы золота. Среди среднеокатанных встречаются зёрна с гладкой, как будто отполированной поверхностью.

По морфологии исследованные зёрна можно разделить на несколько групп. К первой группе были отнесены зёрна, имеющие прожилковую форму (рисунок 1, 2, 3). По толщине прожилки золота ( $<0,1$  мм) их следует относить к плёнкам. Коэффициент уплощённости (отношение толщины к максимально длинному направлению в зерне) варьирует в них от 1:10 до 1:25. Уплощённая форма зёрен может быть связана с первичным эндогенным образованием или уплощением в ходе переноса. Тем не менее, второй случай встречается значительно редко (Петровская ...). К тому же, некоторые другие особенности морфологии и рельефа могут говорить о прожилковой природе зёрен, а также в случае уплощения в ходе транспортировки следует ожидать большей окатанности деформированных зёрен. Контуры золотин неровные, волнистые, с угловатыми выступами. Для рассматриваемых зёрен

прожилкового золота характерен отчётливый рельеф поверхности. Он характеризуется порами, валиками и другими неровностями поверхности. По ряду причин предполагается, что большинство форм рельефа первичны – они образовались ещё при формировании золота в эндогенных условиях, а не в процессе переноса. Роль переноса в формировании рельефа зёрен заключалась, скорее, в сглаживании первичных форм, или полном их уничтожении – особенно это ярко проявлено на гладкой, будто отполированной поверхности некоторых зёрен (рисунок 4). На поверхности исследуемых золотинок широко представлены округлые отрицательные формы диаметром в среднем 40-50 микрометров (рисунок 1, 2, 3). Они могут иметь совершенно разные интерпретации. Это могут быть ямки – следы от ударов мелких песчинок о поверхность золота, могут быть «микрократеры» – образования, остающиеся после вскрытия газовых включений, близких к поверхности золота, или поры – оставшиеся полости после механического разрушения или выщелачивания находящихся в них когда-то минералов. Некоторые факты говорят в пользу того, что происхождение большинства таких углублений соответствует последней версии. Наиболее веское обоснование – наличие углублений схожих размеров и конфигурации, но с сохранившимся в них кварцем. (рисунок 2, 3). Другие отрицательные формы рельефа неясной конфигурации могут быть также объяснены выступами вмещающих прожилки минералов. Среди положительных форм рельефа на некоторых зёрнах могут быть замечены валики – вытянутые тонкие удлинённые возвышенности (рисунок 5). Согласно литературе (Петровская...) такие образования часто связаны с пересечением прожилок другими трещинами. Золото при образовании по трещине частично попадает и в субперпендикулярные ей другие трещины, таким образом на прожилках золота возникают такие положительные формы.

К другой, не менее многочисленной группе, были отнесены комковидные золотины. (рисунок 6, 7). Эти формы характеризуются утолщенной центральной частью и ответвлениями или угловатыми выступами по краям. Их генезис связан с более слабым, в отличие от прожилковых форм, развитием вмещающих трещин – локальным растрескиванием в вмещающих золото минералах. Рельеф в целом схож с рельефом прожилковых форм – поверхность комков также характеризуется пористостью и другими неровностями, что, в свою очередь, определяется морфологией вмещающего пространства. Таким образом, пористость характерна для большинства зёрен золота, в некоторых случаях она развита настолько сильно, что образуют губчатое золото (рисунок 8).

Реже встречаются вытянутые палочковидные зёрна (рисунок 9). Их длина в среднем – 1 мм, а коэффициент удлинения – 1:5. Вытянутые золотины могут формироваться разными путями – при образовании удлинённых кристаллов, при разрушении дендритов с сохранением лишь их стержня, в связи с деформациями при переносе речным потоком.

Наблюдаются и изометрические округлые зёрна (рисунок 10), обычно уступающие по размерам всем вышерассмотренным. Их средний диаметр 200-300 микрометров. Предполагается, что они были образованы при более интенсивном окатывании комковидных золотинок.

Исходя из преобладания прожилковых и комковидных форм золота, а также присутствия на золотишках и в их порах кварца, можно предположить, что золото связано с мелкими трещинками в кварцевых прожилках. Исходя из степени окатанности и сохранности рельефа и сростков золота с другими минералами, транспорт был произведён на небольшое расстояние.



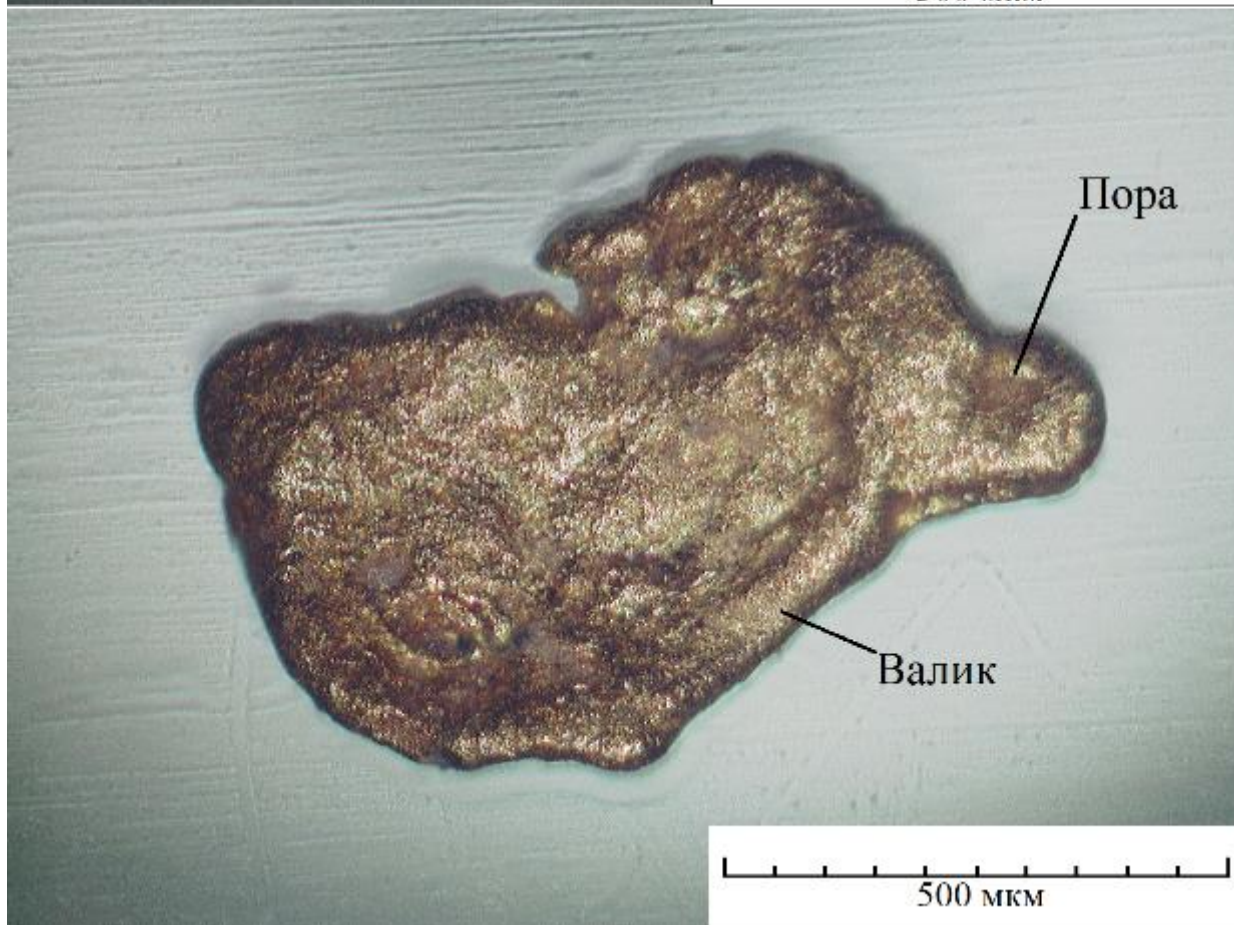
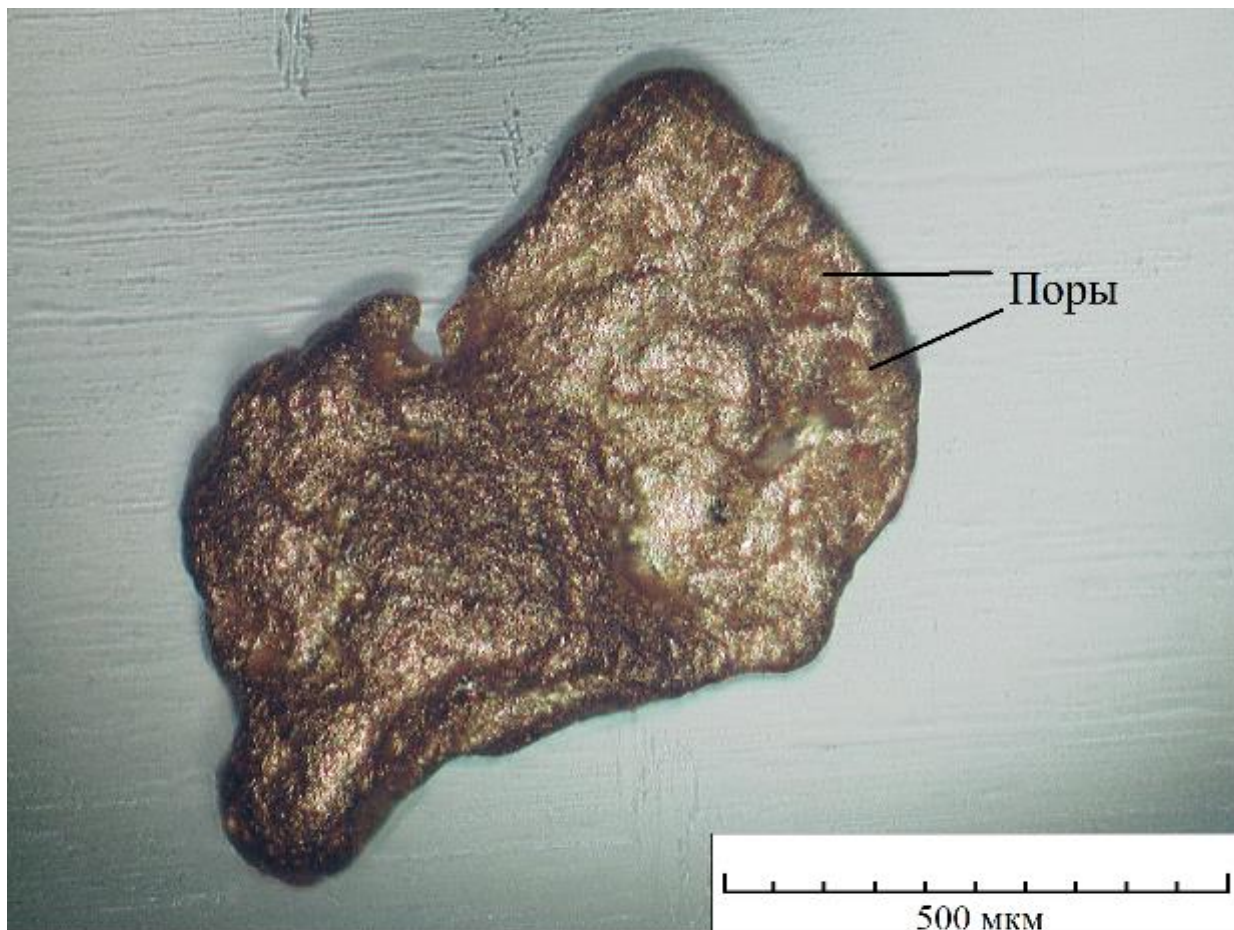


Рисунок 3.4.1. Прожилковое золото. На рисунке две стороны одного зёрна.

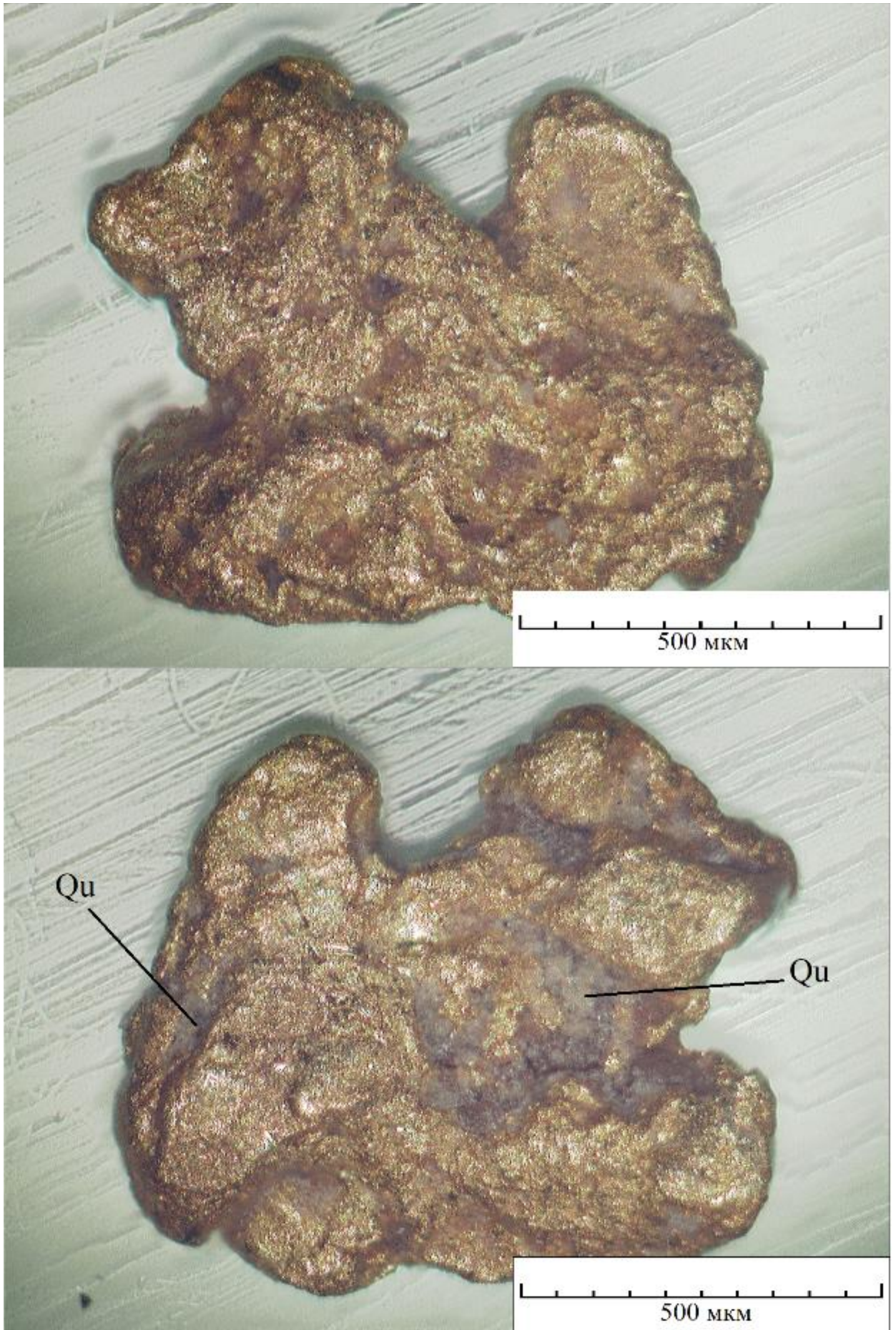


Рисунок 3.4.2. Прожилковое золото. Поры заполнены кварцем. На рисунке две стороны одного зерна.



Рисунок 3.4.3. Прожилковое золото. Поры заполнены кварцем. На рисунке две стороны одного зерна.

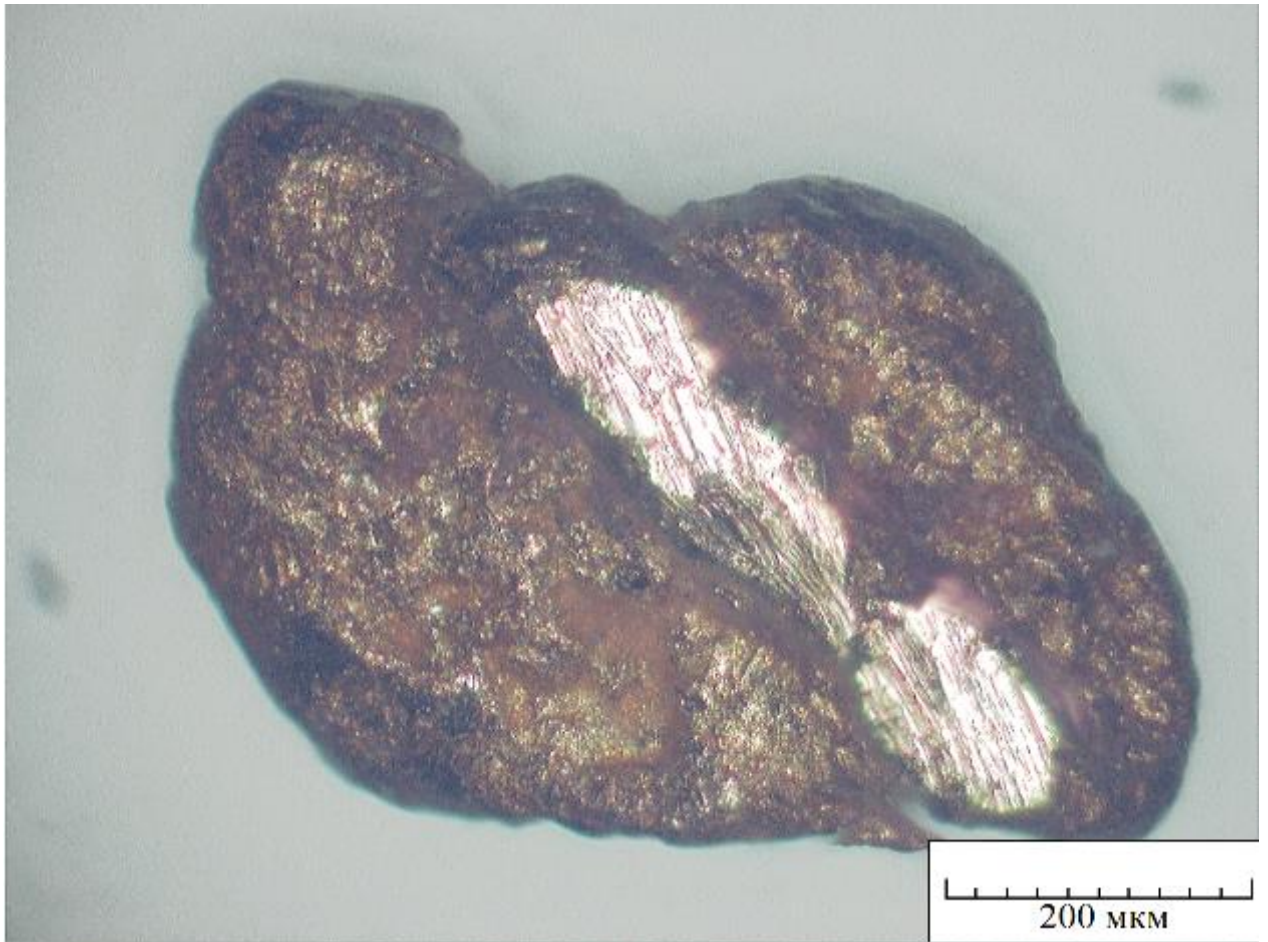


Рисунок 3.4.4. Гладкие, как отполированные зёрна. На рисунке 2 разных зерна.

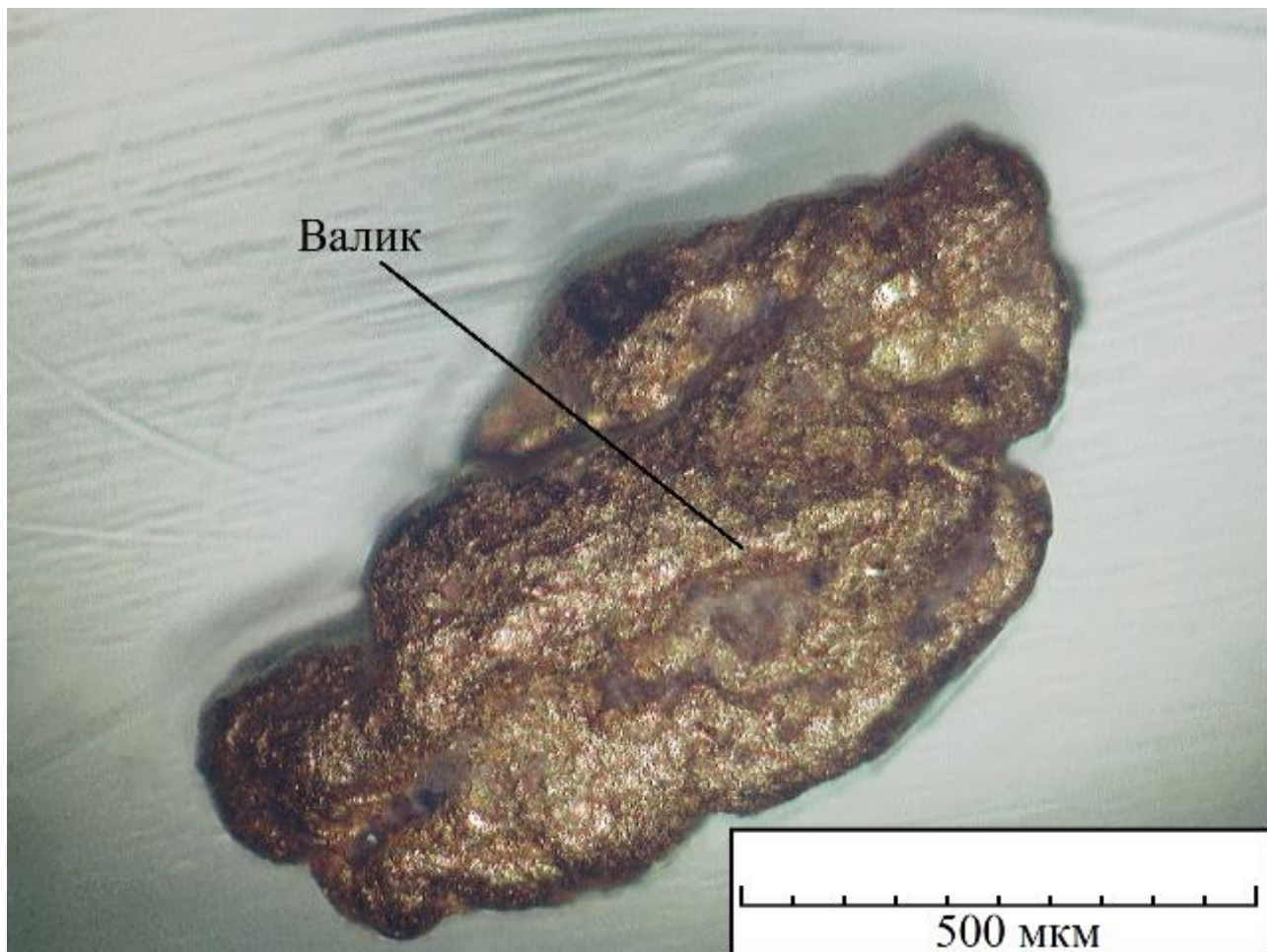


Рисунок 3.4.5. Пример валика на зерне золота.

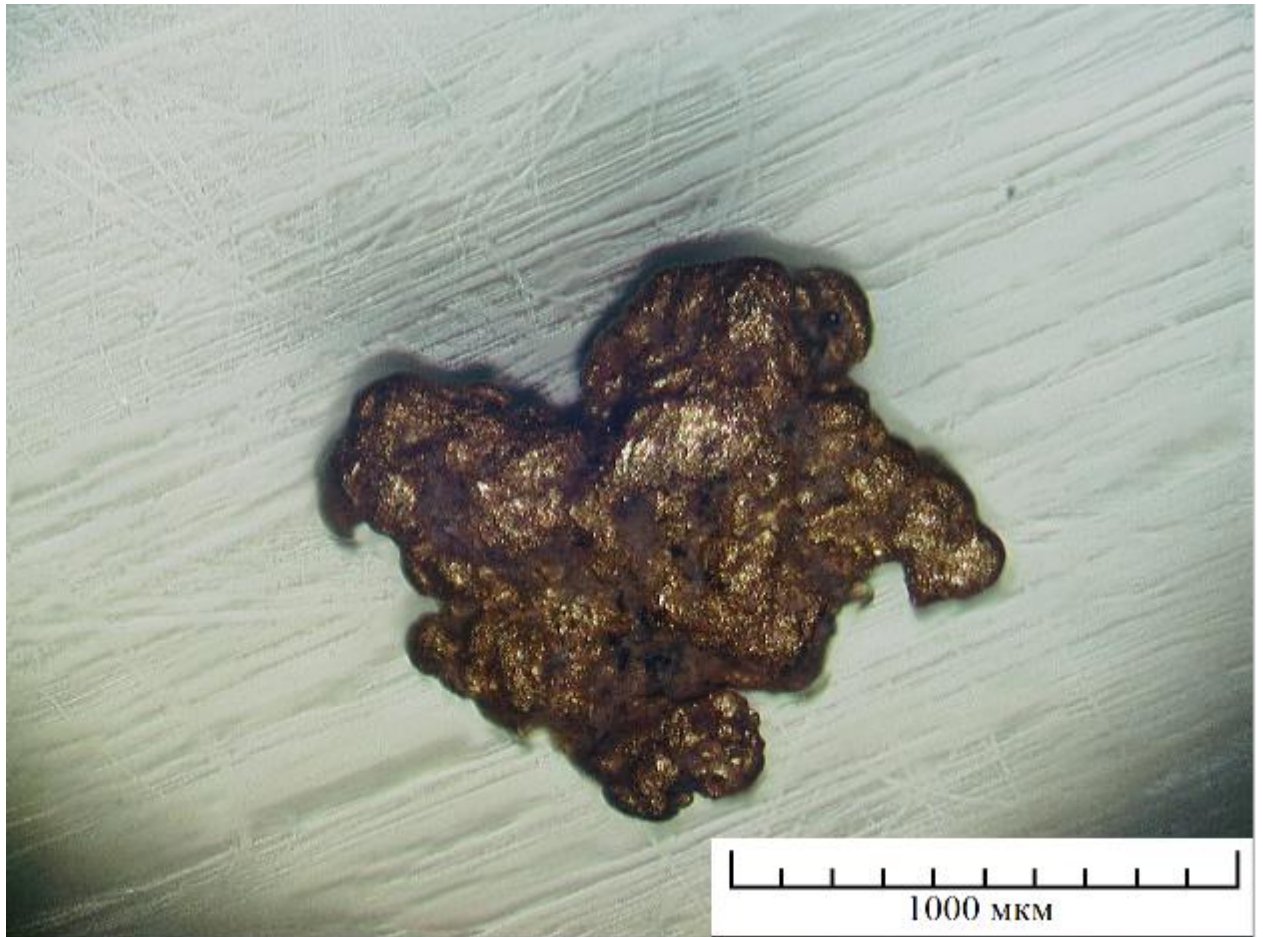


Рисунок 3.4.6. Комковидное золото. На рисунке две стороны одного зерна.

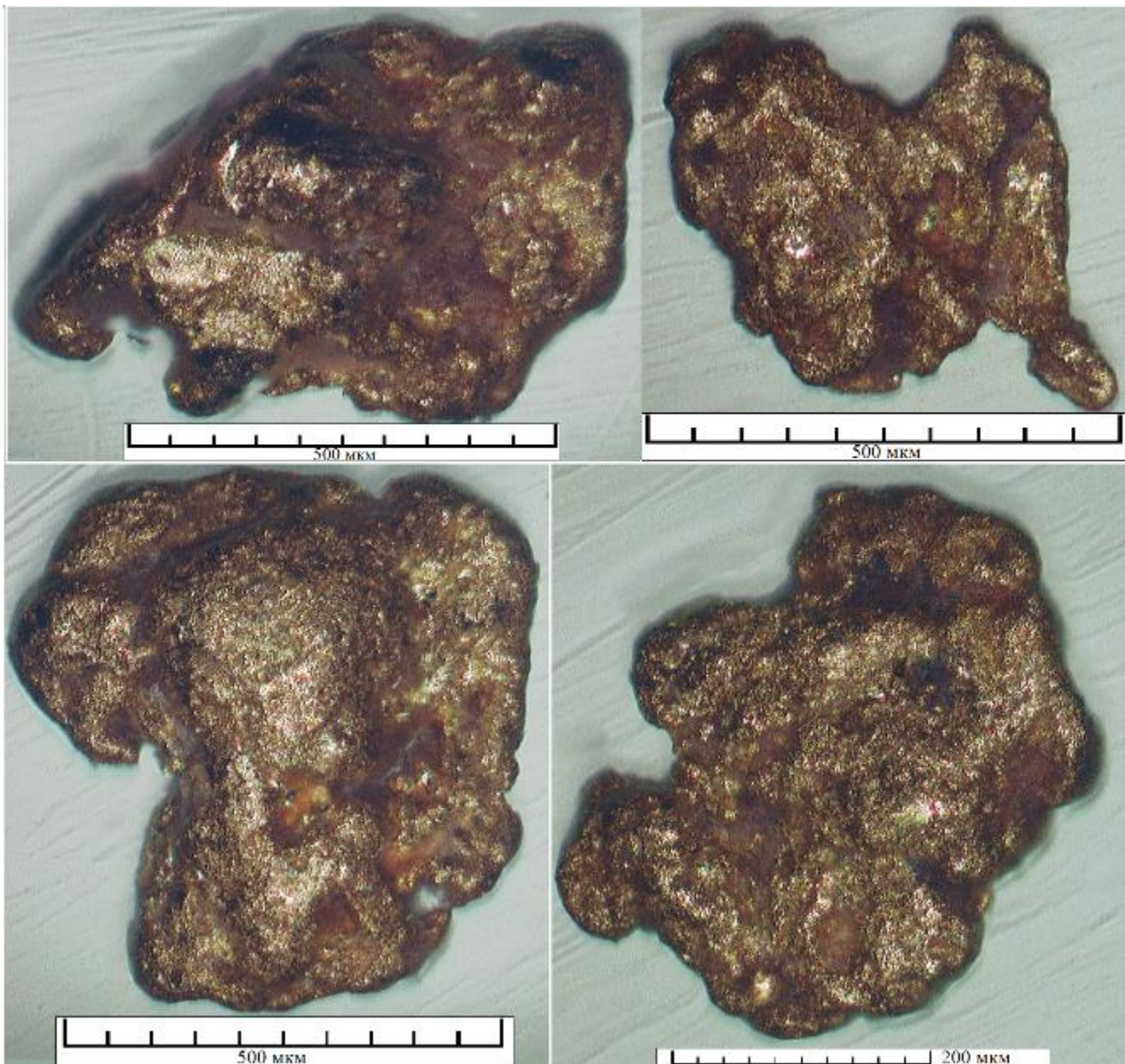


Рисунок 3.4.7. Комковидное золото. На рисунке 4 разных зерна.

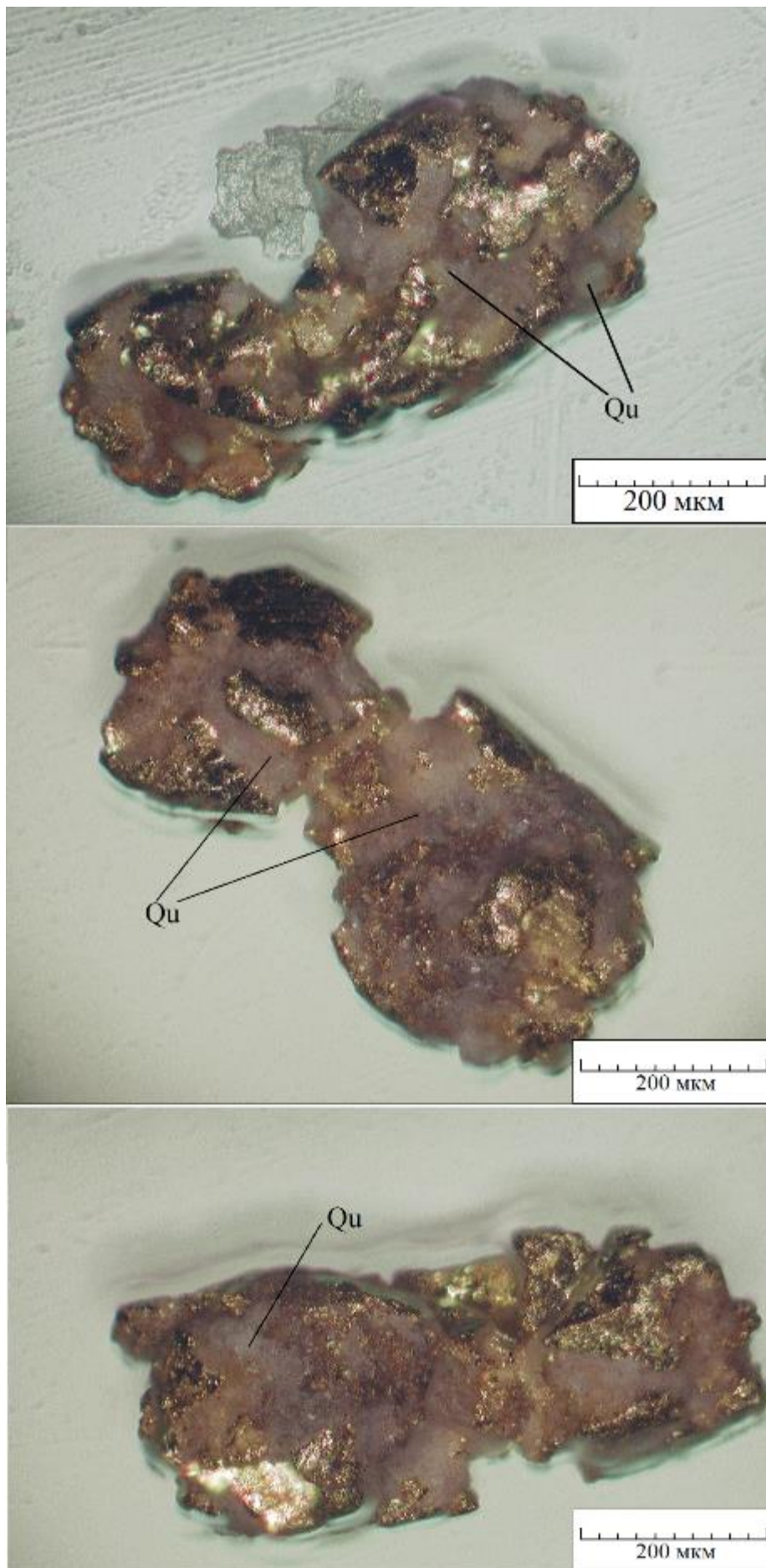


Рисунок 3.4.8. Губчатое золото. На рисунке 1 зерно с разных ракурсов.



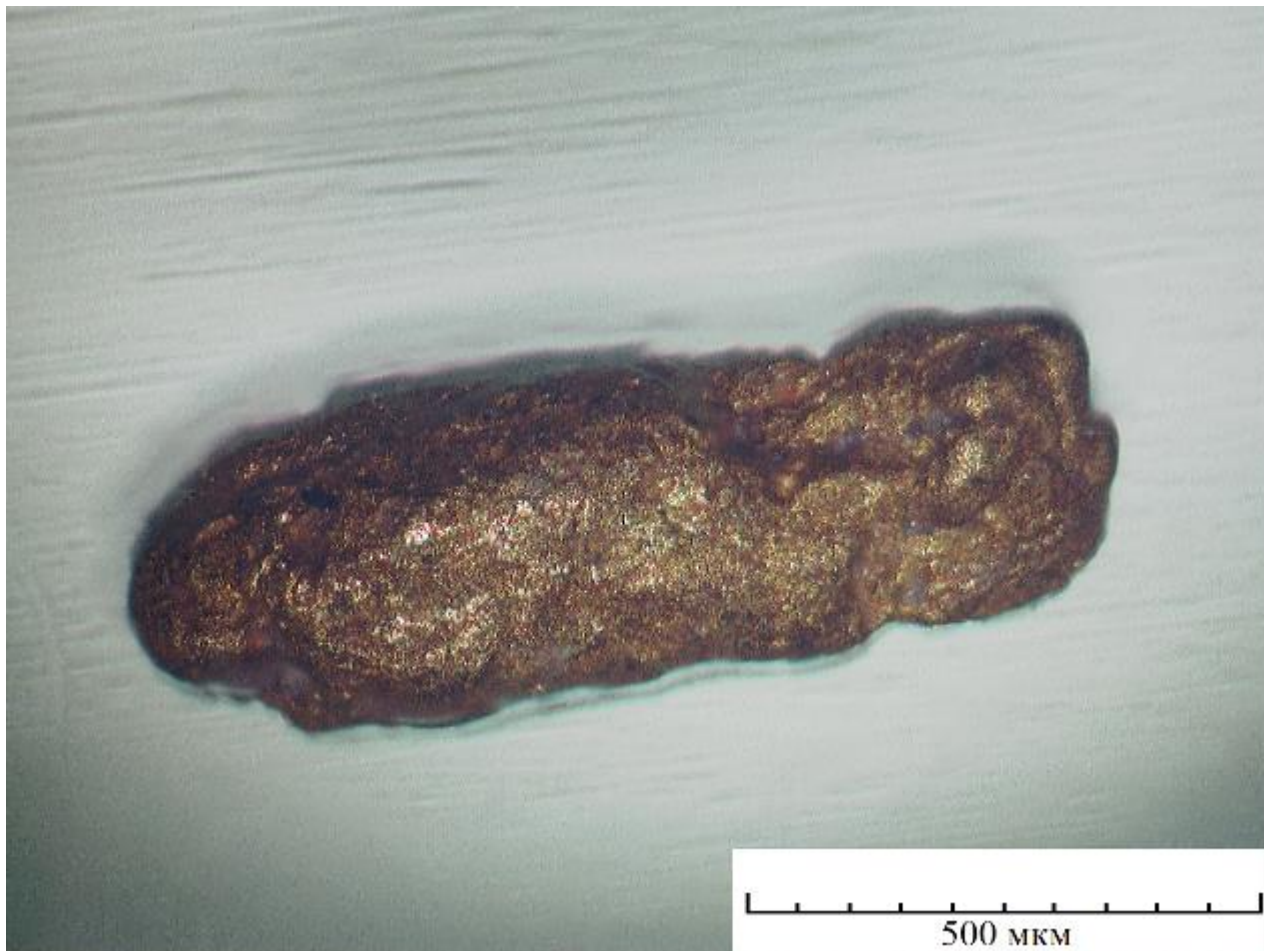


Рисунок 3.4.9. Палочковидное золото. На рисунке 2 разных зерна.

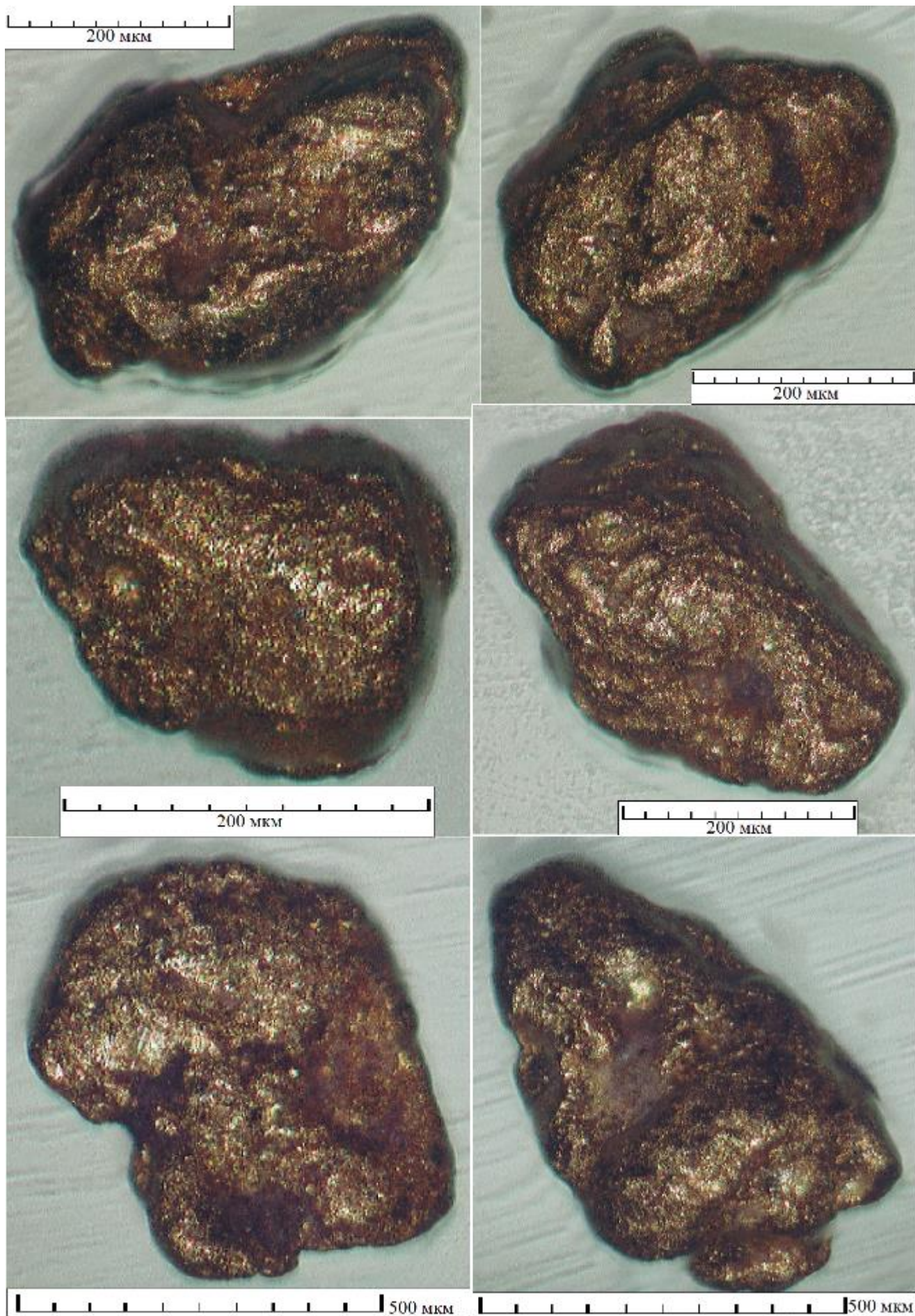


Рисунок 3.4.10. Окатанные округлые зёрна. На рисунке 6 разных зёрен.

### 3.5. Состав золота

После изучения морфологии зёрен и их фотографирования, они были дважды исследованы с помощью рентгеноспектрального микроанализа (рисунок 1). При первом рентгеноспектральном микроанализе изучались целые зёрна золота, прикреплённые к углеродному скотчу (рисунок 1 а-е). Таким образом, был изучен состав поверхности зёрен, а также получены их электронные изображения. Далее эти зёрна были распилены и из них было изготовлено 2 аншлифа, которые были также исследованы с помощью рентгеноспектрального микроанализа (рисунок 1 ж-м). В этом случае был получен внутренний состав золота, состав включений, а электронные изображения дали «карту» распределения пробы золота внутри зерна.

#### 3.5.1. Вещественный состав поверхности зёрен

Золото в большинстве анализируемых точек обладает пробой 1000. Это, скорее, связано, с выщелачиванием Ag с поверхности зёрен золота в экзогенных условиях россыпей. В нескольких точках было обнаружено золото с примесями меди (1%), железа (3%), хлора (1%), серебра (1%).

На электронных изображениях на поверхности зёрен можно заметить множество тёмных пятен. Это связано с присутствием других минеральных фаз. Как известно, на электронном изображении светлую окраску имеет более плотное вещество, тёмную - менее. Золото с плотностью 19,32 г/см<sup>3</sup> будет всегда контрастировать с другими минералами. При анализе состава выяснилось, что на поверхности зёрен самыми распространёнными оказались глинистые минералы. Не менее часто встречались гидроксиды железа (рисунок 1 д). Среди других минералов на поверхности золота был выявлен альбит (рисунок 1 а), эпидот (рисунок 1 е), кварц (рисунок 1 б), ильменит.

#### 3.5.2. Вещественный состав внутренней части зёрен

При анализе состава золота внутри зёрен были получены значительно более низкие значения пробы, чем в результате вещественного анализа зёрен с поверхности. Кроме этого, на электронных изображениях разрезов зёрен видно, что проба резко повышается в краевых частях. Это, как было упомянуто выше, связано с выщелачиванием серебра с поверхности зёрен уже в процессе формирования россыпи. Таким образом, только ядра зёрен могут говорить о первоначальной пробе, которая соответствует пробе золота в коренном источнике. Была получена проба золота в ядрах 50 зёрен. В ходе обработки данных выяснилось, что вариативность пробы в ядрах (без учёта обогащённых кайм) широко варьирует от 620 до 890 и, при этом, имеет выраженное бимодальное распределение (рисунок 2).

Химические примеси в золоте в подавляющем большинстве случаев представлены серебром. Тем не менее, в некоторых зёрнах золота, как в обогащённых каймах, так и в ядрах, имеются химические примеси Cu (в среднем 0,8%) и Pd (в среднем 0,6%). Химических примесей в золоте других элементов обнаружено не было. Довольно часто встречаются механические примеси – другие минеральные фазы внутри зёрен золота. Глинистые

минералы из них встречаются наиболее часто и присутствуют практически на каждом зерне. Они представлены иллитом, каолинитом, монтмориллонитом. Они присутствуют по краям разрезов зёрен золота, как бы облепляя их. Глинистые минералы, находящиеся, судя по электронным изображениям, внутри зёрен золота, вероятнее всего были на поверхности зерна в его углублении, которое при срезе плоскостью аншлифа приняло вид внутризернового пространства. В глинистых минералах, по данным анализа, сорбированы Pd (до 0,04%), V (до 0,3%), Cr (до 0,2%), Ti (до 1,6%), Cl (до 1,3%), Cu (до 0,14%).

Помимо глинистых минералов при анализе аншлифов часто встречался кварц. Подавляющее большинство минералов кварца локализуется внутри зёрен золота, имеет округлую изометрическую форму, реже овальную. Средний диаметр включений кварца – 30 мкм. Наиболее крупное овальное включение имеет размеры 50 на 120 мкм (рисунок 1 з, к, м). В некоторых включениях кварца обнаружены химические примеси Pd (до 0,05%), Cu (до 0,05%).

Плагиоклазы представлены включениями разной формы и размеров (рисунок 1 и, м). Они могут быть изометрическими, вытянутыми, округлыми и почти прямоугольными. Их размер колеблется от нескольких до 100 мкм. Они представлены как включениями в золоте, так и минералами, наполовину включенными в него – законсервирован момент обрастания кристаллизующимся золотом ранее образованного плагиоклаза. В некоторых плагиоклазах обнаружена химическая примесь Cu (0,05%), Mn (до 0,38%), Mg (0,62%).

Включения кальцита имеют размер 10-30 мкм (рисунок 1 л). Они имеют изометрическую круглую и вытянутую форму.

В разных зёрнах золота также были замечены два включения пирита и два включения халькопирита (рисунок 1 к, л). Они имеют изометрическую форму и размеры 10-30 мкм. В одном из двух обнаруженных включений пирита выявлена химическая примесь серебра (3,7%) и золота (0,17%), в одном халькопирите обнаружена примесь серебра (0,09%).

Было выявлено два включения титанита 10 и 20 мкм (рисунок 1 и). Во втором имеется химическая примесь Cl (0,3%) и Cu (0,08%).

В одном из зёрен золота найдено включение F-апатита размером 10 мкм (рисунок 1 и).

Также в ходе анализа были обнаружены достаточно редкие минералы. Hg и Te – частые спутники золота - не были выявлены в нём в качестве химических примесей, однако имеют здесь свои собственные минеральные фазы. В одном зерне был найден колорадоит HgTe размером около 10 мкм (рисунок 1 ж). Минерал петцит ( $Ag_3AuTe$ ) и гессит ( $Ag_2Te$ ) были обнаружены внутри одного зерна рядом друг с другом (рисунок 1 з). Их размеры также не превышают 10 мкм. В петците присутствует примесь Pd (0,3%), в гессите – Cu (0,4%).

Таким образом, кварц, плагиоклаз, кальцит, пирит, халькопирит, титанит, апатит – пойкилитовые включения, попавшие в золото в результате его более поздней кристаллизации. Колорадоит, петцит и гессит, тем не менее, могли образоваться и позже золота, вобрав в себя Hg, Te, Ag, находящихся до этого в золоте в качестве химических примесей, т.е. данные минералы могут быть метакристаллами. Тем не менее, это лишь одно из предположений.

Теперь стоит вернуться к распределению пробы золота в ядрах различных зёрен. Состав золота в ядрах зёрен, в отличие от краевых частей, слабо изменяется при переносе, и таким образом, по нему можно судить о коренном источнике. Большая амплитуда значений

пробы разных зёрен определяется исследователями как признак разного источника сноса или типа оруденения. В нашем случае проба золота в ядрах меняется от 620 до 890, что считается достаточно большой изменчивостью. Предположение о разных источниках усиливается отчетливым бимодальным распределением значений проб (рисунок 2). Рассмотрим две группы зёрен по значению пробы. Первая вмещает низкопробное золото (620-740), вторая – высокопробное (820-890). Группы имеют некоторое различие по химическим и механическим примесям (таблица 1). Высокопробное золото содержит кальцит, плагиоклаз, пирит, халькопирит, а низкой – более редкие минералы Те и Нг: колорадоит, петцит и гессит. Апатит содержится в зерне, не отнесённому ни к какой из групп (проба 770-780) (рисунок 1и), один минерал титанита содержится в этом же зерне, другой в зерне с высокой пробой (870). В низкопробном золоте также средняя содержание химической примеси Рd выше на 0,2%. Эти примеси также дают некоторую информацию о природе источника, а их различия в разных группах по пробе являются дополнительным аргументом в пользу разных коренных источников зёрен.

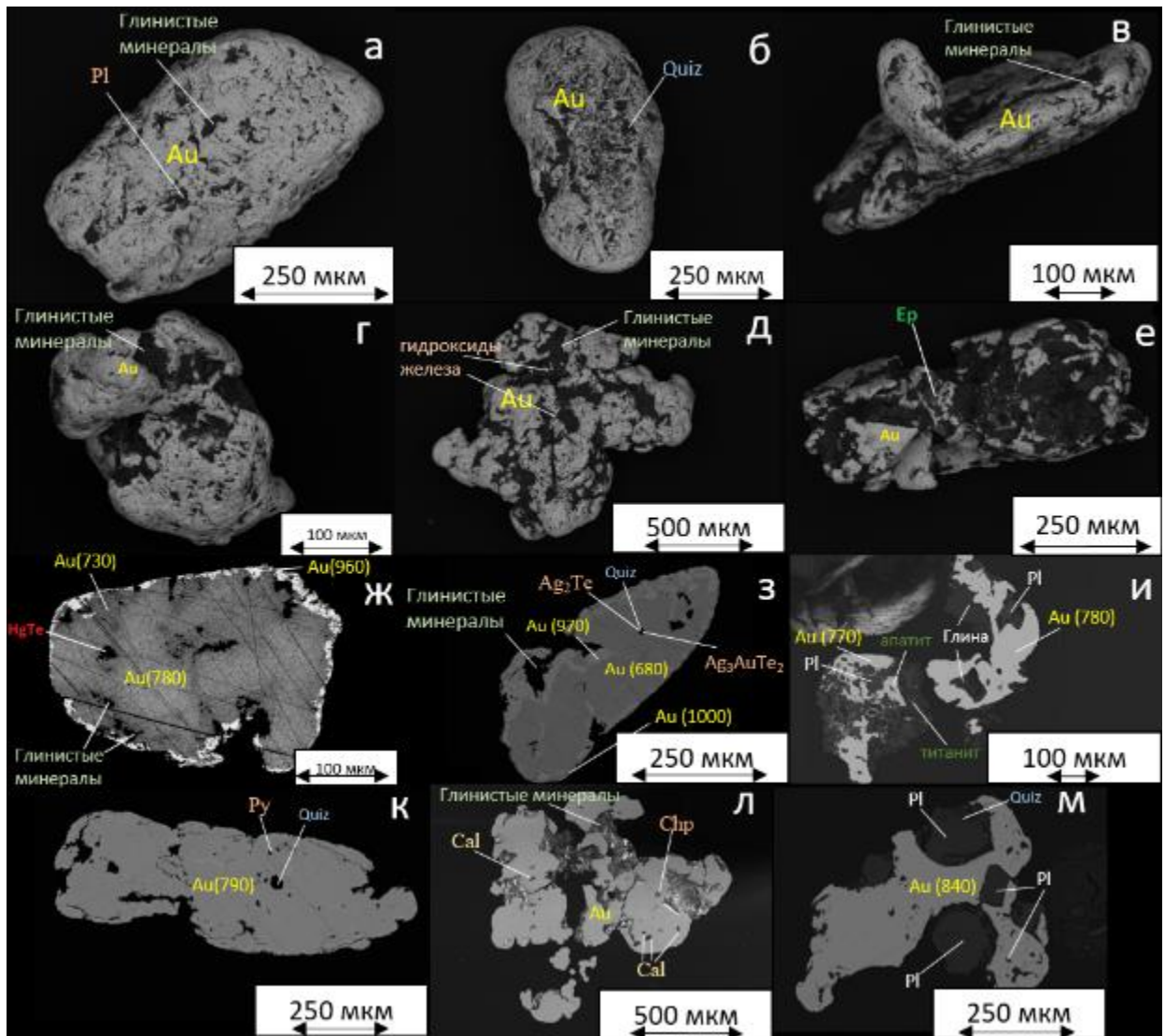


Рисунок 3.5.1. Морфология и состав зёрен самородного золота р. Генералка. Изображения BSE.

а-е – анализ зёрен, ж – м – анализ распиленных зёрен в аншлифах.



Рисунок 3.5.2. Распределение пробы золота в ядрах разных зёрен

Признаки	Высокопробное (27 зёрен)	Низкопробное (13 зёрен)
Средняя пробность	863	690
Вариация пробности	820 - 890	620 - 740
Cu (сред.)	0,8%	0,8%
Pd (сред.)	0,5%	0,7%
Включения	pyr, pl, ap, cal, chr, sph	колорадоит, гессит, петцит

Таблица 1 Сравнение высокопробного и низкопробного золота.

#### 4. ОБСУЖДЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ И ВЫВОДЫ

В данной главе, после анализа литературы, обзора общей геологии и коренного золота интересующей нас территории, особенностей эволюции речной сети и россыпеобразования региона, исследования петрографического и рудного состава крупной фракции аллювия, проведения шлихового анализа песков аллювия, анализа морфологии зёрен золота и их вещественного состава, можно сделать некоторые прогнозы коренного источника золота реки Генеральская.

Перед этим стоит обобщить некоторые факты, полученные в ходе работы:

1. Согласно исследованию морфологии зёрен, большинство из них среднеокатанные или даже слабо окатанные. По данным рентгеноспектрального микроанализа, на поверхности зёрен золота сохраняются гидроксиды железа, кварц, а также такие неустойчивые на поверхности минералы, как плагиоклаз и эпидот. С другой стороны, имеются хорошо окатанные и полированные зёрна.

В одной из зарубежных работ [10] были обобщены данные состояния зёрен золота в россыпях (окатанность, сохранение других минералов в составе зерна, полированность поверхности, наличие следов ударов и другие признаки) при разном удалении от заведомо известного коренного источника и при разном климате. На основе этих статистических данных, исследуемые нами зёрна должны были быть подвергнуты транспортировке не более чем на 1 км, скорее, в пределах первых сотен метров. При более дальнем перемещении зёрна золота освобождаются от гидроксидов железа, кварца и сросшихся с ними других минералов. Таким образом, коренной источник для этих зёрен должен находиться в непосредственной близости от места залегания россыпи.

Хорошо окатанные и полированные зёрна, по статистическим данным [10] должны быть транспортированы как минимум более чем на километр и могут преодолевать значительные расстояния.

2. При анализе состава ядер различных зёрен золота был выявлен большой разброс пробы золота, что часто принимается многими исследователями за признак разных коренных источников зёрен (или один источник при разном типе оруденения) [9]. При статистической обработке результатов было выявлено бимодальное распределение пробы в ядрах зёрен (рисунок). После деления зёрен на две группы по значению пробы золота (первая - низкопробная (620-740), вторая – высокопробная (820-890) были замечены различия в составе химических и механических примесей для этих двух групп [таблица 1].

Первые два пункта наталкивают на предположении о наличии двух коренных источников.

3. Замечено также, что очертания зёрен в аншлифах в целом более округлые и менее ажурные у низкопробного золота. В зёрнах высокопробного золота же наблюдаются относительно крупные минералы плагиоклаза, которые находятся во внешней части зерна (Рисунок 1 м).

Это может наводить на мысль, что высокопробное золото испытало менее дальний перенос.

4. При описании морфологии зёрен и изучения их состава было замечено, что значительная часть золота представлена прожилками (конкретнее - плёнками), а в углублениях зёрен золота находится кварц.

5. При изучении шлифов пород мариинского комплекса, были выявлены многочисленные эпидотовые и кварцевые прожилки. С прожилками была связана рудная минерализация.

6. Исходя из литературных данных, вокруг плагиогранитов кривинского комплекса в пределах мариинской свиты развиваются ореолы кварцевых жил и прожилков, с которыми связано золотооруденение аляскинского типа.

Исходя из фактов 4, 5 и 6 можно сделать вывод, что прожилковое плёночное золото россыпи могло изначально локализоваться в кварцевых прожилках мариинского комплекса, слагающего плотик россыпи и некоторые горизонты аллювия. Кварцевые жилы и прожилки в породах мариинского комплекса здесь могут быть связаны с плагиогранитами кривинского комплекса, слагающие г. Генеральскую. Если при этом учесть, что это наиболее близкий источник возможного коренного оруденения золота, то можно предположить, что это коренной источник для плохо окатанного с сохранившимися на поверхности неустойчивыми минералами высокопробное золото. К тому же, выявленные при рентгеноспектральном микроанализе минералы-включения в высокопробном золоте (кварц, плагиоклаз, халькопирит, пирит, титанит и другие) совпадают с выявленными минералами в мариинском комплексе при анализе петрографических шлифов и рудных аншлифов (титанит не был найден в шлифах, но он характерен для метавулканитов мариинского комплекса согласно литературным данным [5]).

Самый сложный вопрос, который остаётся решить – коренной источник низкопробного золота. Несмотря на то, что данное золото, как было определено выше, характеризуется более дальним переносом, чем высокопробное, установленные в начале работы границы



«интересующей территории» – 20 км, для него тоже остаются актуальными. Несмотря на большую окатанность, низкопробное золото всё же сохраняет определённые первичные черты и не может характеризоваться настолько дальним переносом. Если вспомнить раздел работы 1.3, кроме кварцевых прожилков в мариинском комплексе, золотооруденение в пределах интересующей нас территории связано с пунктами минерализации Нясьминский, Берёзовый, Матюшин Увал (связанные с Платиноносным поясом, баронский и волковский типы), а также рудопроявлением Гарниковское (колчеданные руды островодужных образований павдинской свиты), пунктом минерализации Нясьминский Рудник и рудопроявлением Нясьминское (образования дискуссионной формации, локализованные в породах павдинской свиты). Последние 3 варианта сомнительны. Проблема заключается в том, что восточная часть территории, представленная островодужными образованиями кабанской, павдинской и именовской свит характеризуется пониженным рельефом. Как было упомянуто, в прошлом течение многих рек характеризовалось генеральным направлением с запада на восток. Таким образом, сложно представить попадания золота этих рудопроявлений и пунктов минерализации в исследуемую нами россыпь реки Генералка. Более вероятный коренной источник – один из пунктов минерализации, связанных с Платиноносным поясом Урала (волковский или боронский типы) (Павдинский массив). Это подтверждается более высоким содержанием палладия (0,8%), наличием гёссита, который, как было упомянуто, характерен для волковского типа. При этом, Нясьминский и Матюшин Увал находятся в непосредственной близости от реки Большая Нясьма. Таким образом, перенос металла в долину р. Генералка мог произойти, если долина реки, предшествовавшей когда-то современной Большой Нясьме, занимала территорию и нынешней долины р. Генералка. Возможно также, что перенос был связан с деятельностью ледника или флювиогляциальных агентов.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Золото россыпи реки Генералка имеет два коренных источника.
2. Высокопробное золото первоначально локализовалось в кварцевых прожилках в метавулканитах мариинской свиты, среди которых протекает река. Образование рудоносных прожилков связано плагиогранитами кривинского комплекса, слагающими г. Генеральскую. (аляскинский тип)
3. Коренной источник низкопробного золота связан с одним из пунктов минерализации в пределах Павдинского массива (баронский или волковский типы)

## Список и литературы

2. Баликов С.В. Золото: Свойства. Геохимические аспекты. Иркутск: «Иргиредмет», 2015. 172 с.
3. Билибин Ю.А. Основы геологии россыпей. Москва: Издательство академии наук СССР, 1955
4. Буряк В.А. Металлогения золота. Владивосток: Дальнаука, 1998. 148-149 с.
5. Десятниченко Л.И. Государственная геологическая карта РФ Лист О-40-ХII (Качканар). Объяснительная записка. ВСЕГЕИ, 2005. 51-55с., 87-89с., 103-104 с.
6. Паламарчук Р.С. Ассоциация минералов платиновой группы из россыпи р. Генералка как пример россыпи, сформировавшейся в результате переотложения промежуточных коллекторов, Нясьминская россыпная система, Средний Урал // Уральская минералогическая школа. 2019. №25. С. 71-75.
7. Петровская Н.В. Самородное золото. М.: Наука, 1973.– 347 с.
8. Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010.
9. Grant A.H.. The morphology and chemistry of transported gold grains as an exploration tool // Journal of Geochemical Exploration. 1991. №40. Pp. 73-94
10. Townley B.K. Gold grain morphology and composition as an exploration tool: application to gold exploration in covered areas // Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis. 2003. V. 3. P. 29–38
11. Haeussler P. J. Link between ridge subduction and gold mineralization in southern Alaska; November 1995. No 11. P. 995 - 998

### Интернет-ресурсы:

12. Сайт ГКЗ (Государственной комиссии по запасам). <http://gkz-crimea.ru> (последнее обращение: 22.03.2020 г.)
13. Росгеолфонд. Электронный каталог геологических документов [Электронный ресурс], // <https://rfgf.ru/catalog/index.php> (Дата обращения: 5.12.2019)
14. Сигов А. П. и др. Отчет о результатах работ по теме: «Геолого-геоморфологические критерии прогнозирования россыпных и рудных месторождений золота Урала» за 1982-1985 гг. 1985.