МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ
МГРИ-РГГРУ
Геологоразведочный факультет

Кафедра геологии месторождений полезных ископаемых

На правах рукописи

Ходня Мария Сергеевна

ФЛЮИДОРАЗРЫВНЫЕ КАРБОНАТНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ НАКЫНСКОГО АЛМАЗОНОСНОГО ПОЛЯ ЯКУТИИ КАК ПРИЗНАКИ КИМБЕРЛИТОКОНТРОЛИРУЮЩИХ СТРУКТУР

Специальность: 25.00.11 – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения

Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель:
доктор геолого-минералогических наук, профессор П.А. Игнатов

Москва – 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ..... 3
1. Краткий очерк геологического строения Накынского поля..... 8
2. Флюидоразрывные карбонатные брекчии и прожилки 25
2.1. Эндогенные и экзогенные брекчии карбонатного состава 25
2.2. Флюидизитовые карбонатные прожилки..... 36
3. Связь флюидоразрывных карбонатных брекчий и прожилков с кимберлитами и эруптивными брекчиями базитов..... 50
3.1. Черты сходства флюидоразрывных карбонатных образований с кимберлитами..... 50
3.2. Карбонатные брекчии и прожилки, связанные с эруптивными брекчиям базитов 61
3.3. Сравнительные геохимические данные 63
3.4. Результаты детального картирования компонентов флюидоразрывных карбонатных образований..... 67
4. Закономерности пространственного размещения флюидоразрывных карбонатных образований 76
4.1. Методические вопросы..... 76
4.2. Распределение флюидоразрывных образований в масштабе кимберлитового поля..... 78
4.3. Распределение карбонатных флюидоразрывных образований в масштабе кимберлитовых кустов и тел..... 84
5. Условия формирования флюидоразрывных карбонатных образований .. 99
6. Флюидоразрывные карбонатные брекчии и прожилки как поисковые признаки кимберлитовых полей, кустов и тел..... 106
Заключение 109
Список литературы 111

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы определяется сложностью решения проблемы обнаружения коренных алмазных месторождений, локализованных на закрытых поисковых площадях, в которых вмещающие кимберлиты породы перекрыты мощным чехлом отложений. Типичным примером таких площадей является Накынское алмазоносное поле Якутии. Оно относительно хорошо изучено и включает ряд промышленных месторождений (трубки Ботуобинская и Нюрбинская, дайковидное тело Майское) и рудопроявления Мархинское, Озерное и Д-96.

Здесь несмотря на интенсивное поисковое бурение, начиная с 2006 г. новых месторождений не обнаружено, хотя остаточные перспективы имеются. Также нет новых месторождений и в недавно открытом Сюльдюкарском алмазоносном поле. В связи с этим необходимо расширять арсенал критериев и признаков локального прогнозирования алмазоносных кимберлитов. Одним из направлений является анализ флюидоразрывных карбонатных образований, распространенных в алмазоносных полях. Этой проблеме посвящена предлагаемая работа.

Цель исследований заключается в выделении и анализе карбонатных флюидоразрывных образований, их связей с кимберлитами и использовании в качестве новых косвенных поисковых признаков коренных месторождений алмазов.

Задачи исследований включали:

– установить характеристики карбонатных флюидоразрывных образований;

– типизировать выделенные флюидоразрывные образования;

– выяснить значение разрывных нарушений в распределении флюидоразрывных карбонатных образований;

– выявить связи карбонатных флюидоразрывных образований с кимберлитами и эруптивными брекчиями базитов;

– разработать признаки, позволяющие использовать карбонатные флюидоразрывные образования при локальном прогнозировании и поисках алмазоносных кимберлитов.

Объектом исследований являются брекчии и прожилки карбонатного состава флюидоразрывного происхождения, распространенные в нижнепалеозойских осадочных породах, вмещающих кимберлиты Накынского поля.

Фактический материал представлен данными по Накынскому полю Якутии: специальная документация керна многих сотен тысяч метров, проведенных сотрудниками МГРИ-РГГРУ группы проф. П.А. Игнатова, начиная с 1994 г., из которых лично соискателем задокументировано 5000 пог. м; анализ порядка 250 прозрачных шлифов прожилков и брекчий, распространенных в терригенно-карбонатных породах нижнего палеозоя; база данных по проявлениям тектоники, вторичной минерализации и взрывных образований, включающая порядка 10 тысяч пространственно привязанных признаков; результаты сотен рентгенофазовых анализов, в основном выполненных в лаборатории НИГП АК «АЛРОСА»; десятки рентген-флуоресценетных и ICP MS анализов; данных электронной микроскопии и электронно-зондового рентгеноспектрального микроанализа по серии препаратов; материалы предыдущих исследователей по Накынскому полю в виде производственных и научных отчетов, статей, монографий и диссертаций.

Методы исследований включали: полевой анализ признаков древних взрывных образований; литогенетический и стадиальный анализ для выделения конвергентных взрывным признаков нарушений нормального залегания осадочных пород; петрографические исследования; изучение минерального состава на основе дифрактометрии, термического анализа и электронной микроскопии; геохимический анализ элементного состава по рентген-радиометрическим и ICP MS анализам; использование возможностей современных геоинформационных систем.

Научная новизна. В результате проведенных исследований впервые получены следующие научные результаты:

– установлены минералогические, петрографические и геохимические признаки в карбонатных прожилках и брекчиях, указывающие на их флюидоразрывное происхождение;

– установлена пространственная и геохимическая связь карбонатных флюидоразрывных образований с кимберлитами, отражающая вероятный фреатовулканический механизм их образования;

- выявлено конфокальное распределение части карбонатных флюидоразрывных брекчий и прожилков с телами эруптивных брекчий базитов и кимберлитами.

Практическое значение. В настоящее время остро стоит проблема обнаружения скрытых кимберлитовых тел. В данной работе автором описаны и проанализированы флюидоразрывные некимберлитовые образования Накынского поля. Изученные образования формируют единый телескопированный комплекс с эруптивными брекчиями базитов в масштабе кустов кимберлитов, а также имеют структурно-тектонический контроль. Обосновано использование флюидоразрывных образований в качестве признака при поисках кимберлитовых кустов и тел.

Основная идея работы может быть выражена в установлении пространственных, временных и, по возможности, генетических связей флюидоразрывных карбонатных образований с кимберлитами, и на этой основе разработке новых поисковых признаков коренных месторождений алмазов

Защищаемые положения:

1. Флюидоразрывное происхождение карбонатных брекчий и прожилков, распространенных в нижнепалеозойских осадочных породах Накынского поля, установлено по петрографическим, минералогическим и геохимическим данным (разный состав обломков, примесь вулканического стекла, кристаллокластов,

акцессориев, концентрация микропримесей и др.) и положению в тектонических структурах.

2. Флюидоразрывные карбонатные брекчии и прожилки имеют сходные петрографо-минералогические и геохимические признаки с кимберлитовыми брекчиями и эруптивными брекчиями базитов. Области наибольшего разнообразия их минеральных компонентов маркируют участки проявления взрывных магматических образований.

3. Интенсивное телескопированное проявление эруптивных брекчий базитов и карбонатных флюидоразрывных образований маркирует участки кимберлитовмещающих тектонических нарушений, что следует использовать при поисках коренных алмазных месторождений на закрытых территориях.

Апробация работы и публикации. Результаты диссертационной работы были представлены в виде докладов на V и VI Российской молодежной научно-практической Школе с международным участием «Новое в познании процессов рудообразования» (2015, 2016 г.г., Москва); VIII Международной межвузовской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодые наукам - о Земле» (2016 г., Москва); XIII Международной научно-практической конференции «Новые идеи в науках о Земле» (2017 г., Москва); Всероссийской конференции, посвященной 120-летию со дня рождения выдающегося российского ученого академика А.Г. Бетехтина (2017 г., Москва); European Geosciences Union General Assembly 2018 (2018 г., Вена); международной научно-практической конференции «Стратегия развития геологического исследования недр: настоящее и будущее» (2018 г., Москва); V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 80-летию алмазной лаборатории ЦНИГРИ-НИГП АК "АЛРОСА" (ПАО) (Мирный. 2018). Все тезисы докладов опубликованы в сборниках конференций.

Основные положения диссертационной работы изложены в 12 печатных работах, включая 4 статьи, три из которых опубликованы в журналах, рекомендованных перечнем ВАК РФ.

Структура и объем работы. Диссертация объемом 121 страница состоит из введения, 6 глав и заключения, содержит 89 рисунков, 7 таблиц, и список литературы из 90 наименований.

Благодарности. Автор глубоко признателен профессорско-преподавательскому составу МГРИ-РГГРУ, всем, кто оказал помощь и поддержку в проведении исследований и подготовке работы, особенно руководителю профессору П.А. Игнатову, без ценных консультаций и всесторонней помощи которого сложно представить написание данной работы.

Автор выражает благодарность руководству и сотрудникам НИГП и Витимской геологоразведочной экспедиции АК «АЛРОСА» ПАО, при поддержке и участии которых проводились лабораторные и полевые исследования. Кроме того, автор благодарит к.г.-м.н. Я.В. Бычкову, к.т.н. М.Ю. Гурвича, к.г.-м.н. Л.В. Лисковую, И.А. Новикова за помощь в проведении аналитических исследований.

Отдельно хотелось бы поблагодарить коллег, которые внесли существенный вклад в написание работы: М.В. Березнева, К.Г. Ерофееву, О.В. Владимирцеву, к.г.-м.н. К.В. Новикова, к.г.-м.н. Н.Р. Зарипова.

1. Краткий очерк геологического строения Накынского поля

Накынское кимберлитовое поле расположено в республике Саха (Якутия) в 300 км к северо-востоку от г. Мирный в районе среднего течения реки Мархи (Рисунок 1.1).

Рисунок 1.1 Схема расположения кимберлитовых полей южной части Якутской провинции [Костровицкий и др., 2015]. Границы Якутской алмазоносной провинции (ЯАП) во врезке приведены по данным А.Д. Харькива и др. [Харькив и др., 1998]

Накынское поле расположено в пределах Средне-Мархинского алмазоносного района Якутской алмазоносной провинции (Рисунок 1.2).

Алмазоносные районы в Якутской провинции выделены по наличию типоморфных характеристик россыпной алмазоносности и ореолов рассеяния минералов-спутников алмаза на площадях развития кимберлитов [Евстратов, 2015, Коробков и др., 2013].

Геологическое строение района работ определяются его расположением в пределах юго-восточного склона Анабарской антеклизы в зоне ее сочленения с

Вилюйской синеклизой. В структурном плане изучаемая площадь имеет двухэтажное строение – кристаллический фундамент и платформенный чехол.

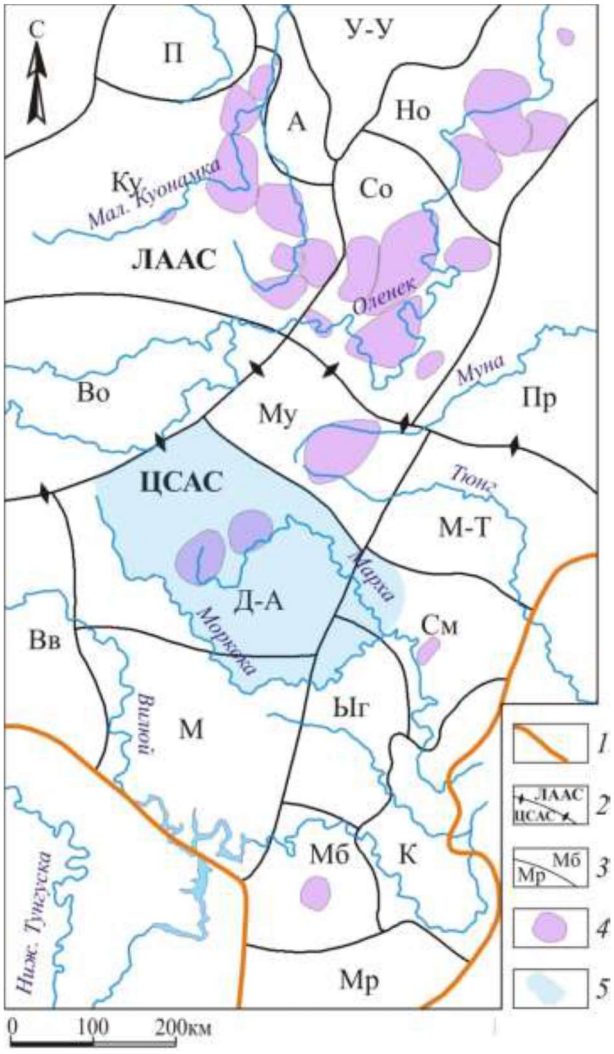


Рисунок 1.2 Схема минерагенического районирования Якутской алмазоносной провинции (по материалам Н.И. Горева) [Евстратов, 2015].

1 – граница ЯАП; 2 – граница между алмазоносными субпровинциями: ЦСАС – Центрально-Сибирская алмазоносная субпровинция; ЛААС – Лено-Анабарская алмазоносная субпровинция; 3 –границы алмазоносных районов: Мр – Мурбайский; Мб – Малоботуобинский; К – Крестяхский; Вв –Верхневилюйский; М – Моркокинский; ЫГ – ЫГыаттинский; См – Средне-Мархинский; Д-А – Далдыно-Алакитский; Му – Мунский; М-Т – Муно-Тюнгский; Во – Верхнеоленёкский; Со – Среднеоленёкский;Пр – Приленский; Ку – Куонамский; А – Анабарский; Но – Нижнеоленёкский; П – Попигайский; У-У – Уэле-Уджинский; 4 – кимберлитовые поля; 5 – площадь исследуемой территории.

Кристаллический фундамент на рассматриваемой территории по геофизическим данным залегает на глубине около 3,7-4 км [Харькив и др., 1998]. По данным бурения нефтепоисковых и параметрических скважин, пройденных

вблизи изучаемой площади, он представлен древними метаморфическими образованиями архея и протерозоя – гнейсами и гранито-гнейсами и включает интервалы биотитовых гнейсов и амфиболитов. [Никулин, Савко, 2008]. Породы чехла платформы представлены отложениями рифейского, кембрийского, ордовикского, силурийского, триас-юрского, юрского и четвертичного возраста (Рисунок 1.3). Кембрийские, ордовикские и силурийские отложения объединяются в венд-нижнепалеозойский рудовмещающий структурный ярус, а триасовые и юрские образования – в перекрывающий мезозойский [Масленникова и др, 2007 ф, Никулин, Савко, 2009].

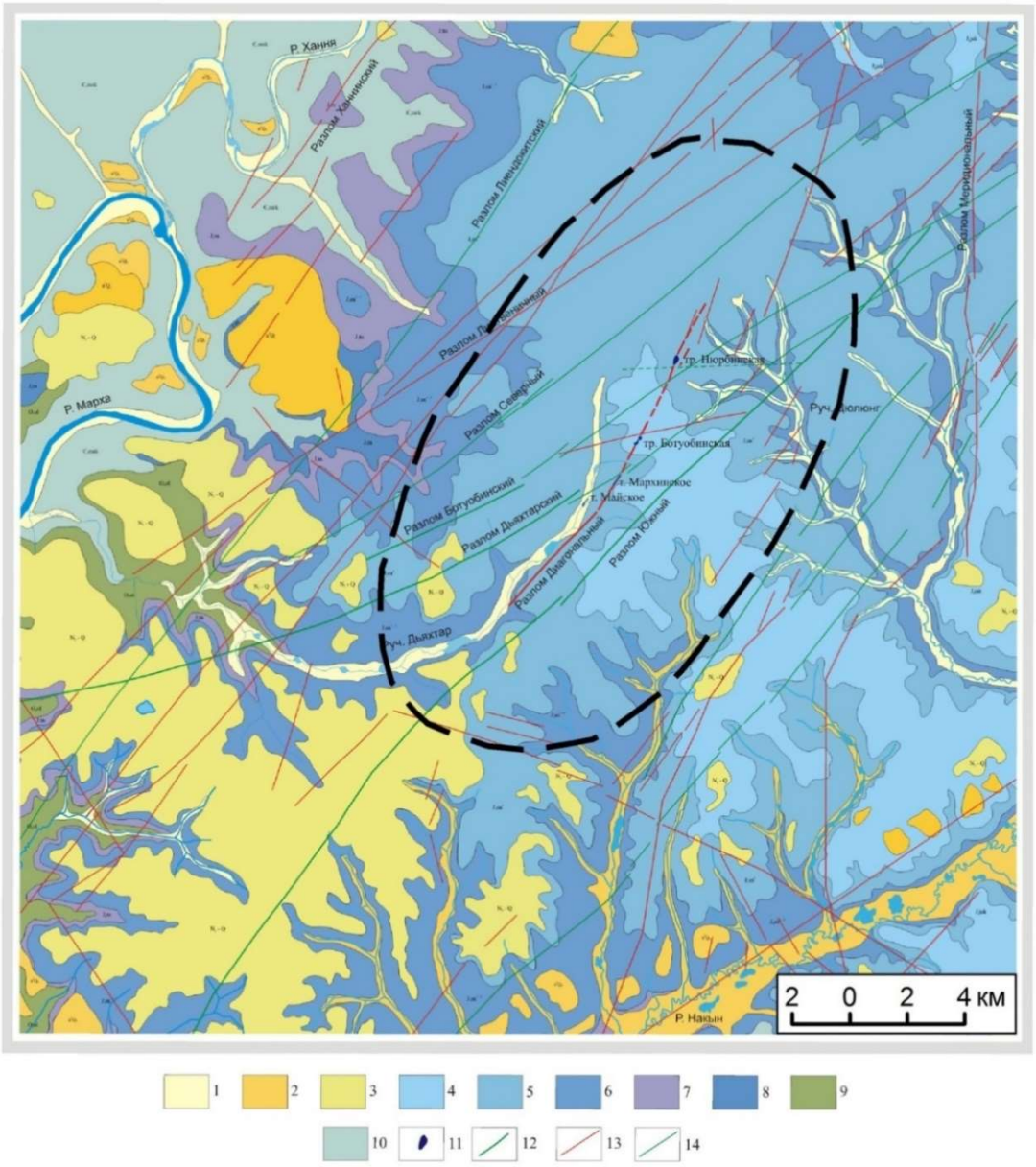


Рисунок 1.3 Геологическая карта Накынского поля [Никулин, Савко, 2009].

1 - четвертичные отложения (Q_{IV}); 2 - аллювиальные четвертичные (a_2Q_{II} и a_3Q_I); 3 - неоген-четвертичные (N_2-Q); 4 - якутская свита (J_2jak); 5 - сунтарская свита, верхняя пачка(J_1sn_4); 6 - сунтарская свита, нижние пачки (J_1sn_{1-3}); 7 - тюнгская свита (J_1tn); 8 - укугутская свита (J_1uk);9 - олдондинская свита (O_1ol); 10 - мархинская свита ($Є_3$mrh). Среднепалеозойские интрузивные образования: 11 - кимберлитовые тела (íPZ$_2$); 12 - дайковые тела основного состава (νβPZ$_2$); 13 – разрывные нарушения; 14 - разломы, выполненные дайками основных пород. Контур Накынского поля отмечен пунктиром [Костровицкий и др., 2015]

Рифейские отложения подразделяются на конгломератовую и доломитовую пачки. Мощность конгломератовой пачки – 20 м, доломитовой – 6 м. По результатам анализа комплекса геофизических исследований – площади расположения рифейских отложений подчиняются зонам развития тектонических нарушений различной амплитуды [Кондратьев, Горев, 2005, Коробков и др., 2015, Никулин, 2009].

В основании разреза осадочного чехла залегают терригенные вендские отложения, представленные переслаиванием песчаников, алевролитов и аргиллитов. На изучаемой площади они с размывом залегают на поверхности кристаллического фундамента, спорадически на рифейских образованиях и распространены практически повсеместно. Карбонатная толща венда залегает на разновозрастных породах терригенного венда и корах выветривания кристаллического фундамента. Мощность вендских отложений достигает 550 м. [Никулин, Савко,2009].

Разрез кембрийской системы на изучаемой территории представлена всеми тремя отделами. Нижний отдел представлен билирской свитой; нижний-средний отделы включают куонамскую свиту; средний – силигирскую; средний-верхний отделы представлены бордонской свитой; верхний отдел включает мархинскую и джуктинскую свиты. Общая мощность кембрийских отложений может достигать 2200 м [Сыромолотова, 2010ф].

Изученная толща верхнего отдела кембрийской системы представлена пестроцветной мархинской свитой. Мархинская свита разделена на три пачки и представлена пестроцветными алевролитами, аргиллитами, известняками, доломитами и от нижележащих пород отличается терригенностью и несколько

большей красноцветностью, и гипсоносностью. Суммарная мощность мархинской свиты достигает 780-840 м [Масленникова и др., 2007ф, 2013ф; Сыромолотова, 2010ф].

Важно подчеркнуть, что в нижней части кембрийской толщи регионально распространены сульфатно-хлоридные рассолы, содержащие сероводород [Дзюба 1984,] Следует ожидать их наличие и на больших глубинах в Средне-Мархинском районе. Следы их разгрузки имеют место в виде подмерзлотных рассолов а также в распространении вторичных гипса, целестина и барита в кембрийских и ордовикских породах Накынского поля. [Дроздов и др., 2008, Игнатов и др. 2016].

Ордовикские отложения на изучаемой территории, включают нижний и средний отделы. Нижний отдел представлен олдондинской свитой, которая согласно залегает на нижележащей мархинской свите. Свита сложена преимущественно сероцветными известняками. Общая мощность свиты составляет 470 м. Среднеордовикские отложения, сохранившиеся в узких грабенах, представлены пестроцветными, сероцветными глинисто-карбонатными и глинисто-терригенными породами станской свиты мощностью около 50 м. На породах олдондинской свиты она залегает с размывом [Сыромолотова, 2010ф].

Силурийские отложения представлены глинистыми, хемогенными, органогенно-обломочными известняками, глинистыми доломитами с прослоями мергелей. Мощность свиты достигает 120 м. [Масленникова и др., 2007ф, Никулин, 2006].

Мезозойские отложения на изучаемой территории представлены терригенными породами юрского возраста, которые с резким стратиграфическим несогласием залегают на различных горизонтах нижнего ордовика, и характеризуются изменчивой мощностью. Мезозойская терригенная формация в районе представлена делювиально-карстовыми образованиями дяхтарской толщи (T_3-J_1dh), континентальными отложениями укугутской свиты (J_1uk), морскими и дельтовыми осадками тюнгской (J_1tn), сунтарской (J_1sn), и якутской (J_2jak) свит общей мощностью около 200 м [Сыромолотова и др., 2010; Никулин, 2006].

Дяхтарская свита расположена в полосе северо-восточного простирания и приурочена к разломно-карстовой зоне в пределах центральной ветви Вилюйско-Мархинской кимберлитовой зоны и выполняет цепочку воронкообразных впадин. Отложения свиты залегают с перерывом на породах нижнего ордовика и на образованиях кор выветривания развитых по ним, и перекрываются, с размывом, отложениями укугутской свиты. Мощность отложений дяхтарской толщи изменяется в широких пределах – от нескольких метров до 65 м. Вблизи кимберлитовых трубок отложения вмещают промышленные россыпи алмазов [Граханов, 2010; Килижеков, 2017, Масленникова, 2013 и др.].

Укугутская свита залегает с размывом на отложениях дяхтарской толщи, ингрессивно с перерывом и размывом, она перекрывает коры выветривания, карбонатные породы нижнего палеозоя и среднепалеозойские траппы. Перекрывается прибрежно-морскими отложениями тюнгской свиты. Представлена она континентальными отложениями: алевролитами, песчаниками, аргиллитами, гравелитами и конгломератами. Для пород свиты, характерна высокая насыщенность разноразмерными углефицированными остатками, сидеритовыми и пиритовыми конкрециями. Отложения свиты являются одним из главных коллекторов, вмещающих россыпные месторождения алмазов в районе кимберлитовых тел Накынского рудного поля. Максимальная мощность свиты – 50 м. [Граханов, 2010; Килижеков, 2017, Масленникова, 2013 г. и др.].

Прибрежно-морские отложения тюнгской свиты позднего плинсбаха пользуются широким площадным распространением на площади работ. Разрез свиты представлен пачкой органогенных тонкозернистых алевропесчаников (или песчанистых алевролитов) на глинистом цементе с обилием включений крупных, до 7 см, раковин пелеципод. Мощность свиты изменяется от 6 м до 8 м. Минералы-индикаторы кимберлитов в тюнгских отложениях приурочены к базальному горизонту, представлены единичными, мелкими измененными в результате гипергенеза зернами пиропа красного цвета и пикроильменитами [Граханов, 2010; Масленникова, 2013 г. и др.].

Отложения сунтарской свиты представлены глинисто-терригенными породами, которые согласно залегают на породах тюнгской свиты и перекрываются кайнозойскими образованиями. Максимальная мощность свиты достигает 85 м.

Якутская свита сложена песчаниками и песками, с линзами конгломератов, алевролитами и аргиллитами, с фауной ааленского яруса. Мощность якутской свиты достигает 14 м.

Породы четвертичной системы в районе работ представлены отложениями среднего звена, IV надпойменной террасы, а также верхнего и современного звеньев: пролювиально-делювиальные, озерно-болотные и современные аллювиальные. Образования четвертичной системы повсеместно распространены на изученной площади [Никитин и др., 2011].

В структурно-тектоническом плане участок работ располагается на юго-восточном склоне Анабарской антеклизы в северо-западном борту Вилюйской синеклизы, представляющую собой надпорядковую верхнепалеозойско-мезозойскую структуру, наложенную на сформировавшуюся в среднем палеозое тектоническую основу [Сыромолотова и др., 2010 и др.].

На изученной площади, как и на всей Сибирской платформе, выделяется четыре тектоно-магматических этапа формирования осадочного чехла: байкальский (PR_2^{1-3}), каледонский (PR_2^4-S), раннегерцинский (D-C_1) и альпийский (J-Q). В байкальский этап сформировались рифейские отложения, в каледонский – венд-нижнепалеозойские отложения, включающие осадочные толщи от венда до силура. В раннегерцинский тектономагматический этап сформировался магматический комплекс пород. Это магматические породы базальт-долеритовой формациии кимберлитовые тела Накынского поля. Альпийский этап включает триас-юрские и неоген-четвертичные отложения [Никулин, 2006].

В Средне-Мархинском алмазоносном районе прослеживаются две зоны глубинных разломов: Вилюйско-Мархинская северо-восточного простирания и Средне-Мархинская, ортогональная к Вилюйско-Мархинской (Рисунок 1.4). Эти

зоны разломов маркируются крутопадающими сериями крутопадающих даек долеритов [Сыромолотова и др., 2010 и др.].

Особого внимания в качестве потенциально рудовмещающих заслуживают слабо-проявленные малоамплитудные тектонические нарушения. В настоящий момент таких структур в пределах Накынского поля выявлено две, к ним приурочены все известные тела кимберлитов: к разлому Диагональный кимберлитовые трубки Нюрбинская, Ботуобинская, тело Мархинское, жила Д-96; к разлому Диагональный-1 – тело Майское (Рисунок 1.5). Они считаются сколовыми трещинами [Сыромолотова и др., 2010 и др.].

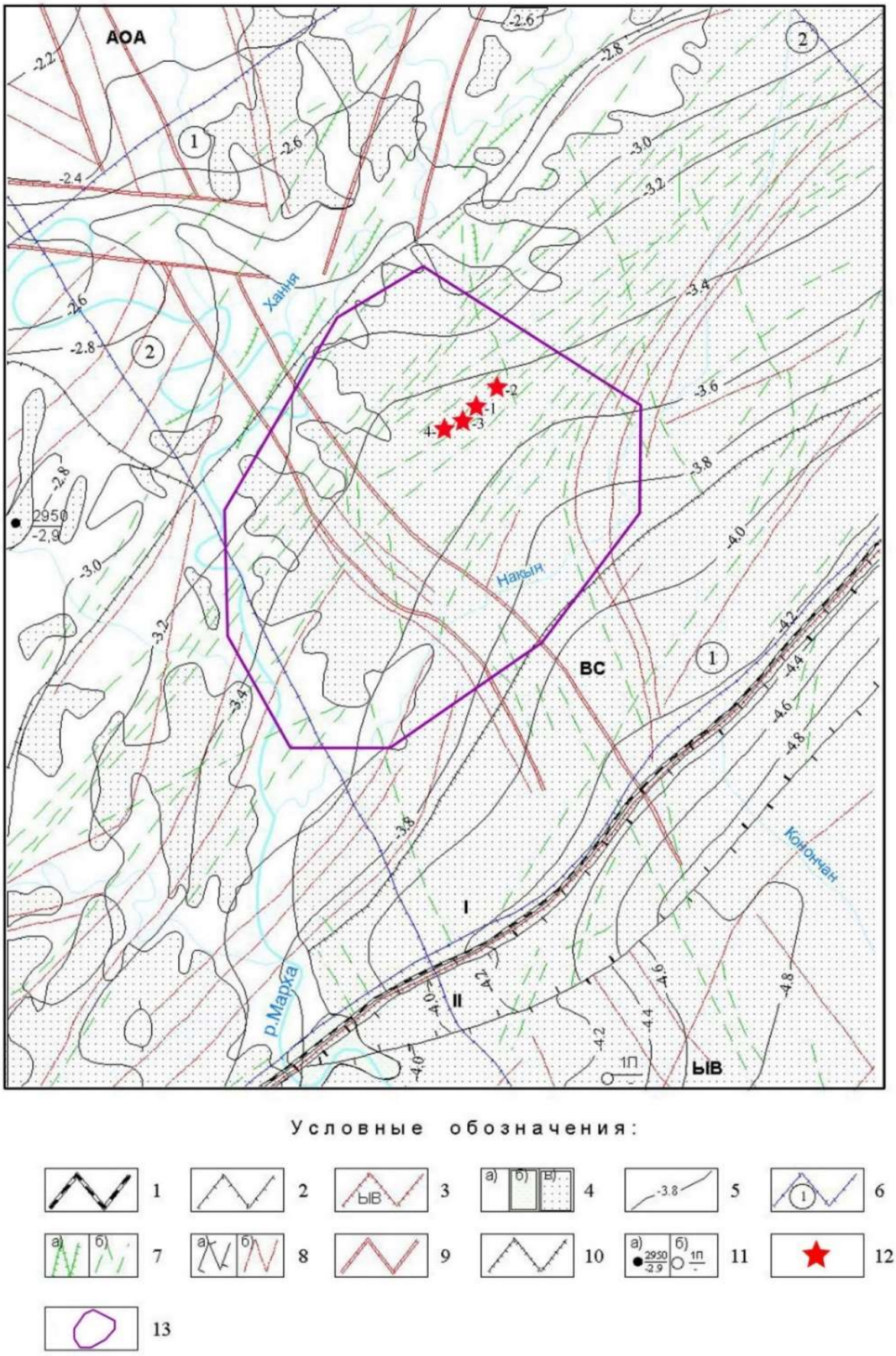


Рисунок 1.4 Структурно-тектоническая схема района работ (по материалам Молчанова Ю.Д., Дукарта Ю.А.) [Сыромолотова и др., 2010ф].

1 – граница кратонной (I) и депрессионно-деструктивной (II) областей;2 – границы надпорядковых структур: Анабаро-Оленёкской антеклизы (АОА), Вилюйской наложенной синеклизы (ВС);3 – граница Ыгыатинской впадины (ЫВ) – структуры первого порядка депрессионно-деструктивной области;4 – структурно-формационные комплексы: а) венд - нижнепалеозойский (терригенно-карбонатный кимберлитовмещающий); б) среднепалеозойский (терригенно-карбонатно-вулканогенный); в) мезозойский (терригенно- алмазоносный);5 – стратоизогипсы отражающего сейсмического горизонта КВ (глубина залегания кровли харыстангского горизонта венда в километрах);6 – зоны глубинных разломов: Вилюйско-Мархинская (1), Средне-Мархинская (2);7 – дайки долеритов среднепалеозойского возраста, выполняющие разломы Вилюйско-Мархинской зоны: а) выходящие на поверхность, б) не выходящие на поверхность;8 – разломы, выраженные на уровне горизонта КВ: а) глубинные амплитудные на границе кратонной и депрессионно-деструктивной областей, б) глубокого заложения малоамплитудные;9 – грабенообразные структуры на уровне горизонта КВ;10 – погребенный флексурообразный перегиб нижнепалеозойского кимберлитовмещающего цоколя;11 – нефтегазопоисковые скважины: а) вскрывшие породы фундамента (в числителе – номера скважин, в знаменателе – абсолютная отметка кровли фундамента в километрах), б) не вскрывшие пород фундамента, их номера;12 – кимберлитовые трубки и дайкообразные тела среднепалеозойского возраста, погребенные мезозойскими отложениями (1-Ботуобинская, 2-Нюрбинская, 3- Мархинское, 4-Майское);13 – лицензионная площадь поискового Нижне-Накынского объекта

Магматизм Накынской площади, пространственно приуроченной к осевой части Вилюйско-Мархинской зоны, связан с формированием Вилюйской палеорифтовой системы, в результате мощного среднепалеозойского цикла тектоно-магматической активизации [Белов и др., 2008]. На территории Накынского поля распространены долериты, габбро-долериты, кимберлиты, щелочные базиты и эруптивные (эксплозивные) брекчии.

Среди докимберлитовых базитов выделяются силлы и хорошо проявленные в виде линейных аномалий магнитного поля секущие интрузии – дайки. Основная часть интрузий сложена средне- и крупнозернистыми габбро-долеритами. Они выполняют Северный, Ботуобинский, Дяхтарский, Южный, Западный и другие разломы.

Кимберлитовый магматизм Накынского поля представлен сложно построенными кимберлитовыми телами: трубками «Ботуобинская», «Нюрбинская» и дайково-жильными телами «Майское», «Мархинское», «Озерное», «Д-96», локализованные в отдельных швах сдвиговой зоны Диагонального разлома (Рисунок 1.5).

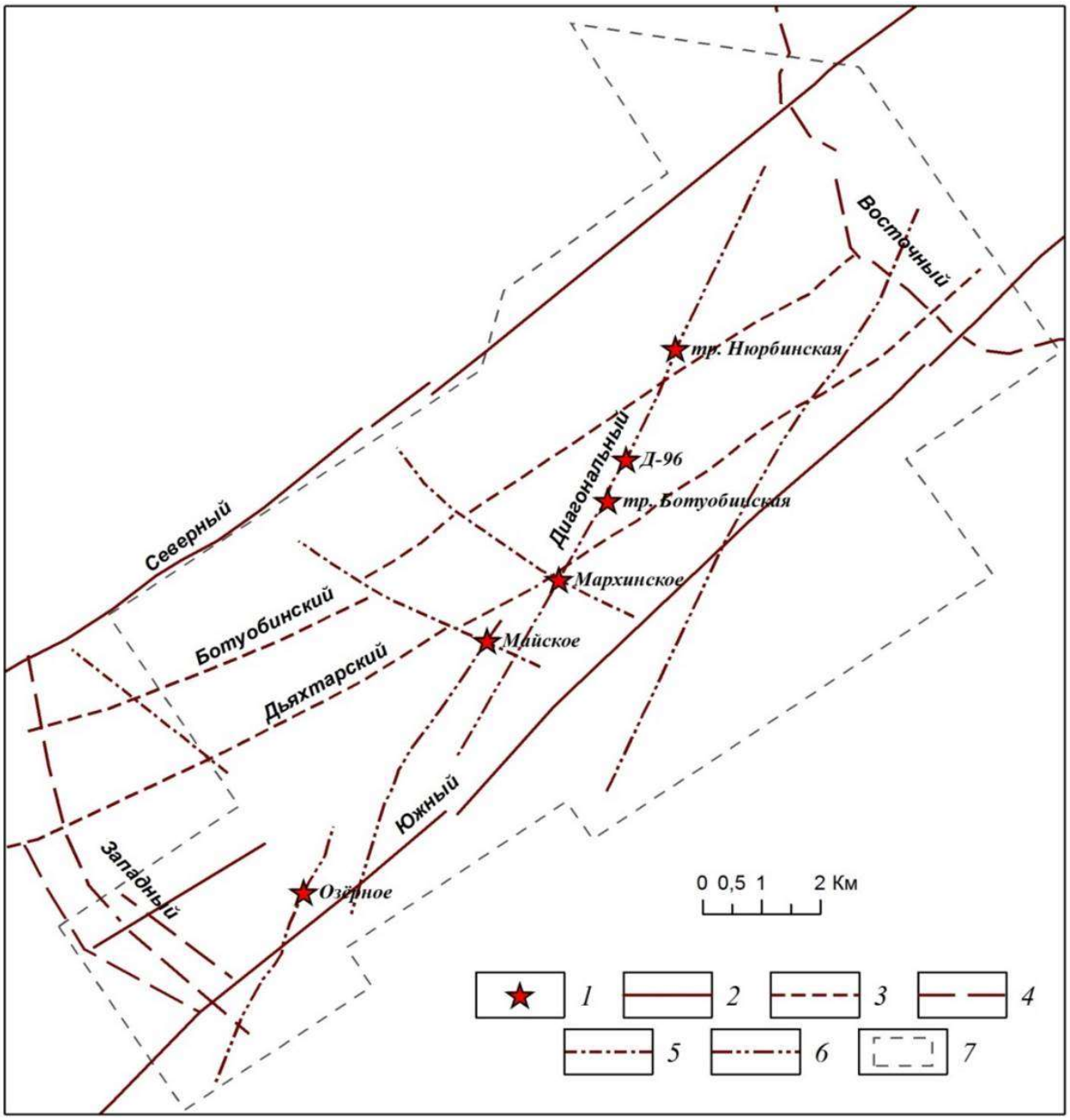


Рисунок 1.5 Структурный план центральной части Накынского кимберлитового поля [Игнатов и др., 2016]

1 – известные кимберлитовые тела; 2-7 – осевые зоны разрывных нарушений, выделенные по данным магниторазведки, сейсморазведки и картирования микротектонических нарушений: Вилюйско-Мархинской зоны низкого порядка, 3 – Вилюйско-Мархинской зоны высокого порядка, 4 – Средне-Мархинской зоны низкого порядка, 5 – Средне-Мархинской зоны высокого порядка (поперечные), 6 – рудоконтролирующий Диагональный; 7 – граница исследованной площади

Кимберлиты прорывают терригенно-карбонатные, карбонатные породы кембрия, ордовика и перекрыты толщей рыхлых и слабосцементированных

мезозойских отложений, сложенных песчано-алевритисто-глинистыми породами, и современными элювиально-делювиальными образованиями. Суммарная мощность перекрывающих пород изменяется в пределах от 56 до 110 м. Поверхность цоколя над трубками проработана процессами древнего гипергенеза и карстообразования [Никитин и др., 2011 и др.].

Посткимберлитовый магматизм представлен щелочными базитами, которые включают эксплозивные брекчии базитов и интрузии щелочных базитов [Киселев и др., 2006, Никитин и др., 2011, Игнатов и др., 2010 и др.].

Следует отметить, что брекчии базитов являются одним из важных признаков флюидного магматизма. В большинстве случаев брекчии базитов приурочены к приконтактовым частям даек долеритов. Но некоторые из этих тел не связаны с дайками долеритов и пространственно ассоциируют с кимберлитовыми телами, например, на контакте Нюрбинской трубки, около Майского и Мархинского месторождений.

По геологическим данным и изотопному датированию для магматитов Средне-Мархинского района устанавливаются следующие временные рубежи формирования: 1) базиты Вилюйско-Мархинского дайкового пояса, 387-362 млн лет (докимберлитовые); 2) кимберлиты – 369-346 млн лет; 3) щелочные базиты – 340-321 млн лет; 4) эксплозивные брекчии – 312-306 млн лет [Киселев и др., 2006, Томшин и др., 1998, 2007].

Следует подчеркнуть, что в Накынском поле имеют место проявления эруптивного вулканизма в виде многофазных тел кимберлитов и посткимберлитовых эруптивных брекчий базитов.

Эруптивные (эксплозивные) брекчии основного состава имеют ряд отличительных характеристик [Игнатов и др, 2010, Киселёв и др., 2004, 2016]:

– брекчиевая и брекчиевидная текстуры (Рисунок 1.6);

– присутствие в составе обломков долеритов и карбонатных пород нижнего палеозоя;

Рисунок 1.6 Эруптивная брекчия базитов с каймами осветления по обломкам долеритов. Скв. 518-445, глубина 124 м

– каймы закаливания, гематитизации, хлорита и карбонатизации вокруг обломков основных пород;

– наличие в хлорит-карбонатном цементе и среди остроугольных обломков плохо раскристаллизованного стекла, гиалопилитовой и флюидальной структур (Рисунок 1.7);

– повышенное содержание щелочей.

В редких случаях обнаруживаются туфы основного состава, которые, очевидно, ассоциируют с эруптивными брекчиями базитов. Так, в скв. 390-347 непосредственно под юрскими отложениями на гл. 56,5 м вскрыты кристалло-витро-литокластические крупнозернистые туфы (Рисунок 1.8).

Также в серии скважин, пройденных вблизи скв. 505,5/421, вскрыты литокристаллокластические базальтовые туфы и туфобрекчии, обломки которых

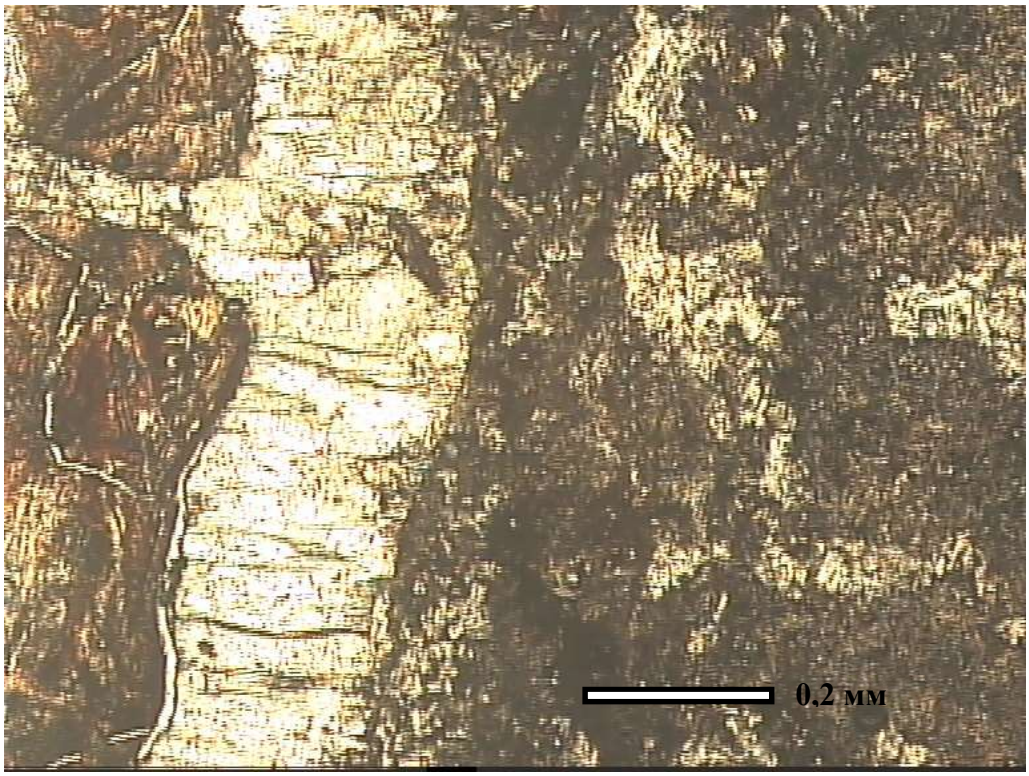
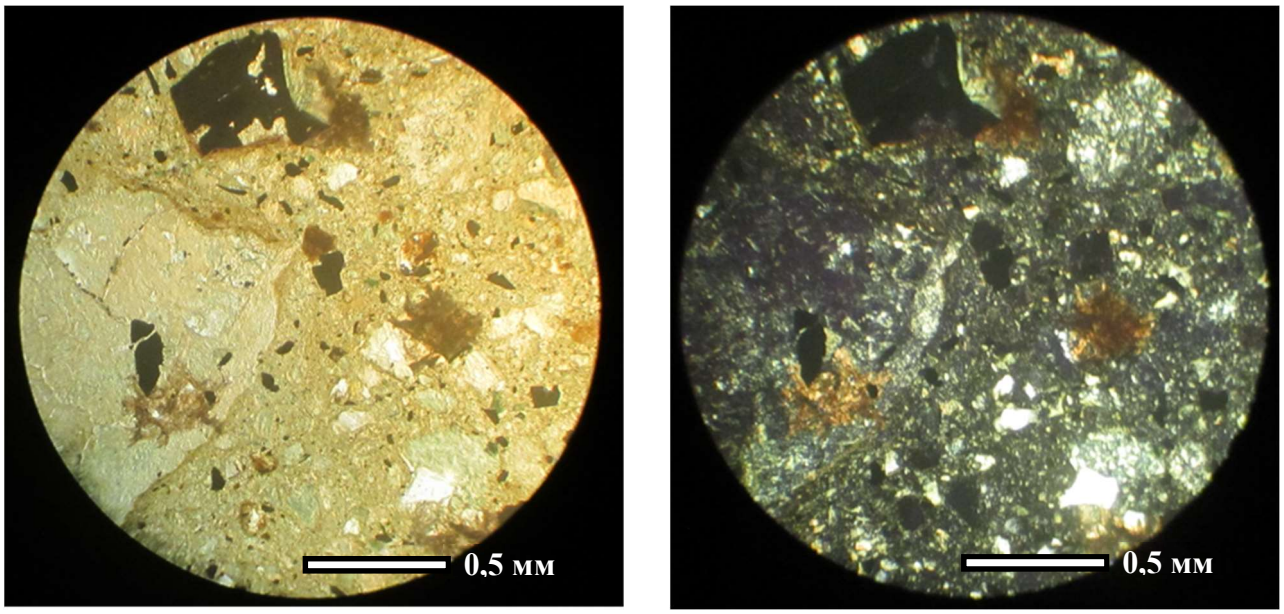


Рисунок 1.7 Бурое вулканическое стекло с флюидальной микротекстурой, с прожилками кальцита. В экзоконтакте прожилка – раскристаллизованные и будинированные оолиты. Микрофото шлифа. Николи скрещены. Скв. 574-421, глубина 125,5 м



а) **б)**

Рисунок 1.8 Хлоритизированный алевритисто-песчаный кристалло-витро-литокластический туф с песчаными и гравийными зернами базальтового стекла и примесью кварцевых зерен. Микрофото шлифа, а - николи параллельны, б - скрещены

включают микродолериты, гиалобазальты, глинистые, карбонатные породы, кристаллокласты кварца и калиевых полевых шпатов [Сыромолотова и др., 2010].

В некоторых скважинах вскрыты дайки порфировых базальтов. На Озерном рудопроявлении по данным петрографов Ботуобинской ГРЭ АК АЛРОСА на гл. 433 м определен базальт с порфировой структурой и базальтовой структурой основной массы с лейстами плагиоклаза и выделениями хлорита. В порфировых выделениях также установлен плагиоклаз и редкие клинопироксен и оливин, замещенные кальцитом и может быть серпентином. Установлено пересечение такой дайкой кимберлитовых брекчий, что указывает на посткимберлитовый возраст эруптивных брекчий базитов [Захаров и др, 2016]. Здесь же имеет место активный контакт этой дайки с вмещающими кимберлиты осадочными породами нижнего палеозоя (Рисунок 1.9).

Рисунок 1.9 Активный контакт дайки порфировых базальтов (слева) и серых доломитов (справа). Скв. СР-39-19, глубина по керну 433,2 м

Такие дайки порфировых базальтов, по-видимому, играли роль подводящих каналов для эруптивных брекчий базитов, что сближает эти образования с кимберлитами, где также под кимберлитовыми брекчиями вскрываются дайки порфировых кимберлитов [Ваганов, 2000, Харькив и др., 1998].

Брекчии базитов образуют ареал, внутри которого расположены трубки Ботуобинская и Нюрбинская, дайково-жильные тела Майское, Мархинское и Д-96 (Рисунок 1.10).

Таким образом, кимберлиты и брекчии базитов формируют своеобразную структуру центрального типа [Игнатов и др., 2010]. Этот ареал практически

совпадает с контуром Накынского поля [Костровицкий и др., 2015] или, как считают некоторые исследователи, его центральной части [Граханов и др., 2015]

Несмотря на отмеченную пространственную ассоциацию, по петрохимическим данным не установлено генетической связи базитовых брекчий и кимберлитов [Киселев и др., 2016].

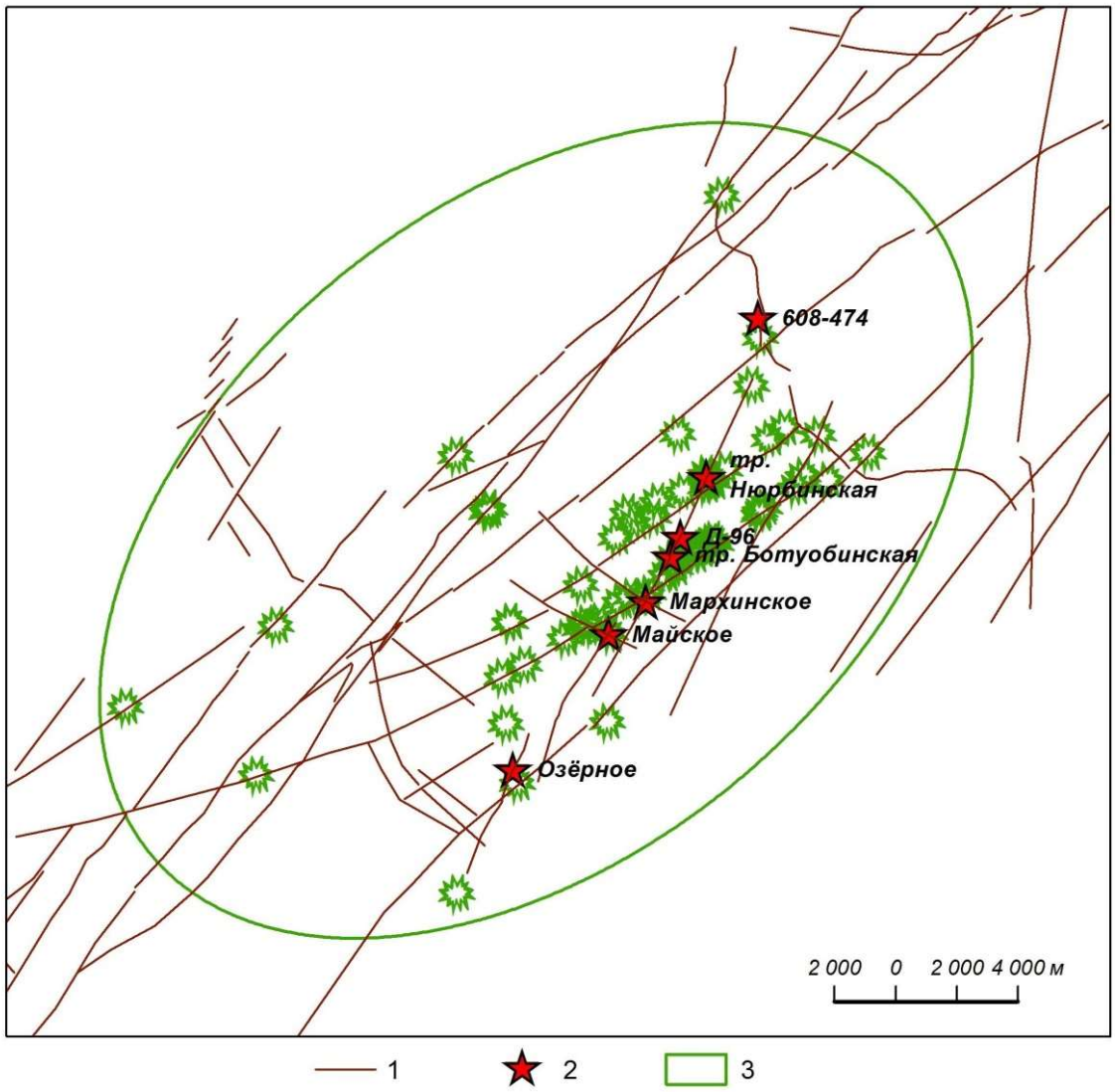


Рисунок 1.10 Ареал эруптивных брекчий базитов в центральной части Накынского поля. 1 - разломы, установленные по геолого-геофизическим данным; 2 - места вскрытия кимберлитов. 3 - места вскрытия брекчий базитов; - контур распространения брекчий базитов [Игнатов и др., 2017]

Необходимо отметить, что в истории геологического развития Средне-Мархинского района, включающего Накынское поле, были предпосылки для фреатовулкаических взрывных явлений. Они выражены в распространении захороненных кембрийских подземных вод и, очевидно, быстро внедрявшихся в

среднем палеозое с больших глубин обогащенных флюидами магм щелочно-ультраосновного и щелочно-базитового состава.

2. ФЛЮИДОРАЗРЫВНЫЕ КАРБОНАТНЫЕ БРЕКЧИИ И ПРОЖИЛКИ

В данной главе приведено обоснование первого защищаемого положения *«Флюидоразрывное происхождение карбонатных брекчий и прожилков, распространенных в нижнепалеозойских осадочных породах Накынского поля, установлено по петрографическим, минералогическим и геохимическим данным (разный состав обломков, примесь вулканического стекла, кристаллокластов, акцессориев, концентрация микропримесей и др.) и положению в тектонических структурах».*

2.1. Эндогенные и экзогенные брекчии карбонатного состава

В разрезах нижнего палеозоя в Накынском поле распространены эндогенные и экзогенные брекчии карбонатных пород [Игнатов, 2010, Игнатов и др., 2017]. Их объединяет карбонатный состав обломков и цемента. Эндогенное образование брекчий определяется наличием в них поздних прожилков и друз прозрачного кальцита, которые по анализу газовожидких включений и облегченному относительно осадочных пород изотопному составу кислорода имеют гидротермальное происхождение [Игнатов и др., 1998, 2016, 2017, 2015ф., Ковальчук и др., 2015, Кряжев, Васюта, 2012ф]. Эндогенные брекчии представлены тектоническими, гидротермальными и флюидоразрывными разностями, экзогенные – палеокарстовыми и палеосейсмогенными.

Палеокарстовые брекчии приурочены к кровле ордовикских карбонатных пород и распространены на палеоподнятиях под чехлом дяхтарской свиты триас-юрского возраста [Игнатов, Штейн, 1998 и др.]. Их отличает примесь ильменита из коры выветривания по траппам, большое количество глинистого материала в цементе и рыхлое сложение. Иногда наблюдаются типичное выклинивание таких брекчий в карбонатный цоколь (Рисунок 2.1).

Палеосейсмогенные брекчии в кембрийских разрезах Средне-Мархинского района Якутии [Игнатов и др., 2017]. Они представлены слоями брекчиевидных

пород, содержащих обломки с вязко-пластическими деформациями (Рисунок 2.2), которые не обусловлены литогенетическим рядом отложений. Горизонты с брекчиями имеют стратиграфическую позицию в седиментационных ритмах.

Рисунок 2.1 Карстовая брекчия карбонатных пород с песчаными частицами кварца и ильменита в глинисто-карбонатном цементе. Скважина 472-412, глубина 92,1-92.4 м. Справа - низ. Диаметр керна 10 см

Рисунок 2.2 Фрагмент палеосейсмогенной брекчии в кембрийских мергелях и алевролитах Накынского поля Якутии. Скважина СР-39-19, глубина 371,0 - 371,5 м

Такие текстуры являются характерными для современных осадков в областях влияния сейсмоактивных разломов [Палеосейсмология, 2011].

Гидротермальные брекчии карбонатных пород отличаются относительно однородным составом обломков и кальцитовым цементом (Рисунок 2.3, Рисунок 2.4).

Рисунок 2.3 Гидротермальная брекчия с кальцитовым цементом и друзами. Скважина 548-384, глубина 146,5 м

Рисунок 2.4 Гидротермальная брекчия по пелитоморфным доломитам. Скважина 624-356, глубина 72,5 м

Белый и прозрачный кальцит цемента включает крупные друзы и имеет явно гидротермальный облик, что подтверждено облегчением изотопного состава кислорода и высокими температурами гомогенизации газово-жидких включений [Игнатов и др., 2017, 2015 ф, Кряжев, Васюта, 2012ф, Гладков и др., 2016 ф].

Тектонические брекчии отличаются однородным составом обломков, представленным вмещающими их породами, а также таблитчатой их формой (Рисунок 2.5, Рисунок 2.6), что типично для этого типа образований [Cooke, Devies, 2014, Corbett, Leach, 1997].

Рисунок 2.5 Осветленная тектоническая брекчия, ограниченная милонитовым швом, подчеркнутым прожилком гипса. Скважина СР-45, глубина 350 м

Рисунок 2.6 Тектоническая брекчия с уплощенными обломками Скв. 516-384, глубина 135 м

Кроме того, для них характерна тесная ассоциация с милонитами и сериями микросбросов и микровзбросов [Штейн, 1997, White et al., 1995]. Плоские обломки расположены вдоль разрывного нарушения, слагая директивную текстуру. Их размер ближе к осевой части разлома закономерно уменьшается, переходя в милонит. Тектонические брекчии уверенно диагностируются по керну и в обнажениях.

Флюидоразрывные карбонатные брекчии с обломками осадочных карбонатных пород нижнего палеозоя и глинисто-карбонатным цементом имеют ряд признаков, которые указывают на их флюидоразрывной генезис:

- неоднородный состав обломков, включающий различные по слойчатости и структуре известняки, доломиты и мергели из разных стратиграфических интервалов ордовика и реже кембрия (Рисунок 2.7, Рисунок 2.8);

Рисунок 2.7 Флюидоразрывная брекчия с карбонатными обломками разного состава и поздним, в том числе каемочным и друзовым кальцитом. скв. 457-394 глубина 87 м

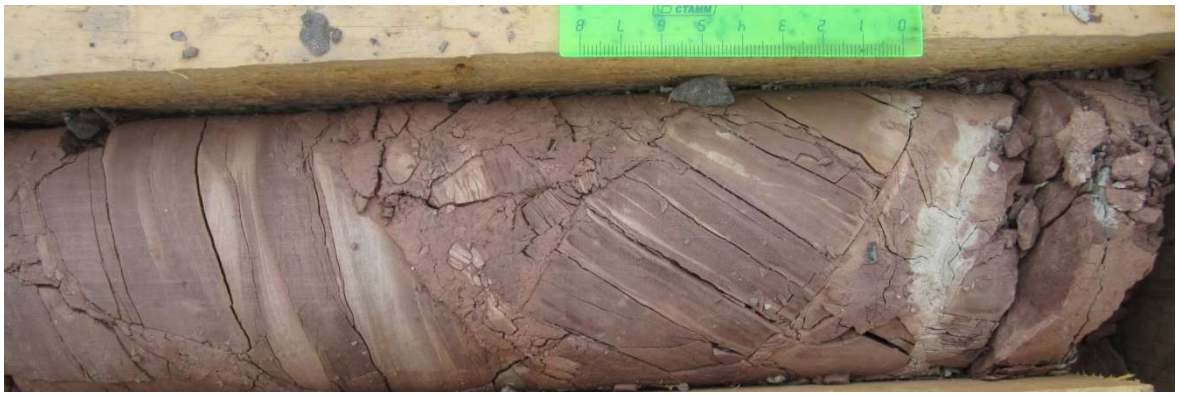


Рисунок 2.8 Фрагмент брекчии красноцветных осадочных пород кембрия. Скв. 484-Б-2, глубина 276 м

- присутствие не только угловатых, но и угловато-округлых и округлых обломков разного размера от 10-12 см до мелкого гравия;

- наличие в цементе до нескольких процентов неравномерной примеси песчаных зерен кварцевого состава с примесью калиевого полевого шпата и светлой слюды;

- в ряде случаев имеют место каймы осветления вокруг обломков и в экзоконтактах брекчий, что может указывать на воздействие горячих флюидов (газов или газогидротерм) (Рисунок 2.7, Рисунок 2.9);

Рисунок 2.9 Брекчия флюидоразрыва с карбонатными обломками и цементом с каймами осветления и поздним кальцитом. Фото керна из скважины 504-1, глубина 152,7 м

Мощности интервалов брекчий составляют от дециметров до нескольких и более метров (Рисунок 2.10). Контакты брекчий отчетливые, как правило, ровные, тектонических границ не наблюдается. Один из нижних контактов виден справа на фото (Рисунок 2.9).

Рисунок 2.10 Интервал 187-192 м с карбонатными брекчиями флюидоразрыва, скважина 520-Н-1.

По вертикали брекчии флюидоразрыва охватывают верхнюю часть нижнепалеозойской толщи, преимущественно встречаясь в породах ордовика. В какой-то мере этот интервал соответствует вертикальному распространению вторичного кальцита в виде прожилков и друз, составляя в среднем порядка 100 м от поверхности карбонатного цоколя. Надо отметить, что в разрезах, в которых вскрыты кимберлиты, эруптивные брекчии базитов и рассматриваемые брекчии карбонатных пород, вторичный кальцит распространяется заметно глубже. Так, в скв. 484-Б-1 они найдены на глубине 488 м, в скв. СР-45 - на 239 м, 520-Н-1 - на 238 м, 524-Н-1 - на 219,8 м, 50-47-Н-2 по скв. 194 м.

В разрезах интервалы таких брекчий не согласуются с интервалами с тектоническими признаками, как например, в скв. 524-Н-1. В других случаях вписываются в них, как в разрезе по скв. 520-Н-1 (Рисунок 2.11, Рисунок 2.12, Рисунок 2.13).

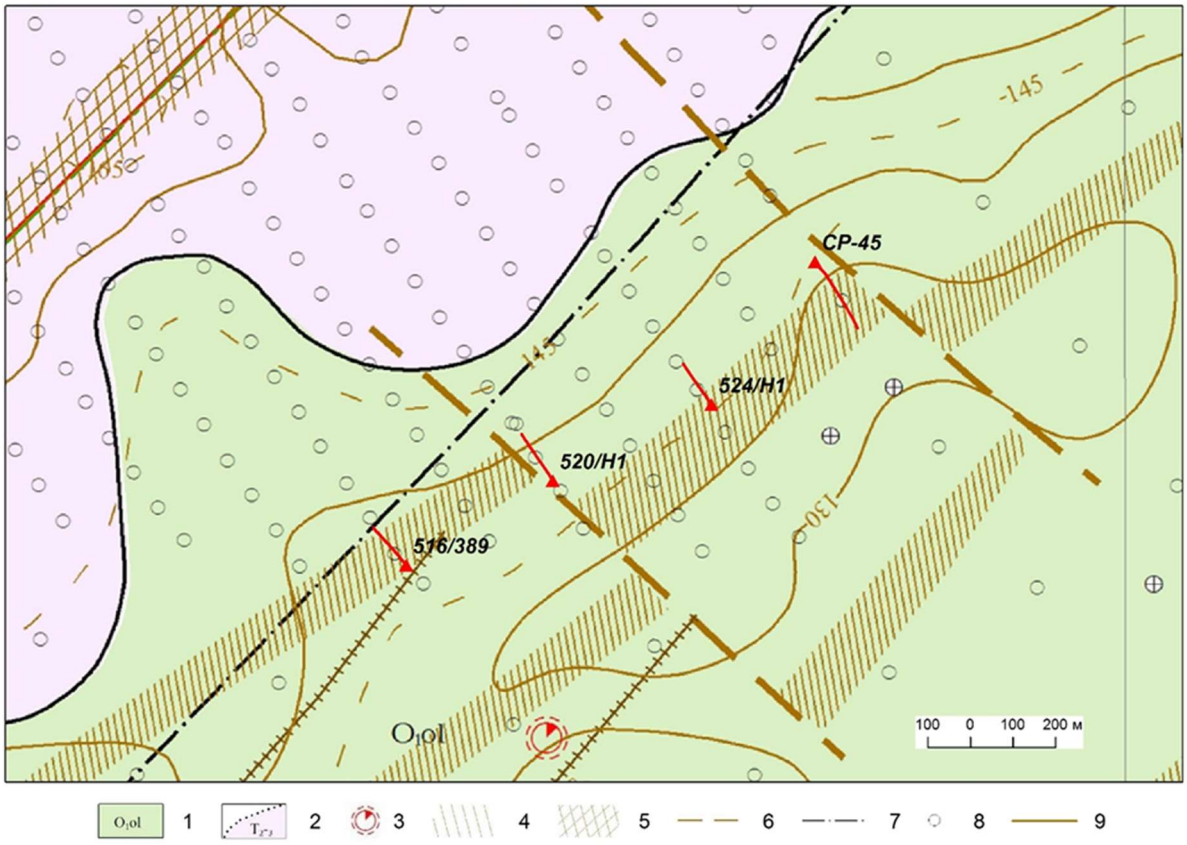


Рисунок 2.11 Расположение наклонных скважин, вскрывших карбонатные брекчии флюидоразрыва на литолого-фациальном плане отложений дяхтарской толщи [Масленникова, 2013 ф]

1 – олдондинская свита нижнего ордовика; 2 – кора выветривания на породах нижнего ордовика и верхнего кембрия; 3 – зерна ИМК; 4-6 – тектонические нарушения, выделенные по данным сейсморазведки: 4 – уверенно трассируемые; 5 – трассируемые по площади, фрагментарно залеченные дайками траппов; 6 – неуверенно трассируемые; 7 – линейные магнитные аномалии; 8 – вертикальные скважины; 9 – изогипсы кровли нижнепалеозойского цоколя

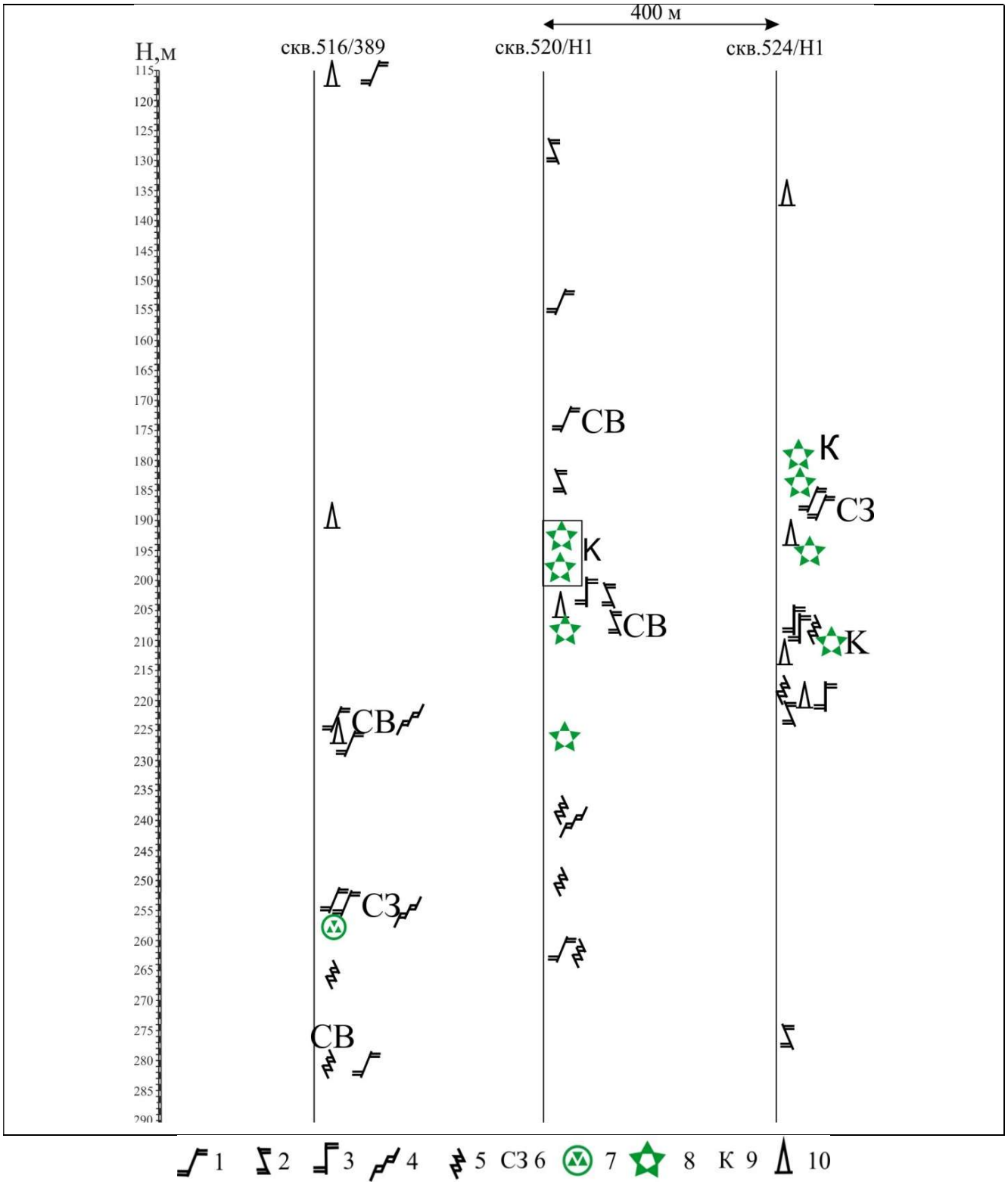


Рисунок 2.12 Схематический разрез в плоскости наклонных скважин 516/389, 520/Н1 и 524/Н1

1- микросброс; 2 – микровзброс; 3 - микросбросо-взброс; 4 - система микросбросов; 5 - система микровзбросов; 6 - ориентировка плоскости сместителя разрывного нарушения; 7 - тектоническая брекчия; 8 - проявления карбонатных эксплозивных брекчий; 9 - проявления карста; 10 - проявления флюидизитов

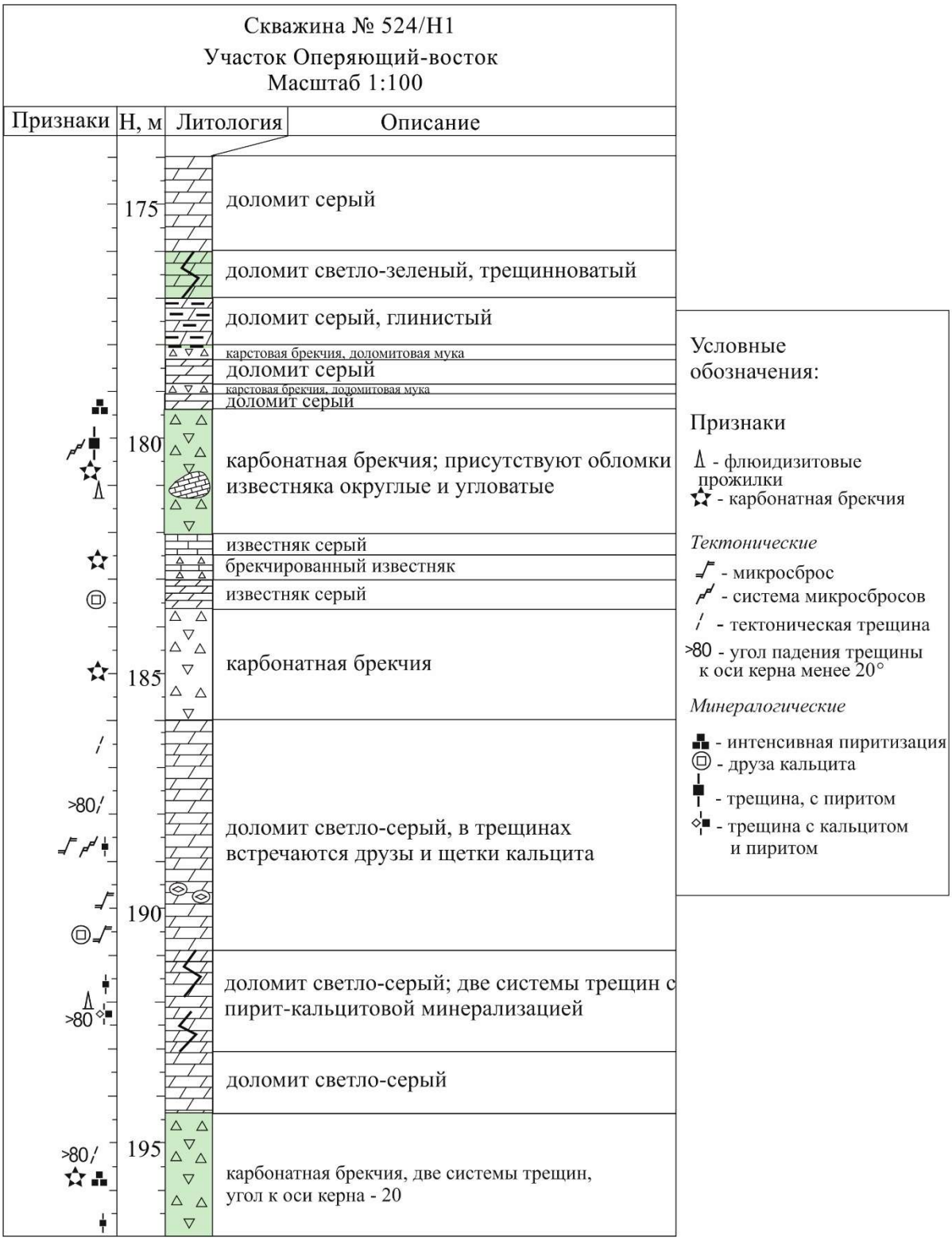


Рисунок 2.13 Фрагмент документации керна с интервалами флюидоразрывных карбонатных брекчий. Скв. 524-Н-1, глубины. 174 - 197 м

Приведенные данные показывают, что вместе с кимберлитами и эруптивными брекчиями базитов в Накынском поле распространены карбонатные

флюидоразрывные брекчии. По известным признакам они могут быть отнесены к фреатическим образованиям (Таблица 2.1).

Таблица 2.1 Характерные черты различных генетических типов эндогенных брекчий (по Corbett, Leach, 1997)

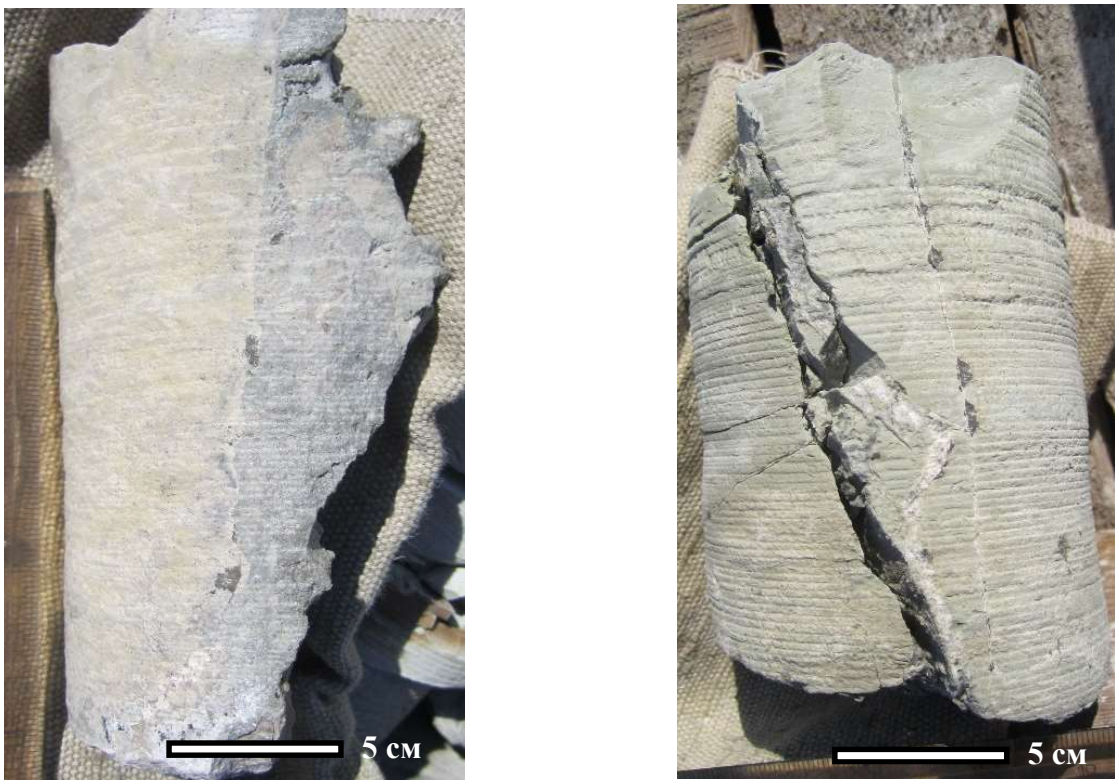
	Магматический	**Фреатомагматический**	**Фреатический**
Общее название	- субвулканические брекчии трубок - магматические гидротермальные брекчии трубок	- диатремная брекчия тонкозернистый (измельченный) - матрикс флюидизитовой брекчии	- эруптивная брекчия
Происхождение	- резкое отделение летучих от интрузии	- удаление летучих и быстрый нагрев грунтовых вод	- разгрузка геотермальных вод
Уровень	- на уровне порфиров на глубине - жерло не требуется	- непосредственно жерло диатремы - тонкозернистый матрикс в структуре флюидизитовой брекчии	- на поверхности потоки спекшегося материала
Интрузивная активность	- образование порфиров, дайки	- эндогенные купола	- не выражена
Тип минерализации	- кварц-сульфидная, золото± медь, постепенно переходящая к карбонатной с золотом	- карбонатная с золотом - сульфидная (high sulfidation) золото-медная	- адуляр-серицитовая эпитермальная золото-серебряная
Вторичные изменения	- серицит-кварц - биотит, КПШ - актинолит, эпидот	- иллит=>смектит - тонкокристаллический пирит	- тонкая вкрапленность пирита/марказита
Формы тел	- интрузивный тип с преобладанием интрузивных обломков - тип обрушения с преобладанием местных обломков	- жерловые фации внутри диатремы - фации туфового кольца, выброшенные из диатремы	- жерла консусовидных трубок и породы туфового кольца
Обломки	- магматические и местные - таблитчатая галька типа обрушения - измельченные обломки инъекционного типа	- обломки с материалом материнской интрузии - локальные аккреционные лапилли - туффизиты, сложенные очень тонким материалом	- локально перемещенные, в основном угловатые
Матрикс	- скрытозернистые породы, открытое пространство	- измельченный и флюидизированный глинисто-пиритовый	- кремнисто-пиритовый

2.2. Флюидизитовые карбонатные прожилки

Флюидизитовые прожилки карбонатного состава имеют субвертикальное или крутопадающее залегание и мощность от 0,5 мм до нескольких сантиметров. Они выполняют трещины скола и отрыва с четкими границами (Рисунок 2.14).

Прожилки сложены мелкозернистым агрегатом непрозрачного серовато-зеленого кальцита и доломита с примесью обломков карбонатных пород гравийного размера, песчано-алевритовых зерен преимущественно кварцевого состава и спутанно-волокнистого тонкозернистого материала.

По результатам изучения шлифов, данным дифрактометрии и термографии в составе флюидизитовых прожилков и цемента карбонатных брекчий не выявлено принципиальных отличий (Таблица 2.2).



а) **б)**

Рисунок 2.14 Прожилки карбонатов скв. 446-393: а) агрегативный карбонат с обломками доломита и вторичным пиритом, выполняющий трещину скола в доломите, глубина 92 м; б) агрегативный кальцит с поздним прожилком прозрачного кальцита и пирита, выполняющим трещину отрыва в пелитоморфном глинистом доломите, глубина 99,5 м

Таблица 2.2 Результаты полуколичественного рентгенофазового анализа (условные концентрации, %)

Номер образца	Серпентин	Хлорит	Каолинит	Смектиты, смешанослойные обр.	Слюда	Кальцит	Доломит	Кварц	Пирит	Полевые шпаты	Гематит	Апатит, сидерит галит	Сфалерит	Неустановленные рентгенаморфные фазы: хлорит, тальк, прочие глинистые минералы, кварц	Примечание
1	5	6	8	9	11	12	13	14	15	16	17	18	22	23	24
504-1-473,0	-	-	-	-	-	-	36	12	-	-	-	20	-	32	Флюидизит
520-Н1-196,0	-	-	-	1	-	-	59	26	-	-	-	-	-	14	
520-Н1-207,0	-	-	-	1	-	50	31	-	2	-	-	-	-	16	Цемент брекчии
520-Н1-207,0	-	-	-	1	-	64	13	4	1	-	-	-	-	17	Цемент брекчии
520-Н1-212,5	-	-	-	1	-	97	-	-	-	-	-	-	-	2	
520-Н1-214,0	-	-	-	1	-	99	-	Сл.	Сл.	Сл.		-	-	-	
524-Н1-136,5	-	-	-	1	-	54	32	4	2	-	-	-	-	7	Прожилок
524-Н1-136,5	-	-	-	1	-	18	71	7	-	-	-	-	-	3	Вмещающие породы
524-Н1-213,0	-	-	-	1	-	-	76	8	3	-	-	-	-	12	Прожилок
524-Н1-219,6	-	-	-	1	-	40	45	3	2	-	-	-	-	9	
524-Н1-220,0	-	-	-	1	-	Сл.	72	15	5	-	-	-	-	7	Прожилок
СР-46-140	Сл.		Сл.		Сл.	60	3	20		3				14	Прожилок
364-Н-3-134						38	25	25	1	2				9	Прожилок

1	5	6	8	9	11	12	13	14	15	16	17	18	22	23	24
491/435-125,5	-	1	-	1	2	26	9	11	50						Прожилок
526/388,3-123	-	-	-	1	-	76	14	4	-	-	-	-	2	3	Прожилок
400/349-85	-	-	-	1	-	2	74	12	-	-	-	-	-	11	Прожилок
530/371-116,5	-	-	-	1	-	50	37	4	-	-	-	-	-	8	Прожилок
541,5/440,5-120	-	-	-	1	-	61	32	2	-	-	-	2	2	-	Прожилок
537/434-111,5	-	-	-	1	-	80	6	4	-	-	-	-	1	8	Прожилок
536,5/436,5-115	-	-	-	2	-	75	5	4	-	-	-	3	2	9	Прожилок
532/386,5-132	-	6	-	3	3	44	6	28	-	8	-	2	-	-	Прожилок
492/445-101	-	-	-	1	-	33	41	10	-	-	ел	3	-	12	Прожилок
510/374-126,5	-	-	-	-	-	Сл.	72	9	-	-	-	-	-	19	Прожилок
430/353-122,5	-	2	-	4	-	4	29	19	-	5	-	-	-	37	Прожилок
430/351-98	-	-	-	3	4	-	45	26	-	-	-	-	-	22	Брекчии
490/441-123,5	-	2	-	1	2	50	12	9	3	-		1	-	20	Брекчии
СР-46/3-365	Сл.	2	Сл.		3	27	17	37	<1	5				9	Брекчия
520-Н1-207				1		50	31		2					16	Брекчия
516-389-189				1		19	49	5	6					20	Брекчия
524-Н1-213				1			76	8	3					12	Брекчия
534-Н1-220				1		Сл.	72	15	5					7	Брекчия

Условия съемки: дифрактометр ARLX`TRA CuKa-излучение, V=40 кв, J=40 ма., термоанализатор DTG-60AH (Shimadzu), скорость нагрева 20°/мин.

Следует подчеркнуть, что выявлено значительное количество (от первых до 32%) рентгеноаморфного, вероятно, пирокластического вещества. В некоторых пробах диагностирован хлорит и серпентин [Ходня и др. 2017].

При изучении прозрачных шлифов брекчий карбонатных пород и прожилков, удалось выделить ряд признаков, присущих флюидизитам, как подземно-взрывным образованиям:

Характерно присутствие слабо прозрачного мутного желто-бурого мелкозернистого агрегата кальцита и доломита с развитием позднего метазернистого доломита; предполагается, что карбонат имеет примесь микрочастиц вулканической пыли (Рисунок 2.15, Рисунок 2.16).

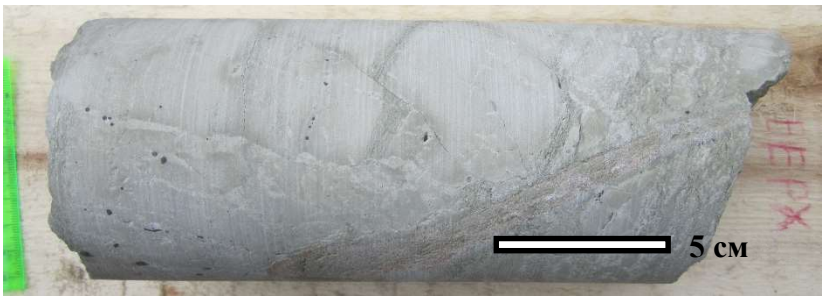
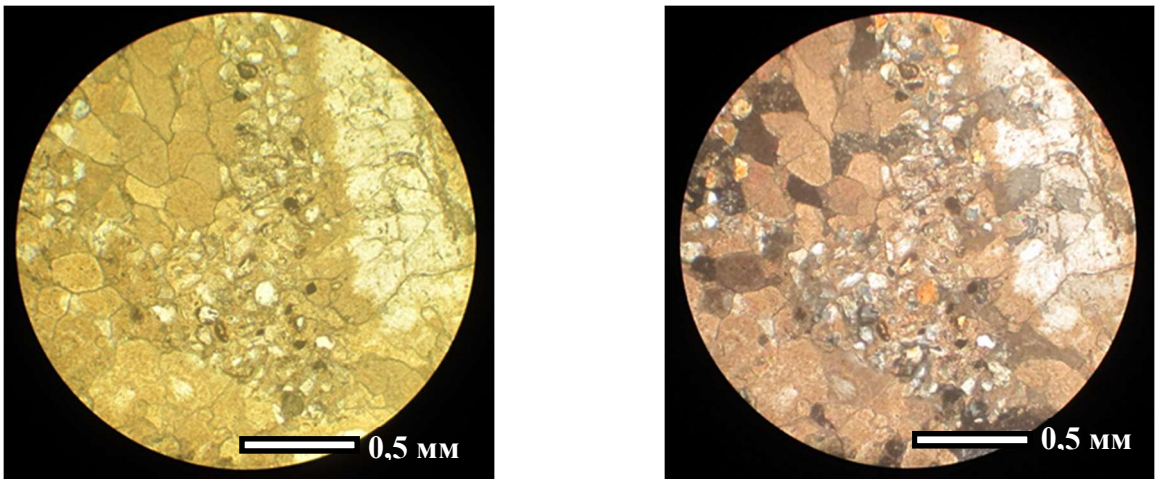


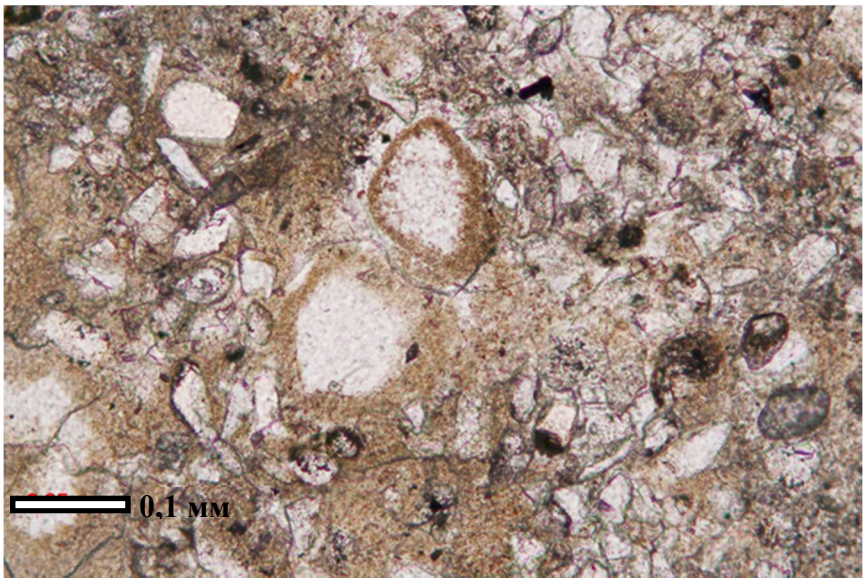
Рисунок 2.15 Прожилок агрегативного карбоната в доломите, выполненный розовым кальцитом и зеленым карбонатным материалом. Прожилок пересекает микросброс. Скв. 516-389, глубина 116,5 м



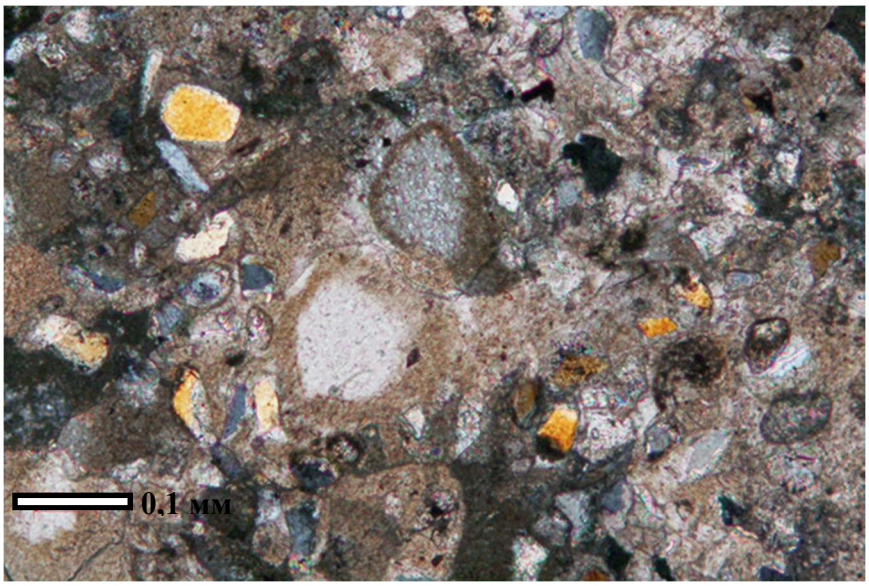
а) **б)**

Рисунок 2.16 Агрегат мутно-желтого кальцита с примесью песчаных зерен кварца и поздним прожилком кальцита. Фото шлифа а - николи параллельны, б - скрещены. Скв. 516-389, глубина 116,5 м

Во многих случаях присутствует примесь песчаного материала, что установлено в показанном выше прожилке. Как правило присутствуют оскольчатые, иногда в виде рогулек, зерна кварца алевритового и песчаного размера, которые следует считать кристаллокластами (Рисунок 2.17).



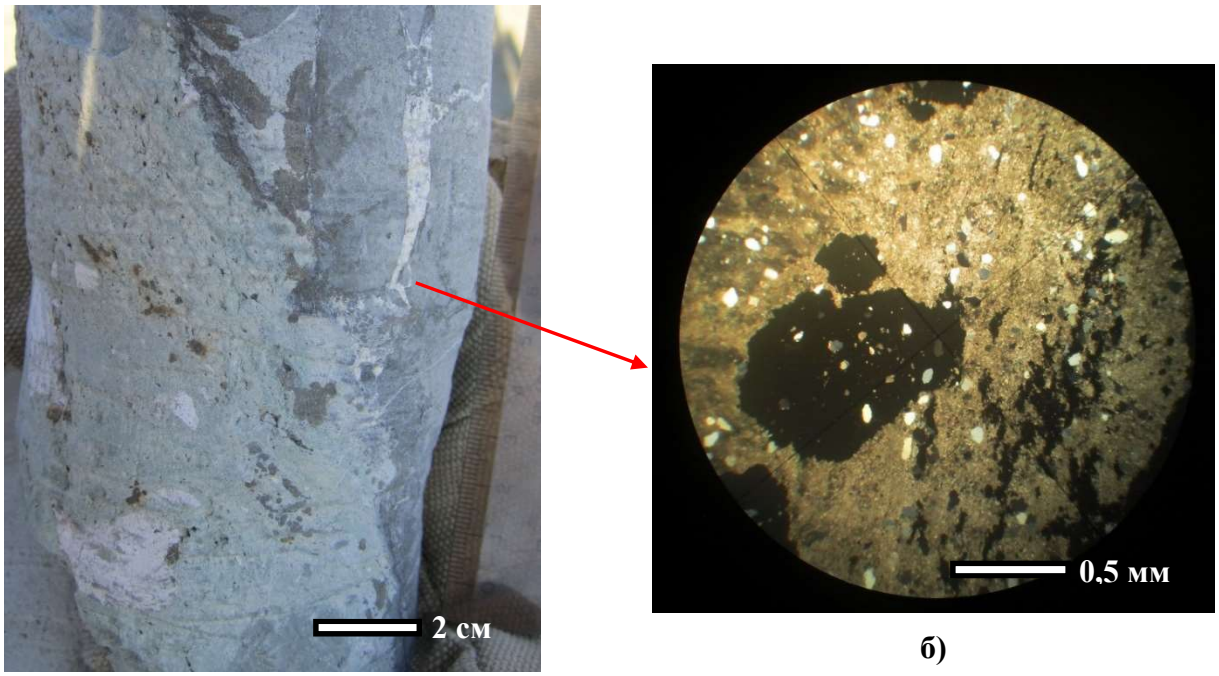
а)



б)

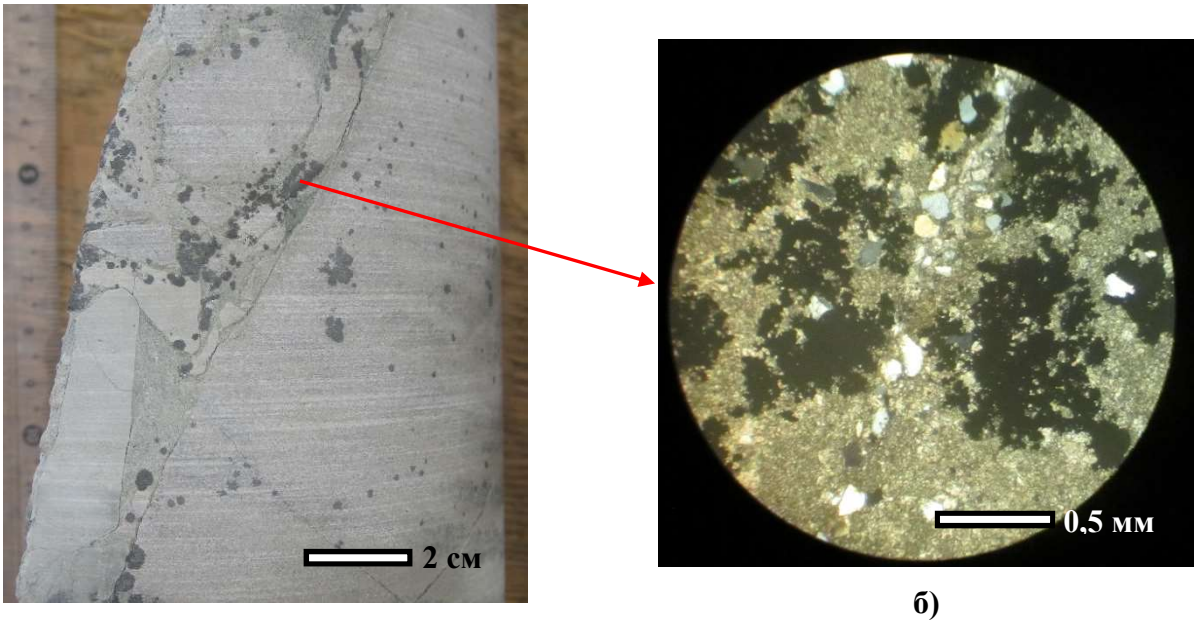
Рисунок 2.17 Микрофото шлифа 516-389-116,5 м мелкозернистый агрегат желтого кальцита с директивным расположением кварцевых оскольчатых зерен (кристаллокластов). Справа обломочное зерно циркона. А - Николи параллельны, Б - скрещены

Встречается директивное распределение алевритовых и песчаных зерен вдоль границ прожилков, как представляется, указывающее на флюидный режим их образования (Рисунок 2.18, Рисунок 2.19).



а) б)

Рисунок 2.18 Скважина 450-393, глубина 98 м: а) прожилок агрегативного карбоната в доломите. По контакту с вмещающими доломитами интенсивная пиритизация; б) микрофото шлифа, директивное распределение песчаных зерен во флюидизитовом пиритизированном прожилке в доломите, черное - пирит, николи скрещены



а) б)

Рисунок 2.19 Скважина СР-46, глубина 150 м: а) прожилково-брекчиевое выделение агрегативного карбоната; микрофото шлифа, директивное расположение примеси песчаных кварцевых зерен в кальцит-доломитовом пиритизированном прожилке, николи скрещены

В ряде случаев в прожилках зерна кварца обладают планарной трещиноватостью, характерной для ударных деформаций (Рисунок 2.20).

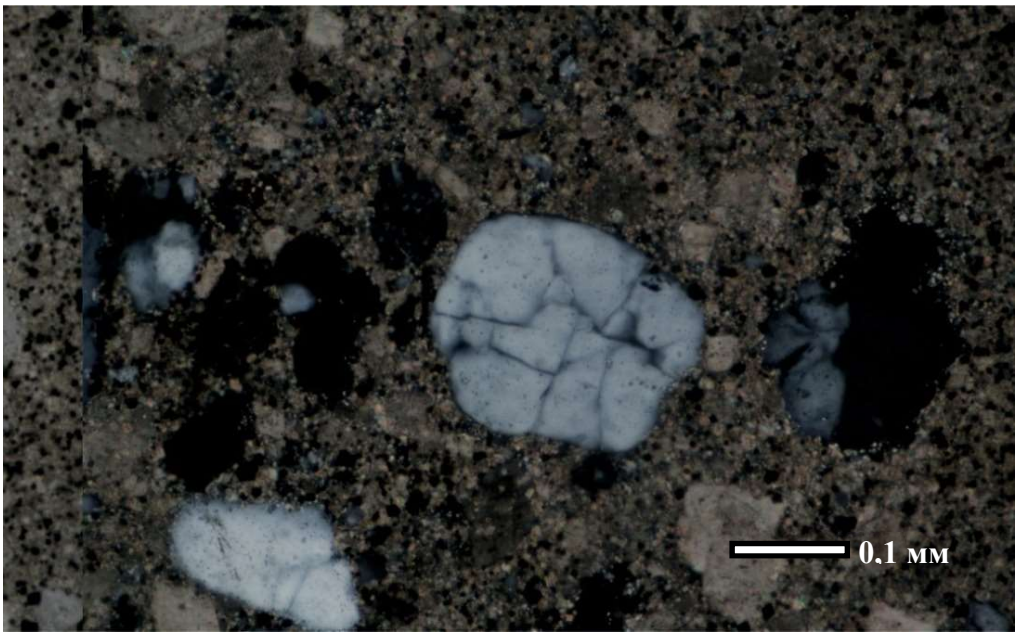


Рисунок 2.20 Зерна кварца с планарными трещинами. Микрофото прозрачного шлифа. Николи скрещены. Скважина СР-46, глубина 261,5 м

Иногда присутствуют песчаные зерна акцессорных минералов: апатита, циркона, железистой слюды и др. также относимых к кристаллокластическому материалу (Рисунок 2.21);

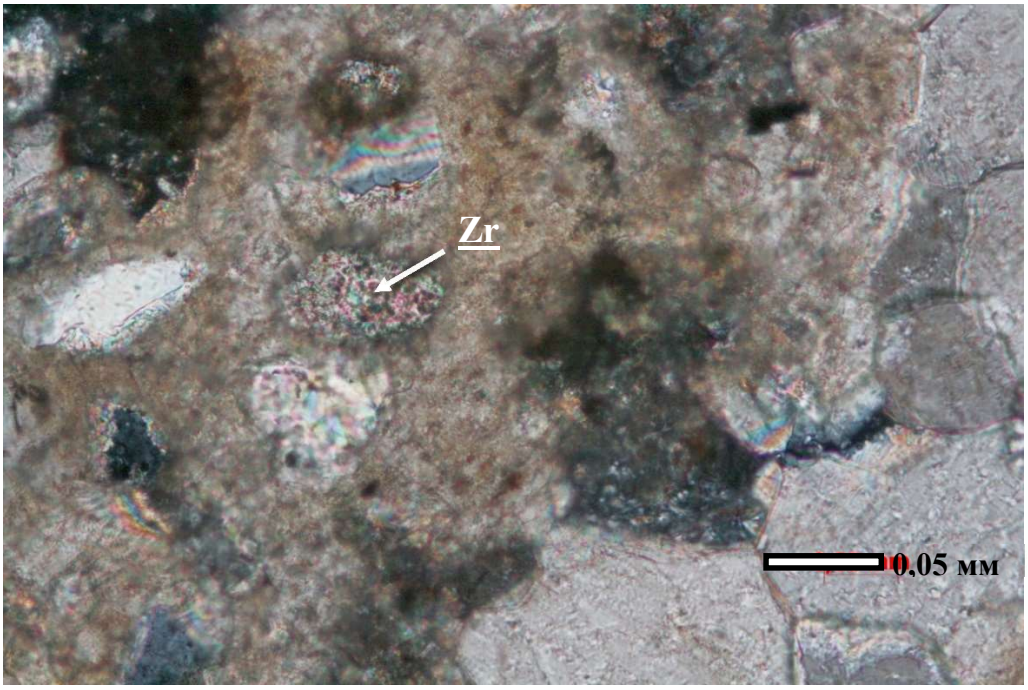


Рисунок 2.21 Мелкозернистый агрегат желтого кальцита с зерном обломочного циркона. Справа внизу – прожилок позднего прозрачного кальцита. Николи скрещены Микрофото шлифа 516-389-116,5 м

Отмечается присутствие вулканического стекла в виде изотропной массы (Рисунок 2.22).

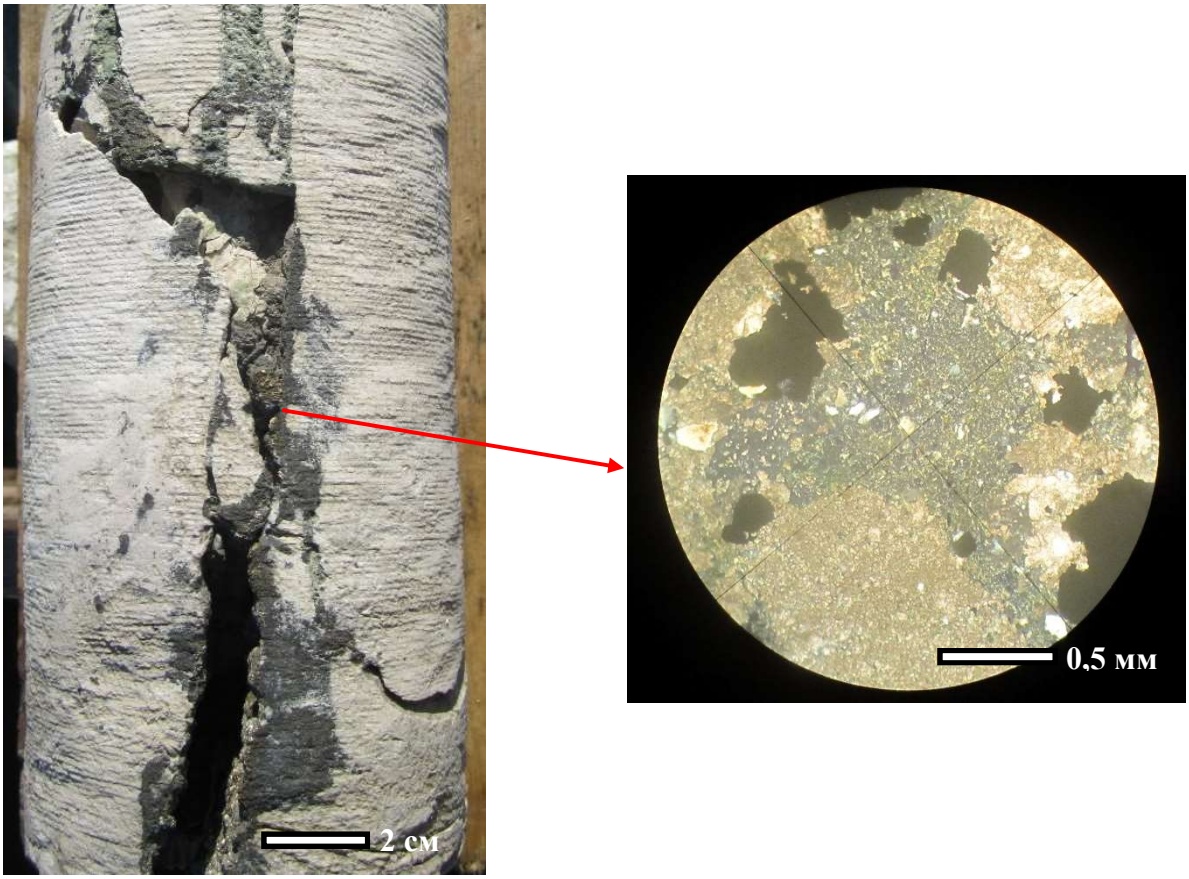
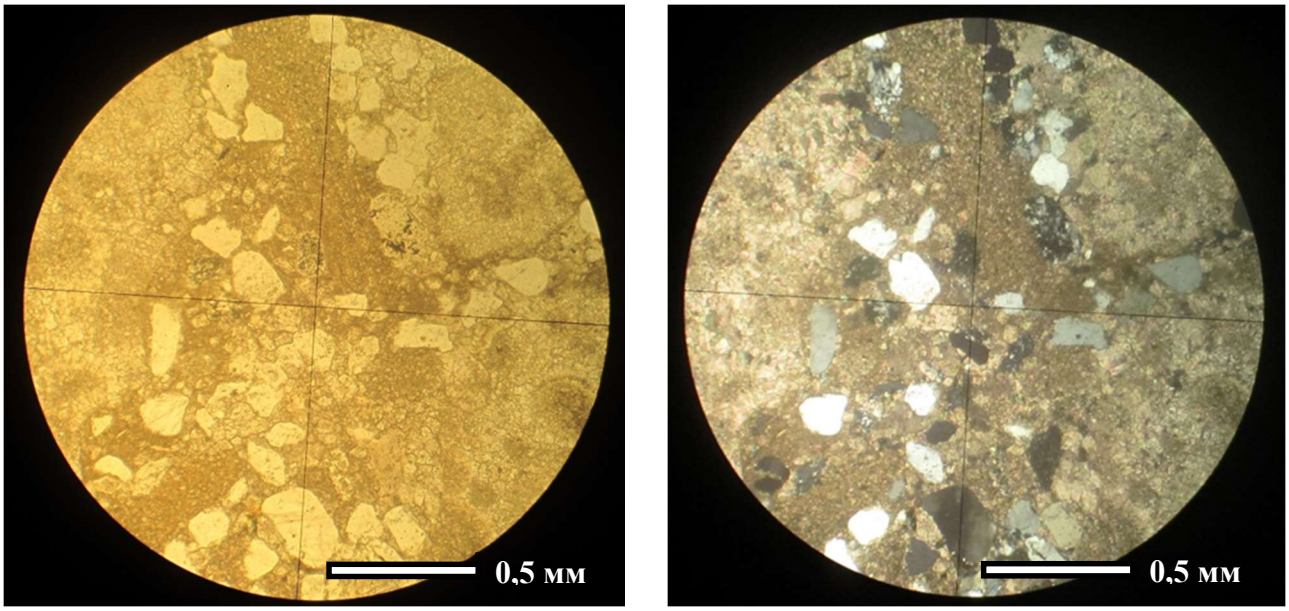


Рисунок 2.22 Скважина 484-420, глубина 106 м: а) пиритизированные трещины отрыва, выполненные агрегативным глинисто-карбонатным веществом в оолитовом известняке; б) Силикатный реликтовый кристалловитротуфовый материал в цементе брекчии с обломками известняков, доломитов, кварцита и разнозернистых зерен кварца, поздний кальцит и пирит, николи скрещены

Реже обнаруживаются мелкие обломки витротуфов песчаного или мелкогравийного размеров (Рисунок 2.23, Рисунок 2.24).

Рисунок 2.23 Брекчия с карбонатными породами и глинисто-карбонатным цементом. Скважина 470-438, глубина 103,6 м



а) **б)**

Рисунок 2.24 В микрозернистом доломитовом цементе брекчии песчаные зерна кварца, кварцитов и вулканического стекла. Микрофото шлифа, николи параллельны (а) и скрещены (б). Скважина 470-438, глубина 103,6 м

Имеет место присутствие желто-бурых выделений спутанно-волокнистого строения с микроиголками, слабой анизотропией и серыми цветами интерференции, которые представляются плохо раскристаллизованным вулканическим стеклом (Рисунок 2.25, Рисунок 2.26). Эти выделения явно корродируются основной массой карбонатов.

Рисунок 2.25 Карбонатный прожилок с обломками пород, скв. 456-395, глубина 82 м

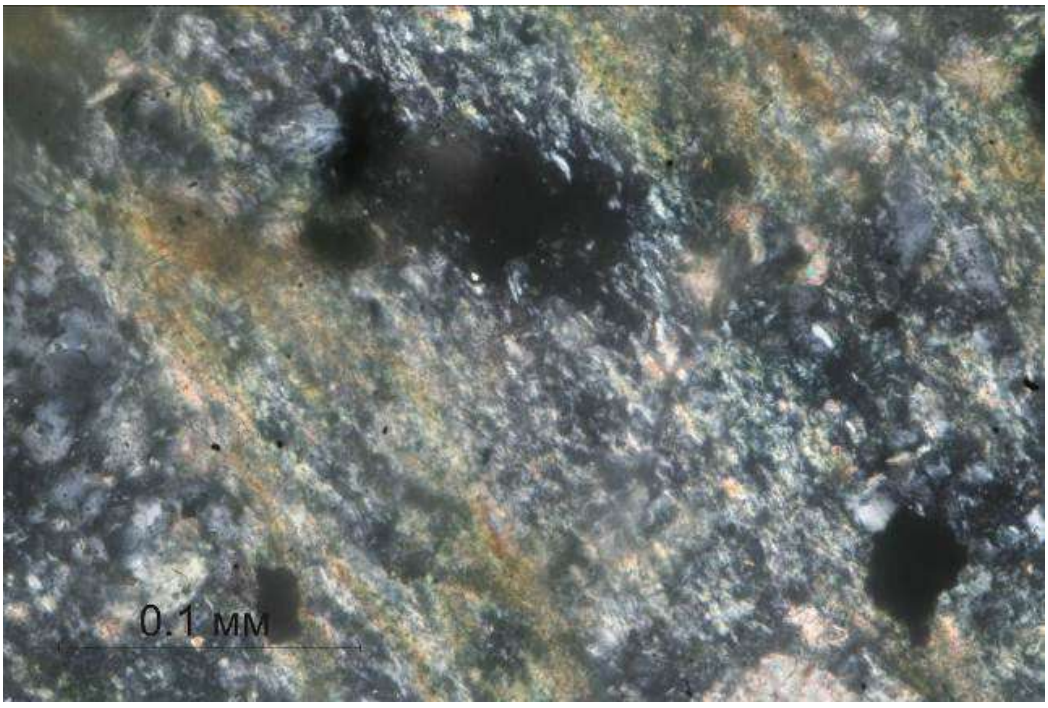


Рисунок 2.26 Хлоритизированная спутанно-волокнистая масса с низкими цветами интерференции и низким рельефом в прожилке. Скважина 456-395, глубина 82 м. Прозрачный шлиф, николи параллельны

Представляется, что вулканический туфовый материал по дифрактометрии диагностируются рентгеноаморфной фазой.

В ряде случаев в прожилках имеет место вторичное окварцевание и хлоритизация (Рисунок 2.27).

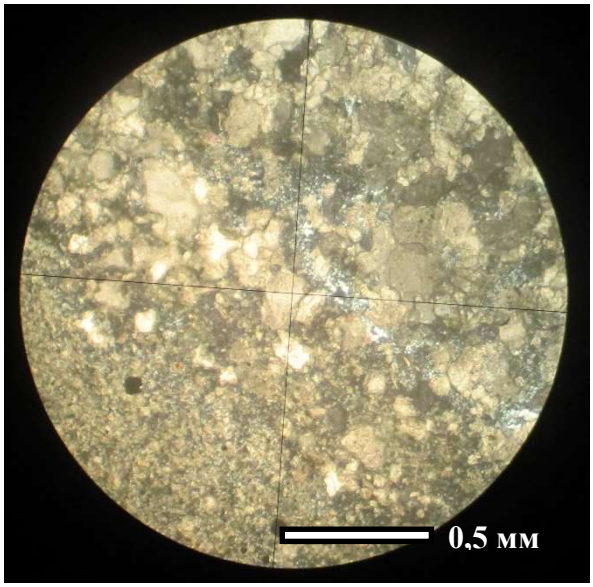


Рисунок 2.27 Вторичное окварцевание и хлоритизация в зальбанде прожилка в перекристаллизованном мелкозернистом оолитовом известняке.

Окварцевание в поровом цементе известняка затухает от прожилка. В реликтах — слабо раскристаллизованное вулканическое стекло, замещенное хлоритом. Поздний мелкозернистый доломит замещает вулканическое стекло. Поздний прозрачный мелкозернистый кальцит и метакристаллы пирита. Микрофото шлифа. Николи скрещены. Поле зрения - 1,8 мм. Скважина 518-458, глубина 103 м

Результаты петрографических исследований и рентгенофазовых анализов подтверждены при изучении цемента карбонатных брекчий и флюидизитовых прожилков в отраженных электронах и в характеристических излучениях элементов. Изучение химического состава минеральных индивидов и агрегатов проводили с помощью сканирующего электронного микроскопа EVO LS10 (Zeiss, Германия), оснащенного кремний-дрейфовым энергодисперсионным спектрометром Oxford X-MAX^{50} (Oxford, Великобритания). Качественную оценку содержания элементов (начиная от бора и выше, по атомному номеру) проводили без напыления непокрытого шлифа в режиме низкого вакуума (P=70Па), при ускоряющем напряжении 20кВ и токе на образце 470пА. Для тонких срастаний минералов в агрегатах оценивался усредненный химический состав на задаваемом оператором участке поверхности шлифа. Анализ проводился в лаборатории фундаментальных исследований ФГБНУ «НИИ глазных болезней» (аналитик И.А. Новиков).

В слабо анизотропном предположительно вулканокластическом материале обнаружено присутствие Al, Si, K, Mg (алюмосиликатов), Fe и S. Последние два компонента, очевидно, связаны с дисперсными выделениями вторичного пирита. В песчано-алевритовой фракции прожилков подтверждено присутствие редких кристаллов циркона. Среди песчаных зерен и цемента обнаружены фосфаты редких земель типа бритолита. Также подтверждено присутствие мельчайших оскольчатых вулканокластических зерен кварца (Рисунок 2.28).

В части прожилков по их экзонктактам устанавливается осветление, выраженное перекристаллизацией вмещающих карбонатных пород (Рисунок 2.29), что подтверждает эндогенное происхождение прожилков.

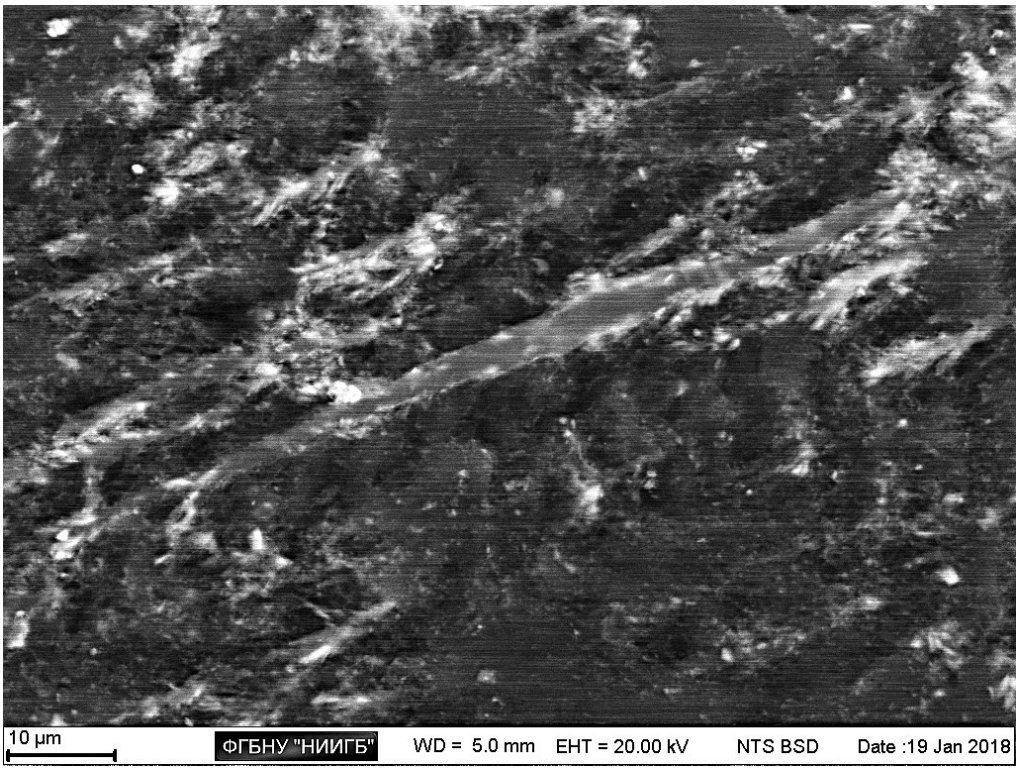


Рисунок 2.28 Иглоподобное зерно кварца, вероятно, вулканокластического происхождения в слабо анизотропной массе с выделениями глинистых минералов. Микрофото в обратно рассеянных электронах. Скв. 504-1, глубина 473 м

Рисунок 2.29 Экзонтактовое осветление серого карбонатного прожилка, сложенного серым микрозернистым агрегатом, включающим округлые обломки карбонатных пород. Скважина 520-Н-1, глубина 207 м

Приведенные выше данные сближают карбонатные брекчии и прожилки. Имеет место и их пространственная связь. В некоторых случаях зафиксированы непосредственные переходы от брекчий к прожилкам (Рисунок 2.30).

Таким образом, в Накынском поле, помимо кимберлитов и эруптивных брекчий базитов, проявлены древние взрывные карбонатные образования в виде брекчий и прожилков. Геологическими их признаками являются секущие

а)

б)

Рисунок 2.30 Прожилок с микробрекчией, с зелено-серым карбонатным цементом, переходящий в брекчию с карбонатными угловатыми и округлыми обломками: а) Скважина 524-Н-1, интервал 219,6-220 м; б) Скважина 364/Н3, глубина 134

контакты с вмещающими осадочными карбонатными породами, ассоциация с проявлениями хрупких деформаций, в том числе выполнение тектонических трещин скола и отрыва, различный состав обломков известняков и доломитов. Петрографо-минералогические признаки выражены коррозией кальцита и доломита песчаных зерен кварца и полевых шпатов и вулканического стекла; присутствием витро- и литокластического рентгеноаморфного материала; кристаллокластов кварца; песчаных зерен кварца с планарной трещиноватостью; наличие директивных полосовидных текстур распределения песчаных зерен параллельных границам крутопадающих прожилков.

Приуроченность рассматриваемых карбонатных брекчий и прожилков к верхним горизонтам нижнепалеозойского осадочного чехла, карбонатный состав цемента брекчий и основной массы прожилков и связь с разрывными нарушениями указывает на их образование во время фреатических взрывов кумулятивного типа.

Для кумулятивных взрывов характерно направленное распределение напряжений и хрупких деформаций вдоль ослабленных тектонических зон [Ромашов, 1980]. В этой связи надо напомнить, что образование кимберлитов также связывают с фреатовулканизмом [Махоткин, 2008, Lorenz, Kurszlaukis, 2007 и др.] и кумулятивными взрывами [Костровицкий, 1971, 2009].

3. Связь флюидоразрывных карбонатных брекчий и прожилков с кимберлитами и эруптивными брекчиями базитов

В данной главе приведено обоснование второго защищаемого положения «*Флюидоразрывные карбонатные брекчии и прожилки имеют сходные петрографо-минералогические и геохимические признаки с кимберлитовыми брекчиями и эруптивными брекчиями базитов. Области наибольшего разнообразия их минеральных компонентов маркируют участки проявления взрывных магматических образований*».

Главным вопросом в анализе флюидоразрывных карбонатных брекчий и прожилков является их пространственная, временная и, возможно, генетическая связь с палеовзрывными образованиями - кимберлитами и посткимберлитовыми эруптивными брекчиями основного состава. Ниже приведены сравнительные данные по вещественному составу и результаты детального картирования этих образований.

3.1. Черты сходства флюидоразрывных карбонатных образований с кимберлитами

Одним из доказательств временной близости флюидизитовых прожилков и кимберлитов является однотипная их позиция в микронарушениях. Так, известны факты выполнения кимберлитовыми жилами плоскостей сместителей микровзбросов [Игнатов, 2016]. Это считается подтверждением роли сдвигов в локализации алмазоносных кимберлитовых даек и трубок [Бушков, 2006, Гладков и др., 2014]. Предполагается, что взбросо-сдвиговый режим этапа внедрения кимберлитов сменил режим сбросо-раздвиговых деформаций предыдущего этапа внедрения траппов. В этой связи показателен факт выполнения флюидизитовым прожилком плоскости микровзброса, который пересекает серию микросбросов (см. Рисунок 2.14). Ранее в такой же позиции обнаруживались кимберлитовые

прожилки на участках Ботоубинской и Нюрбинской трубок и Мархинского объекта [Бушков, 2007].

Карбонатным брекчиям и прожилкам флюидоразрыва наиболее близки кимберлитовые брекчии с подавляющим количеством ксеногенного материала осадочных карбонатных пород в составе обломков и сопровождающие их прожилки. Так, при разведке месторождений алмазов кимберлитовой трубки Ботуобинская на ее восточном фланге описаны кимберлитовые брекчии, в составе которых были первые проценты собственно минералов кимберлитов [Фомин и др., 1998]. Довольно большие объемы таких кимберлитовых брекчий встречены и на месторождении трубки Удачная н некоторых других телах Якутской алмазоносной провинции [Костровицкий, 2009, Костровицкий и др., 2015]. В этой связи важное значение имеет диагностика такого типа кимберлитовых брекчий. Лишь после минералогической диагностики типичных кимберлитовых минералов они определяются однозначно как кимберлиты.

Примерно также сложно отличить маломощные кимберлитовые жилы и прожилки. Так, например, при оценке кимберлитовых жил на Озерном рудопроявлении в наклонной скважине СР-39-19, вскрывшей кимберлитовую брекчию в интервале 418-423 м, на глубине 414 м, в 4 м видимой мощности от висячего бока кимберлитовой жилы, вскрыт прожилок песчаного состава. Прожилок, как и многие флюидизитовые карбонатные прожилки, выполняет трещину скола (Рисунок 3.1).

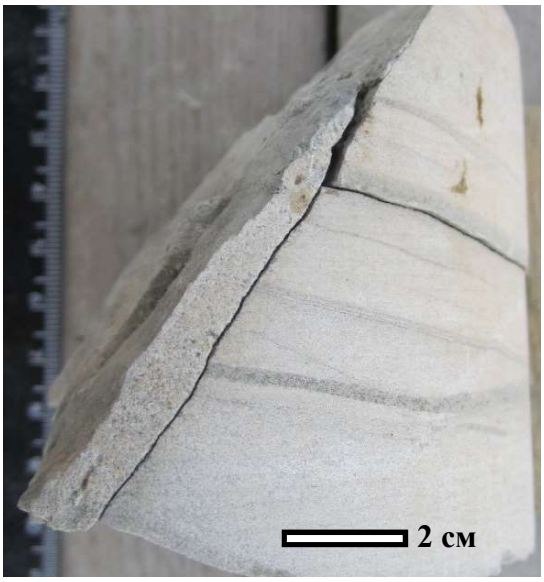
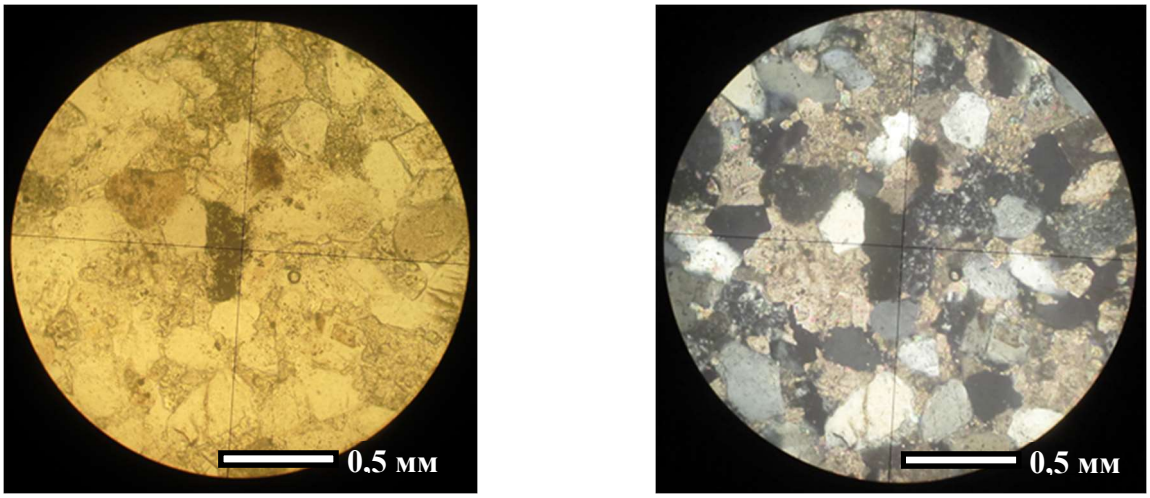


Рисунок 3.1 Прожилок песчаного состава в доломите мощностью около 0,7 см. Скважина СР-39-19, глубина 414

В шлифе этот прожилок представлен полевошпатово-кварцевым мелкозернистым песчаником с равномерно зернистым строением. В обломках превалирует кварц (около 70-80%), в меньшей мере имеются зерна микрокварцитов (5-10%), бурого плохо просвечивающего и слабо анизотропного вулканического стекла (5-10%) и калиевый полевой шпат (5-10%) (Рисунок 3.2).



а) **б)**

Рисунок 3.2 Микрофото прозрачного шлифа песчаного прожилка с агрессивным доломитовым цементом. Коричневые зерна - вулканический материал. В центре -новообразования пирита: а) - N //; б) - N+. Скважина СР-39-19, глубина 414 м

Форма зерен преимущественно угловатая, меньше угловато-округлая. Встречаются оскольчатые зерна кварца типа кристаллокластов вулканических

туфов. Цемент порово-базальный доломитовый. Доломит мелкозернистый, корродирует зерна кварца. Среди новообразований есть мелкие выделения пирита. От других флюидизитовых прожилков его отличает преимущественно песчаный состав.

В 5 м стволовой мощности от лежачего бока кимберлитовой жилы в этой же скважине зафиксированы карбонатно-песчаные прожилки, которые расширяются вверх по слою (Рисунок 3.3).

Рисунок 3.3 Флюидизитовые прожилки песчаной структуры. Образец ориентирован относительно залегания слоев. Видно расширение вверх наиболее мощного прожилка от подводящего нитевидного канала и его смещение по субпослойному микронарушению. Скважина СР-39-19, глубина 428,5 м

Интересно подчеркнуть малоамплитудное смещение прожилков по субпластовому микросдвигу. Аналогичные смещения кимберлитовой

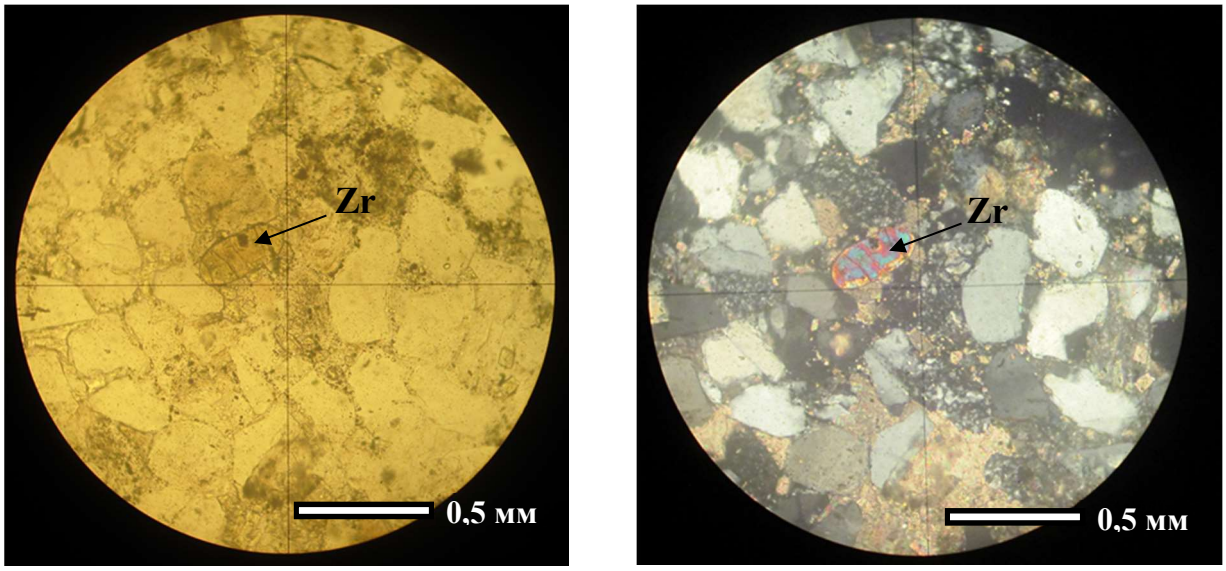
крутопадающей жилы можно было наблюдать в разведочной шахте Надежда трубки Ботуобинской (Рисунок 3.4).

Рисунок 3.4 Малоамплитудное послойное смещение крутопадающей кимберлитовой жилы мощностью 30 см месторождения тр. Ботоубинская. Рудный штрек разведочной шахты Надежда. Фото Я.И. Штейна

Аналогичную позицию кимберлитовой крутопадающей жилы можно было наблюдать в шахте трубки Интернациональная (Рисунок 3.5).

В шлифе из анализируемого прожилка Озерного рудопроявления (428,5 м) определен мелкозернистый песчаник равномерно зернистого строения. Состав и форма обломочных зерен близки описанному выше. Размер зерен составляет 0,1-0,15 мм. Среди обломочных зерен есть гипидиоморфнозернистые кристаллы циркона (Рисунок 3.6).

Рисунок 3.5 Малоамплитудное послойное смещение крутопадающей кимберлитовой жилы в пластах каменной соли. Шахта тр. Интернациональная, глубина 600 м. Фото В.И. Старостина



а) **б)**

Рисунок 3.6. Зерно циркона с округлыми гранями и вершинами в песчаном флюидизите. Видна коррозия доломитом зерен кварца и кварцитов. Микрофото шлифа Скважина СР-39-19, глубина 428,5 м: а) - N //; б) - N +.

Цемент поровый доломитовый и агрессивный относительно кварца. Есть более поздний кальцит, слагающий поровый и пойкилитовый цемент.

Зерна вулканического материала, оскольчатые кристаллы кварца, агрессивность доломита к песчаным зернам кварца и акцессорный циркон позволяют связать показанные песчаные прожилки с кимберлитами атакситовой текстуры.

Во многих разрезах в ассоциации с кимберлитами встречены прожилки, сложенные непрозрачными карбонатными агрегатами. В ряде случаев по наличию в таких прожилках кристаллов флогопита и граната, песчаных зерен эффузивов, установлено, что они выполнены кимберлитовым материалом. Так, в шлифе из прожилков, выполненных темно-серым мелкозернистым материалом, в керне разведочной скважины по Майскому месторождению Р7/4 с глубины 429 м отмечен песчаный материал (Рисунок 3.7, Рисунок 3.8).

Рисунок 3.7 Пологий контакт песчаника с обломками алевролитов с зеленовато-серым микрозернистым доломитом. Вблизи контакта темно-серые прожилки с агрегативным материалом. Фото штуфа скв. Р7/4, глубина 429 м

В его составе имеются мелкозернистый песчаник с заметной сортировкой угловатых и угловато-округлых зерен: кварца (70-80%), кварцитов (15-20%), плохо раскристаллизованных микрозернистых бурых вулканитов (1-2%); мелкозерннанистые доломитизированных известняков (1-2%), единичные зерна граната и микрообломки кимберлита. В порово-контактовом цементе присутствует крупно-среднезернистый кальцит, в поровом цементе – пирит, пойкилитовом – гипс.

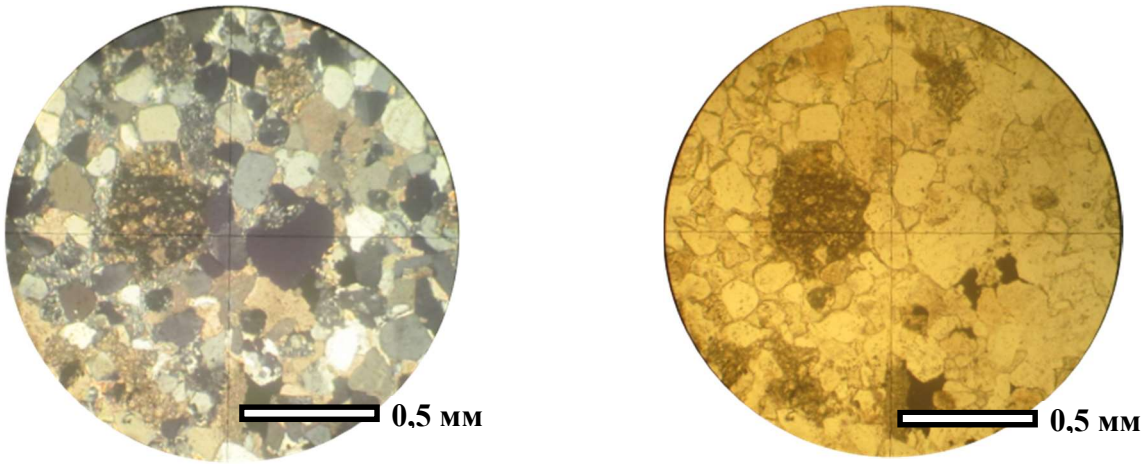


Рисунок 3.8 Коричневый обломок доломитизированного кимберлита с серпентином в составе прожилка. Микрофото прозрачного шлифа скв. 7/4, глубина 429 м: а) - N+; б) - N||

В разведочной скважине Р8/6 Майского месторождения на глубине 240,5 м вскрыт прожилок с обломками песчаной размерности. В шлифе вмещающая порода представлена микрозернистым доломитом. Прожилок имеет неоднородный состав с двумя полосками мощностью 0,3-0,4 мм мелкозернистого песчаника и мелкозернистого доломита. В составе песчаной фракции имеется кварц и флогопит с директивной структурой, субпараллельной границе прожилка (Рисунок 3.9).

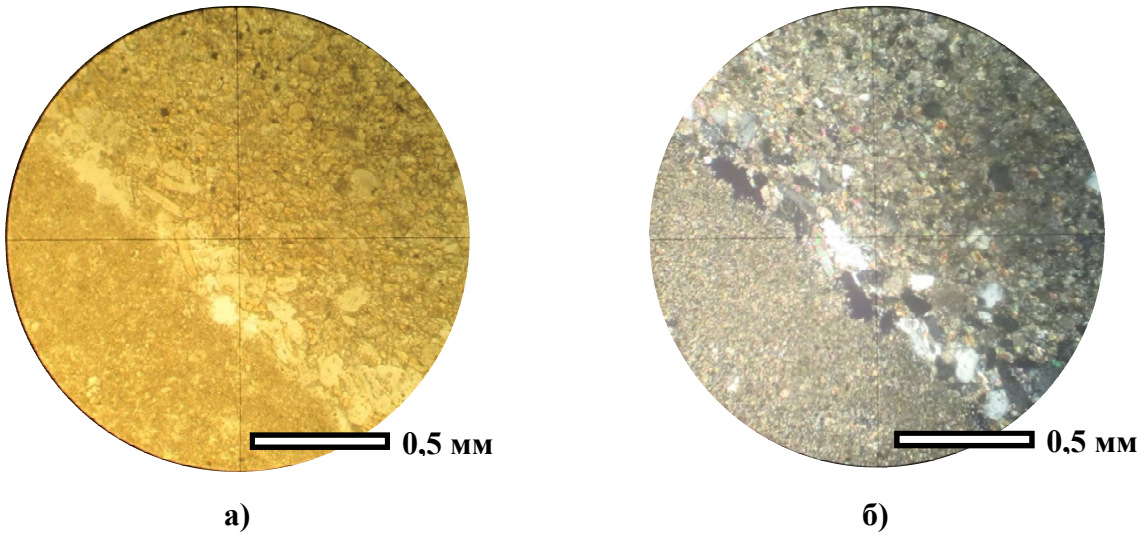


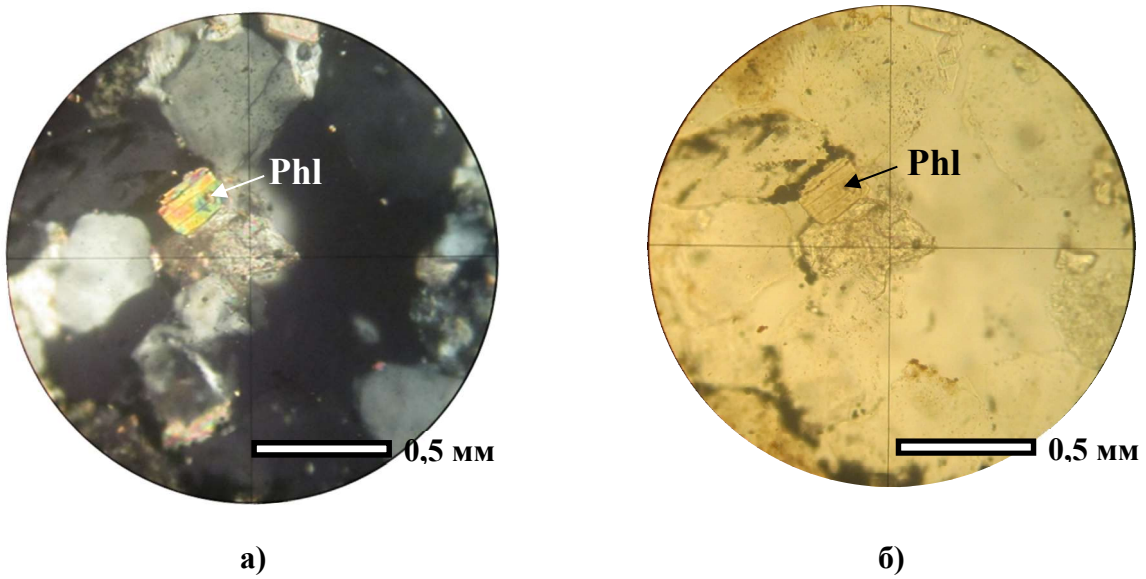
Рисунок 3.9 Контакт прожилка доломито-песчаного состава и доломита. Фото шлифа Скважина Р8/6, глубина 240,5 м: а) - N||; б) - N+

Удлиненные зерна кварца также субпараллельны границе прожилка. Директивные структуры указывают на флюидальное происхождение, вероятно, кимберлитового материала.

Субвертикальный песчаный прожилок вскрыт также на глубине 445,5 м (Рисунок 3.10).

Рисунок 3.10 Субвертикальный прожилок песчаного состава в доломите. Фото керна разведочной скв. Р8/6 Майского месторождения, глубина 445,5 м

В шлифе из этого прожилка отмечен мелкозернистый песчаник преимущественно кварцевого состава, содержащий зерна кварцитов, полевых шпатов, эффузивов и единичные зерна граната и флогопита (Рисунок 3.11).



а) **б)**

Рисунок 3.11 Кристалл флогопита в прожилке песчаного состава. Микрофото скв. Р8/6, глубина 445,5 м: а) - N+; б) - N||

В разведочной скважине Р0,5/1, пройденной на окончании рудовмещающей кимберлитовой дайки Майского месторождения, на глубине 121,5 м вскрыта серия субпараллельных прожилков, выполненных синевато-зеленым тонкозернистым материалом (Рисунок 3.12).

Рисунок 3.12 Серия субпараллельных прожилков в доломитах, выполненных синевато-зеленым тонкозернистым материалом. Фото штуфа Скважина Р0,5/1, глубина 121,5 м

Вмещающая порода представлена перекристаллизованным оолитовым известняком с каемочно-поровым среднезернистым кальцитовым цементом. Прожилок сложен разно-, мелко-среднезернистым песчанистым материалом. В его составе имеется преимущественно кварц, в меньшей мере кварциты и полевые шпаты, присутствуют обломки разных известняков, бурого вулканического стекла, зерна глауконита. Обнаружено крупное (до 0,5 мм) изогнутое зерно хлоритизированного флогопита (Рисунок 3.13)

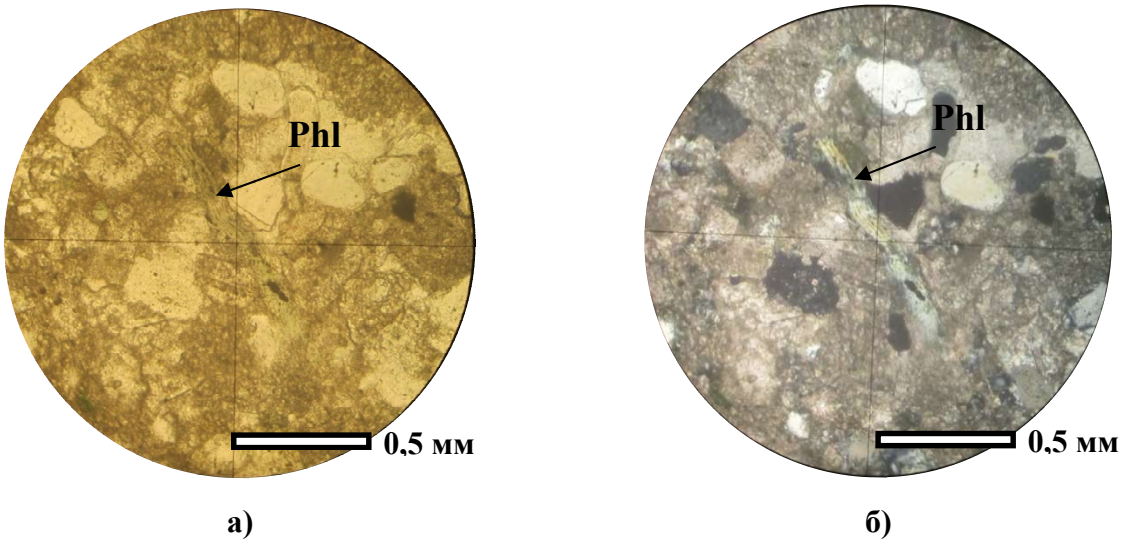


Рисунок 3.13 Крупный изогнутый кристалл флогопита в песчано-доломитовом материале прожилка. Фото шлифа Скважина Р0,5/1, глубина 121,5 м: а) - N||; б) - N+

Развиты метакристаллы вторичного доломита и пирита. Отмечается коррозия доломитом обломочных зерен кварца и вулканического стекла. Зерна флогопита, указывают на кимберлитовый материл прожилка.

Кимберлитовые прожилки, похожие на флюидизитовые карбонатные, были вскрыты на окончании кимберлитовой дайки Мархинского рудопроявления алмазов [Бушков, 2004]. Так, в скв. Д71, на глубине 120 м вскрыты синевато-зеленые вертикальные прожилки, выполненные непрозрачным карбонатом и содержащие мелкие обломки вмещающих известняков (Рисунок 3.14).

Рисунок 3.14 Сближенные карбонатные прожилки в зеленовато-сером известняке. Скважина Д71, глубина 120 м. Фото К.Ю. Бушкова

В этой скважине кимберлитовые брекчии, содержащие зерна красного пиропа, были вскрыты на глубинах 108 м и 115,5 м [Игнатов и др., 2003].

При детальном изучении прожилков в них обнаружены листочки флогопита песчаного размера. В шлифе флогопит слагает песчаные и алевритовые псевдогексагональные кристаллы.

Кристаллы флогопита были обнаружены и в прожилках агрегативного карбоната в керне наклонной скважины Н-37/1 на Озерном рудопроявлении на глубине 170 м. (Рисунок 3.15).

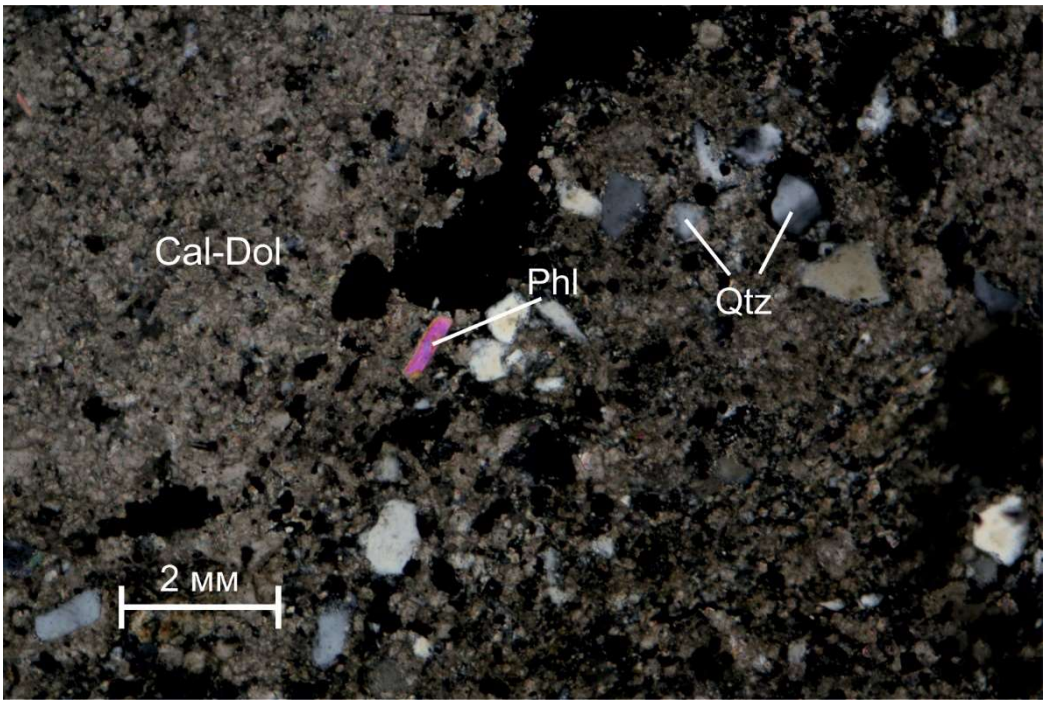


Рисунок 3.15 Зерна кварца и флогопита в кальцит-доломитовом агрегате флюидизитового прожилка. Микрофото шлифа. Николи скрещены. Скважина Н-37/1, глубина 331 м

Приведенные примеры показывают большое сходство карбонатных прожилков, в которых устанавливаются признаки флюидоразрывного генезиса с собственно кимберлитовыми прожилками.

3.2. Карбонатные брекчии и прожилки, связанные с эруптивными брекчиям базитов

В непосредственной близости к эруптивным брекчиям базитов встречаются брекчии с обломками карбонатных пород и силикатно-карбонатным цементом, а также прожилrи макроскопически схожие с флюидизитовыми. Так, в скв. 5-47-Н1, вскрывшей эруптивные брекчии базитов, на глубине 523 м в плоскости взброса локализован прожилок микробрекчиевой текстуры (Рисунок 3.16).

Рисунок 3.16 Микробрекчиевый карбонатный прожилок с гравийными остроугольными обломками доломитов в плоскости взброса. Скважина 50-47-Н1, глубина 523

В шлифе гравийные обломки доломита сцементированы базально-поровым глинисто-хлорит-корренситовым агрегатом, содержащим песчаные зерна кварца и полевых шпатов. Минеральный состав диагностирован к. г.-м. н. Л.В. Лисковой по данным дифрактометрии в лаборатории НИГП АК «АЛРОСА».

В другом разрезе по скв. 484-Б1, также вскрывшей эруптивные брекчии базитов, наблюдался похожий прожилок грязно зеленого цвета, пересекающий брекчированные слойки кембрия (Рисунок 3.17).

Рисунок 3.17 Темно-зеленый прожилок в плоскости микросбросов в брекчированных слоистых глинистых доломитах. Скв. 484-Б1, глубина 317,5 м

В шлифе прожилок сложен микрозернистой скрытокристаллической глинисто-хлоритовой массой, вероятно, вулканического стекла с новообразованиями кварца, кальцита и пирита. По данным дифрактометрии,

выполненной Л.В.Лисковой в НИГП АЛРОСА, прожилок содержит хлорит (54%), кварц (12%), смектит (7%) и слюду (1%).

На юго-востоке от Нюрбинской кимберлитовой трубки описаны карбонатные брекчии, сложенные тонкозернистым агрегатом карбоната, содержащего серпентин. Между карбонатными обломками наблюдаются прожилки позднего кальцита вместе с бледно-коричневым хлоритоподобным минералом [Киселев и др., 2016]. В их цементе установлены доломит (30-60%), кальцит, хлорит, серпентин (10-15%), глинистые минералы (монтмориллонит), тальк (?). Содержание серпентина в карбонатных брекчиях сильно варьирует.

Таким образом, для брекчий и прожилков, ассоциирующих с эруптивными брекчиями базитов, характерны хлорит, смектиты, реже серпентин.

3.3. Сравнительные геохимические данные

По геохимическим характеристикам рассматриваемые карбонатные брекчии и прожилки существенно отличаются от посткимберлитовых базитов и в целом близки к вмещающим осадочным карбонатным породам ордовика (Таблица 3.1).

Таблица 3.1 Пределы содержаний некоторых элементов (ppm) в посткимберлитовых базитах трубки Нюрбинская, флюидоразрывных карбонатных брекчиях и прожилках и карбонатных осадочных породах ордовика Накынского поля

Порода	**Cr**	**Ni**	**V**	**Co**	**Zr**	**Ce**	**Ti**
Неизмененные карбонатные породы (7 проб ICP MS)	15 -101	4,2 -28	7,6 - 34	1,5 - 12	13 - 49	13 - 37	411-1679
Флюидизиты (18 проб ICP MS)	18 - 3012	12 - 54	6,7 - 48	0,57-9,4	3,7 - 80	13 - 55	128-2590
Кимберлиты Накынского поля (8 проб) [Костровицкий и др., 2015]	379 – 1435	320 – 1100	22,9 – 118,6	25 – 131	36,2 – 90,2	12,53 – 54,9	1438-4314
Посткимбер-литовые базиты трубки Нюрбинская (6:	31 - 60	44 - 52	43 - 396	43 - 66	264 - 600	100,1 - 125,8	3578 - 4095

проб) [Киселев и др., 2016]							
Карбонатиты щелочно-ультраосновных комплексов (среднее) [Лапин и др., 2004]	165	19	4	4	50	77	2440
Карбонатиты кимберлитовые (среднее)[Лапин и др., 2004]	910	710	15,4	8	6,5	115	9110

Примечание: анализы выполнены методом ICP MS в лабораториях ИЗК РАН, г. Иркутск [Киселев и др., 2006] и в лаборатории МГУ (зав. лаб. Я.В. Бычкова).

Материал флюидизитовых прожилков содержит большое количество карбонатных обломков и мелкозернистого карбоната, что определяет его геохимическую схожесть с вмещающими известняками и доломитами. Однако, флюидизиты отличают более высокие содержаниями хрома, никеля и ванадия. Это сближает их с кимберлитами, для которых характерны высокие концентрации этих сидерофильных элементов [Харькив и др., 1998].

Для того, чтобы выявить геохимические особенности прожилков, из образцов керна отобраны парные пробы флюидизитов и непосредственно вмещающих их карбонатных пород и определены содержания микроэлементов (Таблица 3.2).

Таблица 3.2 Сравнительные содержания элементов во флюидизитовых прожилках и вмещающих их породах по парным пробам, ppm

Содержание, ppm	флюидизит	вмещ. порода	флюидизит	вмещ. порода	флюидизит	вмещ. порода	флюидизит	вмещ.порода	флюидизит	вмещ.порода
Sr	147.66	42.89	316.23	71.46	127.90	101.06	298.33	179.80	85.66	164.27
Y	9.46	8.19	13.98	11.05	14.09	5.86	15.95	11.03	9.20	6.60
La	40.67	18.80	25.38	6.70	6.91	7.56	16.60	10.30	9.03	6.21
Ce	78.19	36.52	51.87	14.87	18.12	14.13	27.18	19.69	19.09	10.99
Pr	8.87	4.26	6.11	1.78	2.54	1.62	4.10	2.50	2.34	1.30
Nd	29.81	14.98	23.44	7.24	10.67	6.18	16.22	9.72	9.15	4.77
Sm	4.50	2.45	4.48	1.76	2.62	1.34	3.37	2.14	2.00	1.00
Eu	0.43	0.33	0.72	0.45	0.53	0.30	0.77	0.50	0.45	0.24
Gd	4.46	2.44	4.12	1.74	2.30	1.18	3.11	2.09	1.79	0.92
Tb	0.53	0.33	0.63	0.33	0.45	0.19	0.53	0.37	0.30	0.16
Th	17.07	6.38	5.07	1.14	4.07	1.52	2.67	2.13	2.66	1.33
U	1.30	0.82	5.60	0.69	2.29	1.70	1.83	0.86	1.78	1.50
Zr	34.86	13.16	19.87	16.01	80.28	14.98	49.74	22.85	43.43	19.77
Nb	5.34	1.81	3.66	1.73	5.88	2.19	3.85	3.05	3.73	3.06
Номер скважины-глубина, м	474-402-104,5а	474-402-104,5б	496-439-137а	496-439-137б	524-438-102а	524-438-102б	553-437-145 а	553-437-145 б	518-458-103а	518-458-103б

Примечание: анализы выполнены методом ICP-MS в лаборатории МГУ им. М.В. Ломоносова, аналитик Бычкова Я.В. Цветом подчеркнуты отличия содержаний.

Во всех образцах флюидизитов выявлены повышенные содержания стронция, иттрия, ниобия, редкоземельных элементов, урана и тория по сравнению с вмещающими породами [Ходня и др., 2018]. Указанная особенность свойственна кимберлитам Якутской алмазоносной провинции [Кимберлиты..., 2010, Лапин и др., 2014, Леснов, 2002]. В этой связи повышенные содержания этих элементов в карбонатных флюидизитах можно связать с привносом материала из магматических кимберлитовых образований.

Для флюидизитовых прожилков, в отличие от вмещающих пород, наблюдается больший разброс содержаний рубидия и бария. Это характерно и для кимберлитов Накынского поля [Кимберлиты ..., 2010] Значительные колебания

литофильных элементов, вероятно, связаны с более активным проявлением флюидной фазы в процессе формирования кимберлитов и флюидизитов.

Во флюидизитах следует отметить повышенное содержание лантана, вплоть до образования лантановых минералов (установленные фазы бритолита) (Рисунок 3.18), что рядом исследователей также отнесено к характеристике кимберлитовых пород [Бурков, Подпорина, 1966, Dawson, 1962].

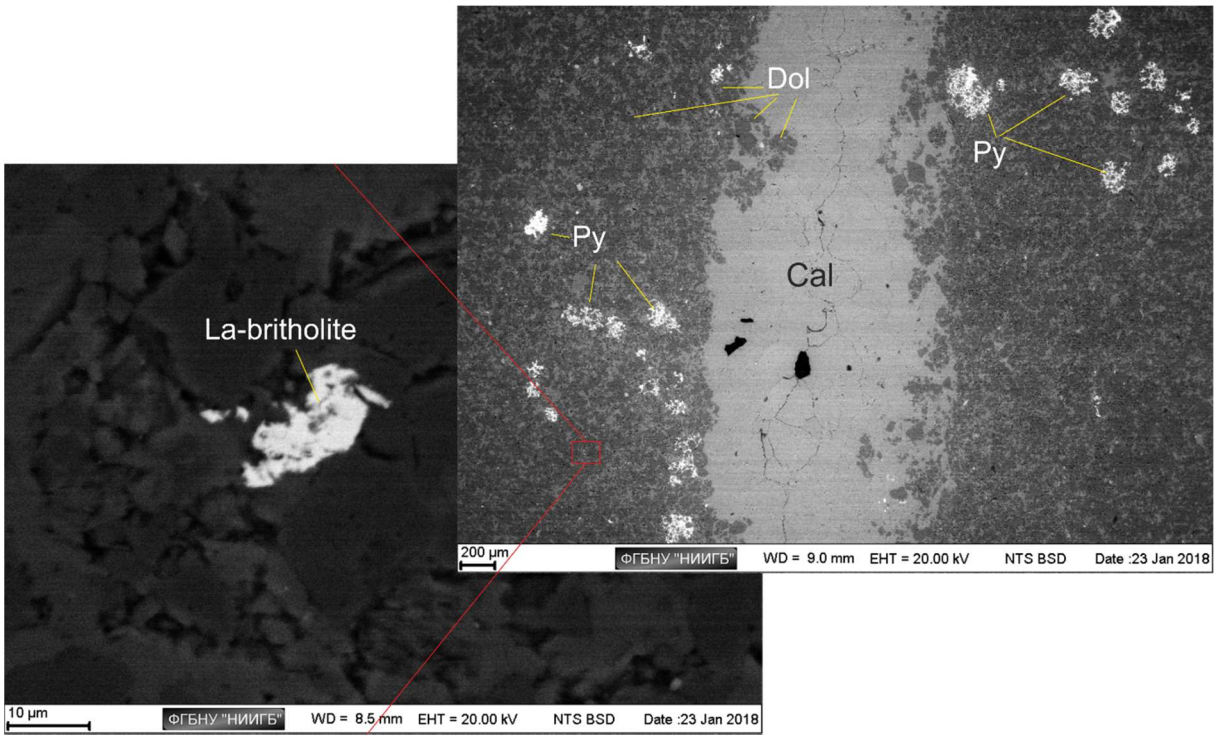


Рисунок 3.18 Материал карбонатной массы флюидизитового прожилка с вторичным пиритом и макроскопическим зерном бритолита. Скважина Н-37/1, глубина 245 м [Hodnia M.S., Ignatov P.A., 2018]

Результаты термографического и рентгенографического изучения карбонатов рассматриваемых прожилков, карбонатов осадочных пород нижнего палеозоя и кимберлитов показали их отличия по кристаллографическим параметрам и удельной теплоте диссоциации, которая изменяется от 111 до 833 дж/гр. [Лисковая и др., 2013].

Взрывные образования Накынского поля различаются по соотношению кальцита и доломита. Выявился тренд относительного возрастания доломита над кальцитом в ряду кимберлиты – эруптивные брекчии базитов - флюидоразрывные карбонатные брекчии и прожилки – вмещающие осадочные породы.

Сопоставление этих отношений с удельной теплотой диссоциации карбонатов из данных образований показывает их существенные отличия (Рисунок 3.19).

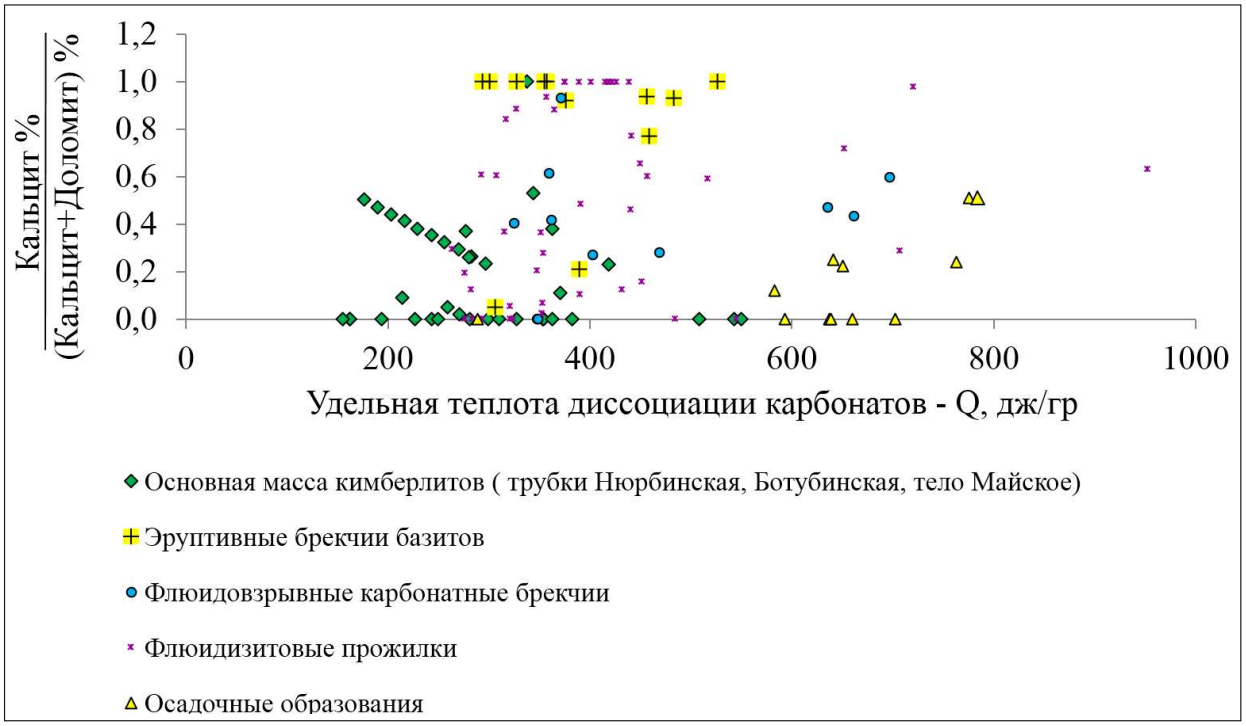


Рисунок 3.19 Соотношение доломита и кальцита и их Q из кимберлитов, эруптивных брекчий базитов, карбонатных флюидовзрывных брекчий и прожилков (флюидизитов) и вмещающих их осадочных пород ордовика Накынского поля

Установленные отличия карбонатов флюидизитов и кимберлитов, вероятно, отражают высокие содержания в них микронных газово-флюидных включений и примесь дисперсной пирокластики.

3.4. Результаты детального картирования компонентов флюидоразрывных карбонатных образований

Для анализа площадного распределения флюидизитовых образований в более крупном масштабе была создана база данных по рассмотренным выше компонентам, указывающим на их взрывное происхождение В базу данных вошли характеристики петрографической диагностики по ряду составляющих: a – желто-бурый мелкозернистый агрегат кальцита и доломита; b – витрокластика, сложенная желто-бурым спутанно-волокнистым слабо анизотропный и изотропным просвечивающим материалом рентгеноаморфным (?); c – примесь

кристаллокластов - оскольчатых алевритовых и песчаных зерен, d – наличие зерен кварца с планарной трещиноватостью; e – песчаные и (или) гравийные зерна вулканического стекла, f – акцессорные песчаные зерна циркона, апатита и др, g – директивное распределение алевритовых и песчаных зерен вдоль границ прожилка, иногда полосчатость карбонатов. Фрагмент такой базы данных приведен в Таблица 3.3.

Таблица 3.3 Компоненты карбонатных брекчий и прожилков

№ скважины	**Глубина отбора**	**Описание**	**Код признака**
32-1	118,5	Агрегированный прожилок поперек слойчатости с двумя генерациями кальцита, ранним желтым мелко/з и поздним крустификационным	а
Н-12-8	112,5	Микро - прожилково-клиновидное выделение с оскольчатыми зернами кварца	а, в
24-3	198	Микро пирит- кальцитовый прожилок пересекает кальцит-пиритовый с линзочками бурого цвета и метазернами доломита	а
Н-36-150	238	Макро. От кимберлитовой жилы ответвляются жилы с цементом мелкозернистым песчанистым светло-серым, таким же как и в КБ	а, б, в
Ан-Н-9-2Гр	105	Макро - брекчия карбонатных пород с агрегативным зеленым цементом. Микро - в цементе - вулканическое стекло. Эруптивная брекчия базитов.	а, д
Б-20-7	354	Макро - брекчия карбонатных пород с цементом силикатным и карбонатным. Микро - прожилки микрокристаллического доломита с пиритом и крупными кристаллами доломита.	а
Б-20-7	430,5	Макро - брекчия карбонатных пород. Микро: в цементе мелкокристаллический доломит с округлыми зернами кварца и кварцитов и оскольчатыми зернами кварца. Зерна кварца трещиноватые и катаклазированные.	а, в, г

Эти данные были встроены в общую базу данных по Накынскому полю. Таким образом, появилась возможность картирования не только флюидовзрывных брекчий и прожилков, но и их компонентов.

Следует отметить примерно равную достаточно плотную, достигающую 40х50 м и плотнее сеть буровых скважин на рассмотренных участках. В абсолютном большинстве случаев (более 80%) диагностика флюидоразрывных брекчий и прожилков проведена по единой методике, включающей полевые наблюдения в керне, петрографические исследования и рентгенофазовые анализы.

В образцах флюидизитовых прожилков, отобранных в непосредственной близости от кимберлитовых тел (до 30 м), наблюдается наибольшая совокупность выделенных признаков. В шлифах из прожилков, где поблизости нет алмазоносных трубок, наблюдается один-два признака. Это имеет место на всех участках алмазоносных трубок и даек (Рисунок 3.20 -Рисунок 3.23).

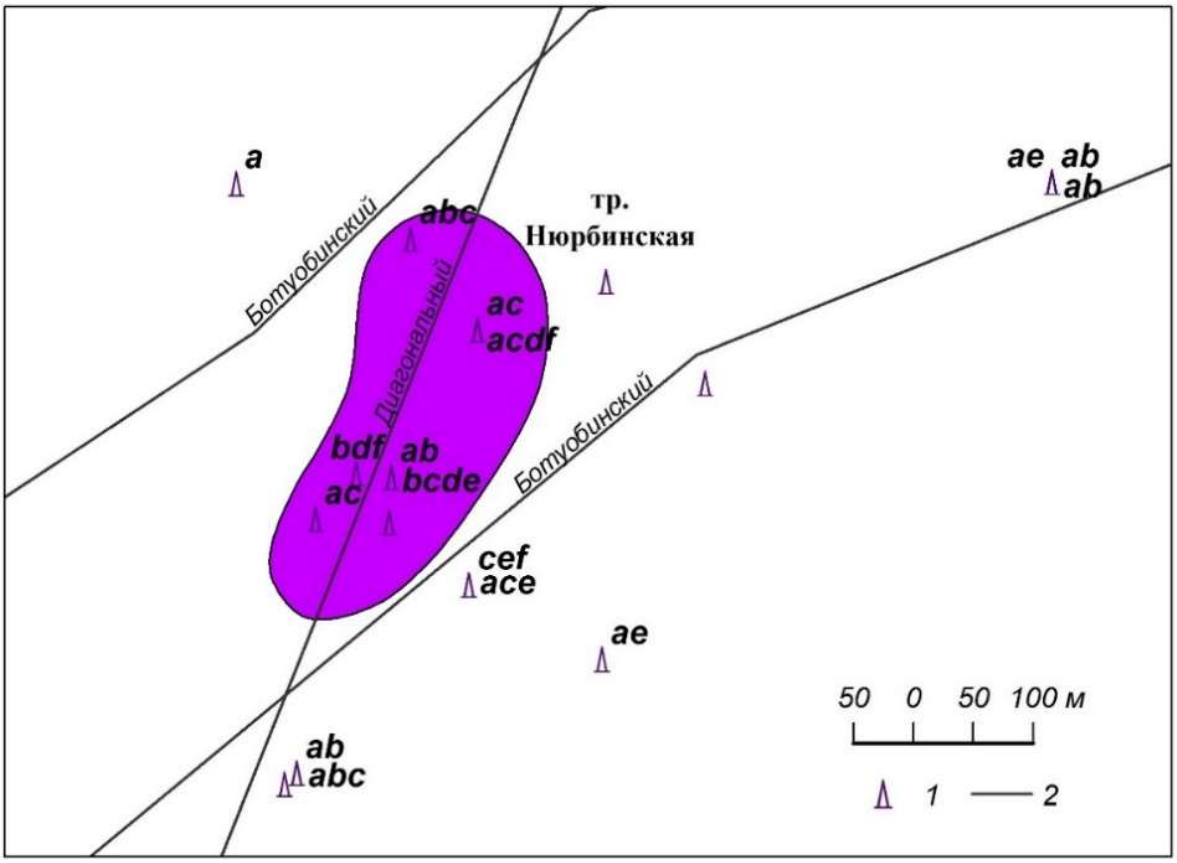


Рисунок 3.20 Распространение разных компонентов флюидизитов на участке Нюрбинского месторождения

1 – флюидизиты с характеристиками: a – агрегат кальцита и доломита, b –витрокластический материал; c – крситаллокласты кварц и полевых шаптов; d – зерна кварца с планарной трещиноватостью; e – песчаные и гравийные зерна вулканического стекла, f – зерна акцессорного циркона, апатита и др, g – директивное распределение песчаных зерен вдоль границ прожилка, иногда полосчатость карбонатов, 2 – разломы.

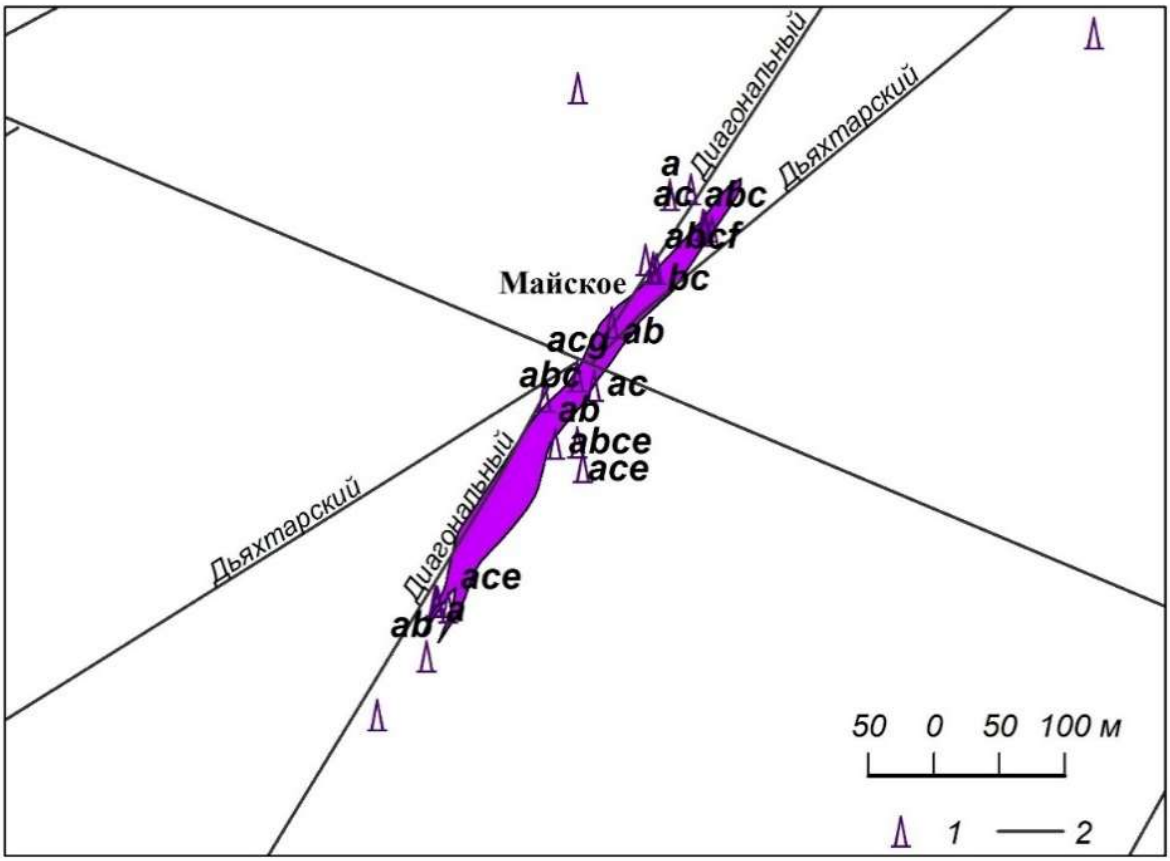


Рисунок 3.21 Распространение разных компонентов флюидизитов на участке Майского месторождения

1 – флюидизиты с характеристиками: a – агрегат кальцита и доломита, b –витрокластический материал; c – крситаллокласты кварц и полевых шаптов; d – зерна кварца с планарной трещиноватостью; e – песчаные и гравийные зерна вулканического стекла, f – зерна акцессорного циркона, апатита и др, g – директивное распределение песчаных зерен вдоль границ прожилка, иногда полосчатость карбонатов, 2 – разломы.

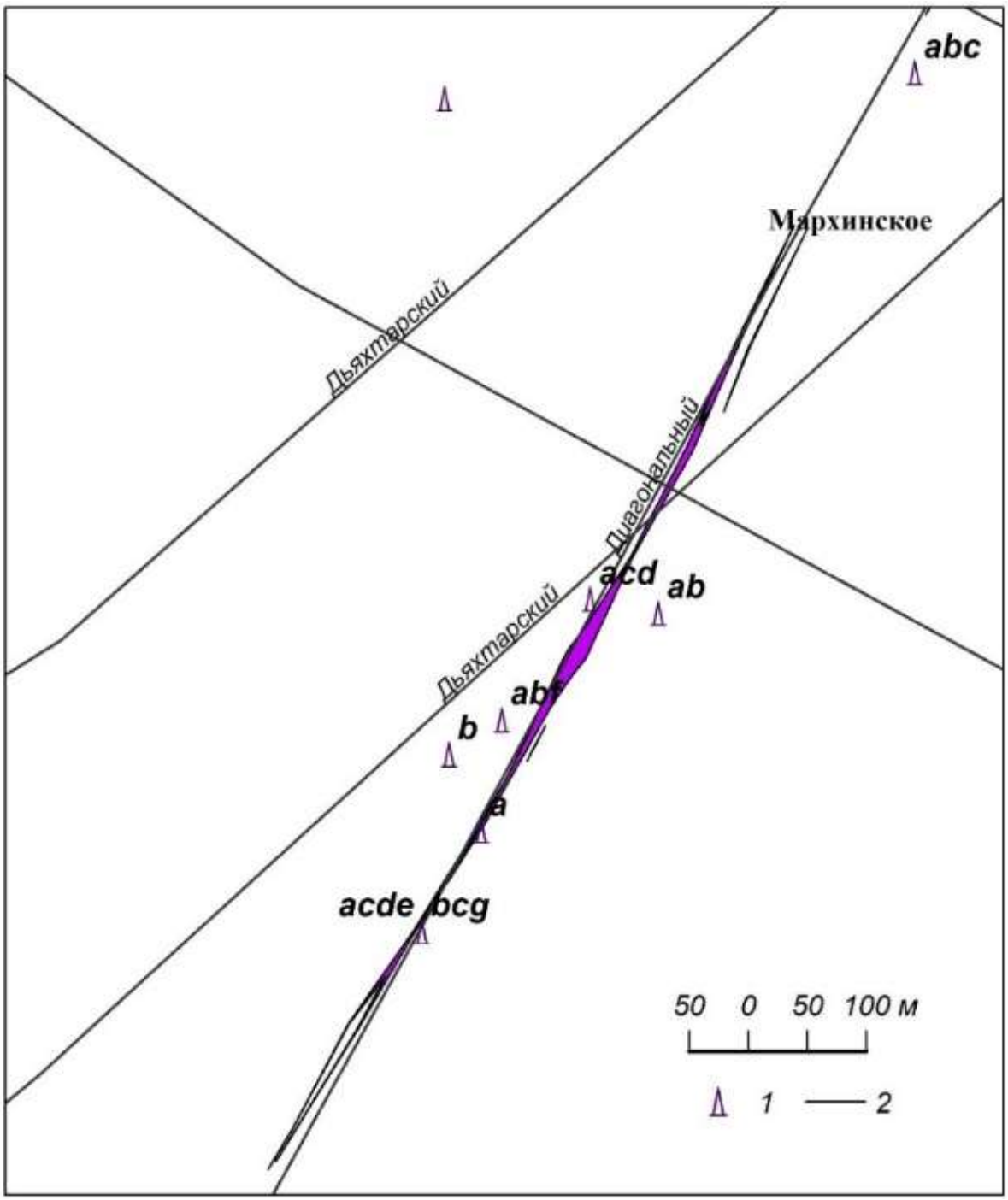


Рисунок 3.22 Распространение разных компонентов флюидизитов на участке Мархинского объекта

1 – флюидизиты с характеристиками: a – агрегат кальцита и доломита, b –витрокластический материал; c – кристаллокласты кварца и полевых шаптов; d – зерна кварца с планарной трещиноватостью; e – песчаные и гравийные зерна вулканического стекла, f – зерна акцессорного циркона, апатита и др, g – директивное распределение песчаных зерен вдоль границ прожилка, иногда полосчатость карбонатов, 2 – разломы

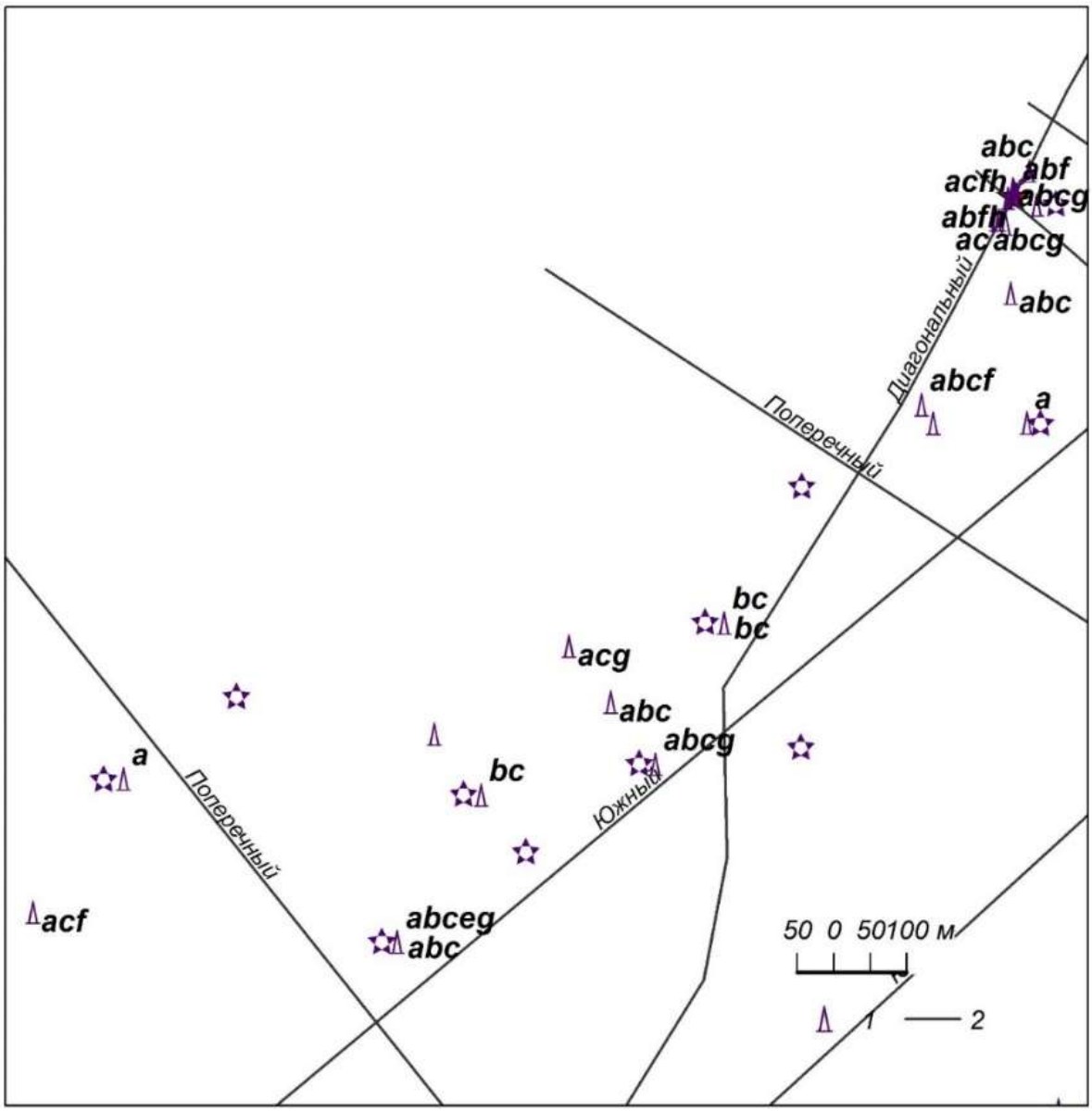


Рисунок 3.23 Распространение разных компонентов флюидизитов на участке Озерного рудопроявления

1 – флюидизиты с характеристиками: a – агрегат кальцита и доломита, b –витрокластический материал; c – кристаллокласты кварц и полевых шпатов; d – зерна кварца с планарной трещиноватостью; e – песчаные и гравийные зерна вулканического стекла, f – зерна акцессорного циркона, апатита и др, g – директивное распределение песчаных зерен вдоль границ прожилка, иногда полосчатость карбонатов, 2 – разломы.

Компоненты фдюидоразрывных карбонатных образований также имеют место вблизи проявлений эруптивных брекчий основного состава. Так, на участке, расположенном в зоне влияния Ботуобинского разлома в наклонной скв. 484-Б-1 были вскрыты интервалы с эруптивными брекчиями базитов.

В разрезах наклонных скважин 484-Б1 и 484-Б-2 и ряде рядом расположенных вертикальных скважин зафиксированы флюидизитовые карбонатные брекчии и прожилки. В них отмечены компоненты в виде агрегативного карбонатного материала, витрокластики и зерен кварца (Рисунок 3.24).

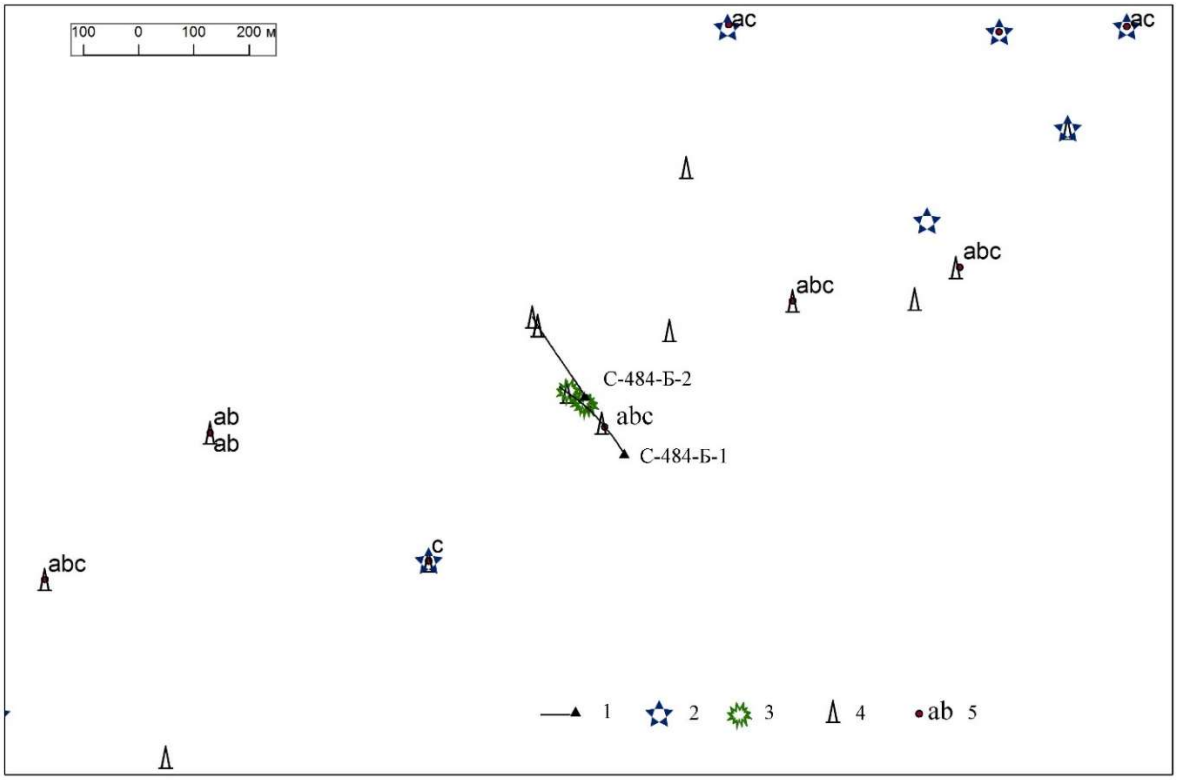


Рисунок 3.24 Распространение компонентов флюидоразрывных прожилков и брекчий вблизи эруптивных брекчий базитов на участке скв. 484-Б-1

1 - наклонные скважины и их устья; 2 - карбонатные брекчии; 3 - эруптивные брекчии базитов; 4 - флюидорарывные карбонатные прожилки; 5 - компоненты прожилков: a – агрегаты кальцита и доломита, b – витрокластический материал; c – кристаллокласты кварца и полевых шпатов.

На участке Западный, на котором вскрыта серия эруптивных брекчий базитов, состав компонентов флюидоразрывных карбонатных образований более разнообразный и включает зерна акцессорных минералов и директивное распределение песчаных зерен кварца (Рисунок 3.25).

Относительно полный набор компонентов флюидизитов встречен на участке Оперяющий Восточный (Рисунок 3.26).

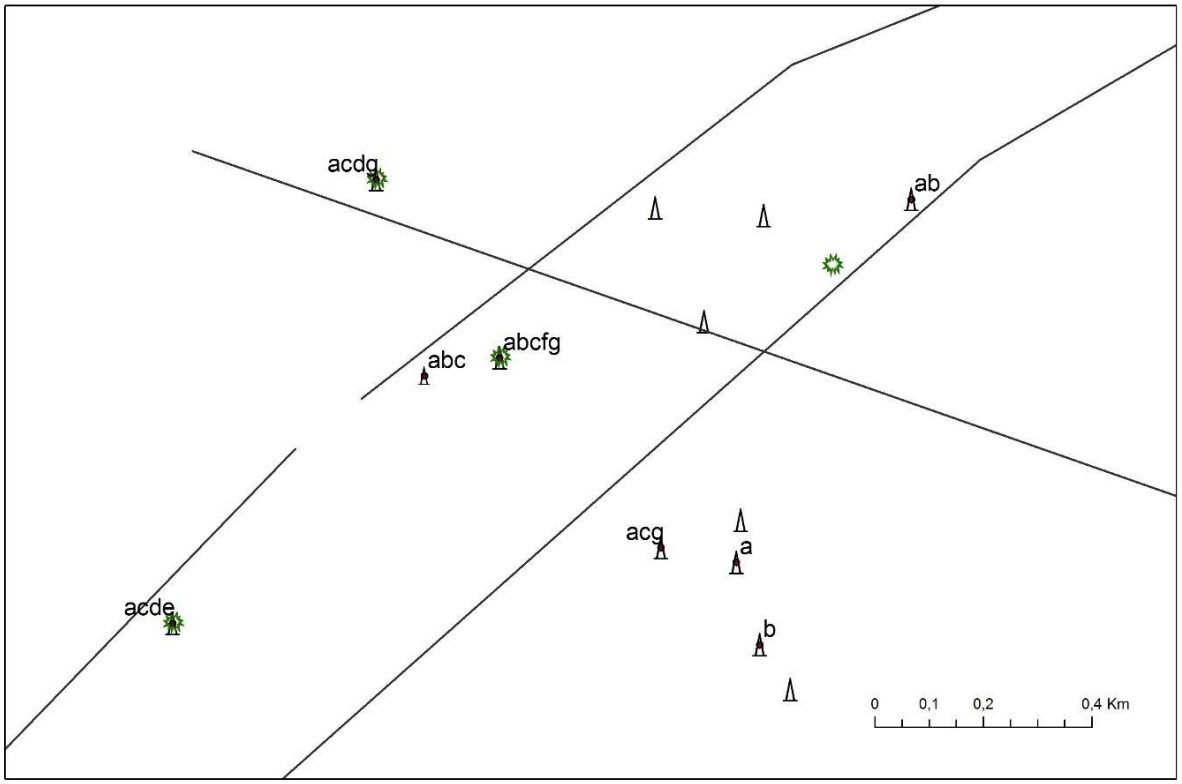


Рисунок 3.25 Распространение разных компонентов флюидизитов на участке Западный (Условные обозначения см. на Рисунок 3.24)

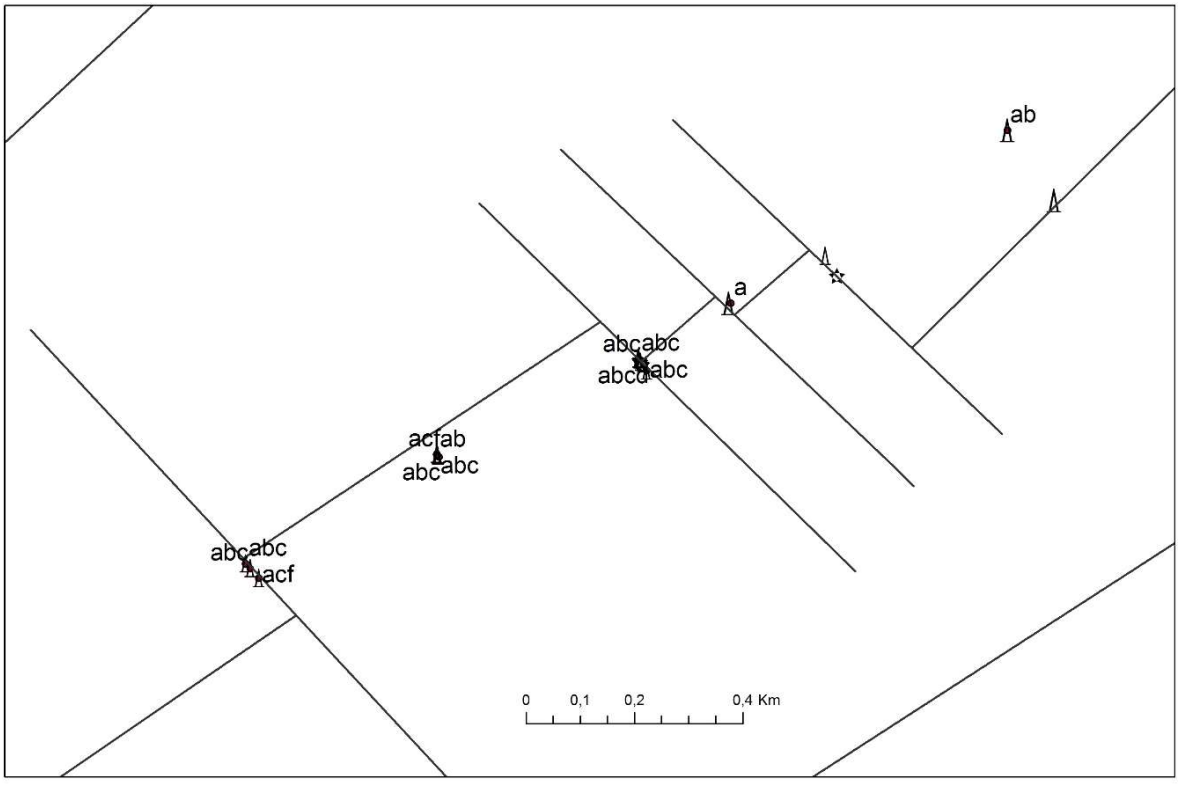


Рисунок 3.26 Распространение компонентов флюидоразрывных прожилков и брекчий вблизи на участке Оперяющий Восточный. (Условные обозначения см. на Рисунок 3.24)

На этом участке в скважине СР-45 по данным геологов Витимской ГРЭ обнаружены минералы кимберлитов [Захаров и др., 2016].

Более простой состав минеральных компонентов встречается на участке Ханнинский 1, где не вскрыты ни эруптивные брекчии базитов, ни кимберлиты (Рисунок 3.27).

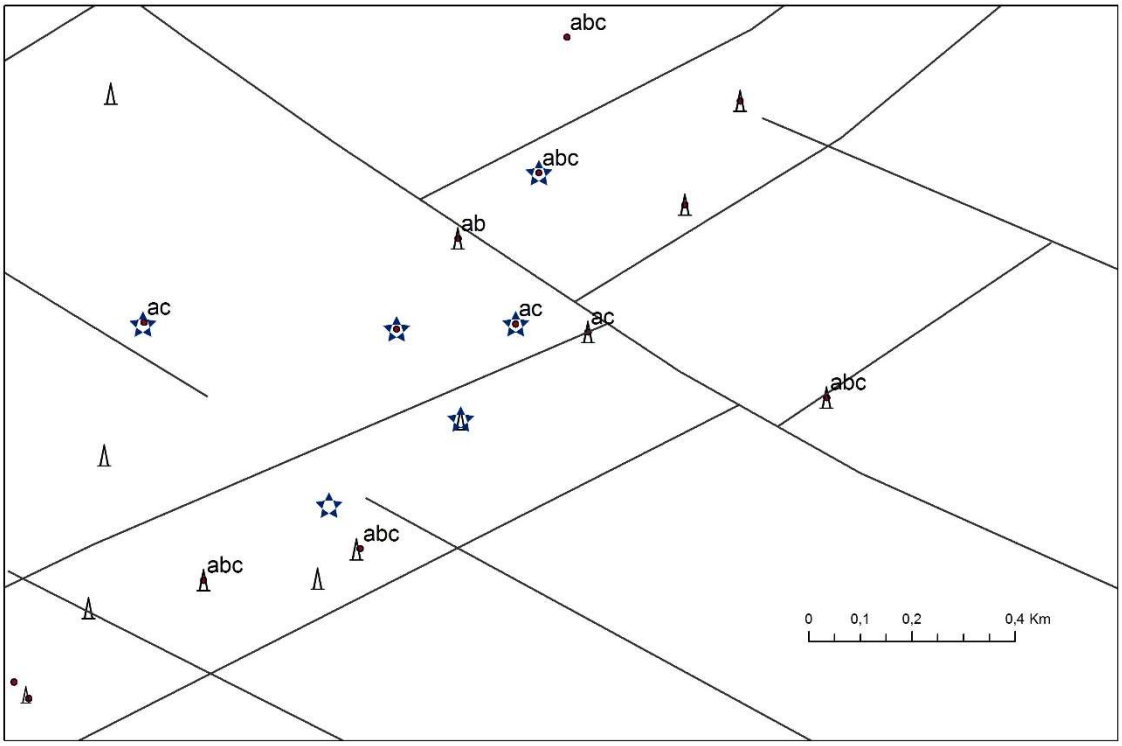


Рисунок 3.27 Распространение компонентов флюидоразрывных прожилков и брекчий на участке Ханнинский 1. Условные обозначения см. на Рисунок 3.26

Приведенные данные указывают на то, что сложный состав компонентов карбонатных флюидоразрывных образований маркирует участки, в которых проявлены глубинные магматические взрывные образования.

Таким образом, петрографические характеристики флюидоразрывных карбонатных брекчий и прожилков, их площадное распространение, сравнительные геохимические данные доказывают их ассоциацию с кимберлитами и, в меньшей мере, эруптивными брекчиями базитов. Результаты детального картирования компонентов взрывных карбонатных брекчий и прожилков показывают, что они более разнообразны вблизи кимберлитов и эруптивных брекчий базитов.

4. Закономерности пространственного размещения флюидоразрывных карбонатных образований

В данной главе приведено обоснование третьего защищаемого положения *«Интенсивное телескопированное проявление эруптивных брекчий базитов и карбонатных флюидовзрывных образований маркирует участки кимберлитовмещающих тектонических нарушений, что следует использовать при поисках коренных алмазных месторождений на закрытых территориях»*.

Локализация флюидоразрывных карбонатных образований в единых структурах с кимберлитами и эруптивными брекчиями базитов обнаруживается по данным детального картирования. Оно проведено по результатам специального изучения керна поискового бурения в пределах большей части Накынского поля.

4.1. Методические вопросы

Локализация флюидоразрывных карбонатных образований в единых структурах с кимберлитами и эруптивными брекчиями базитов обнаруживается по данным детального картирования. Оно проведено по результатам специального изучения керна поискового бурения в пределах большей части Накынского поля.

Прежде чем рассматривать результаты картирования, необходимо отметить важные методические вопросы. Во-первых, автор использовал базу данных разнообразных признаков, установленных на основе специальной документации керна, проведенной сотрудниками группы под руководством проф. П.П. Игнатовым, включающую более 8000 скважин. Она охватывает более 80 % всех пройденных скважин, а на ряде участках составляет 90-100%.

Во-вторых, детальные наблюдения по флюидоразрывным образованиям проведены по плотной сети наблюдений, составляющей от 400х400м по всей изученной территории Накынского поля, и на многих участках сеть наблюдений составила 100х200 и 100х100 м. Площадь таких участков охватывает первые

квадратные километры и более. На нескольких участках вскрыты кимберлитовые жилы, дайки и трубки, на других они предполагаются или их не стоит ожидать.

Такая сеть вертикальных скважин вскрывает цоколь карбонатных пород нижнего палеозоя на глубину 30-50 м. Это позволяет считать примерно равной степень изученности флюидоразрывных образований как в пределах всего кимберлитового поля, так и по площадям кустов и отдельных тел кимберлитов. При этом на многих участках и, прежде всего месторождениях и рудопроявлениях алмазов, пройдены наклонные скважины, вскрывающие разрезы нижнего палеозоя на глубину 300-400 м и более. Данные по ним рассматривались для проверки и дополнения обнаруженных закономерностей распространения флюидоразрывных образований.

В-третьих, учитывая крутопадающие и часто субвертикальные углы встречи контактов флюидоразрывных образований, горизонтальное залегание вмещающих их карбонатных пород нижнего палеозоя, картирование по по вертикальным скважинам, закономерности пространственного распространения флюидоразрывных образований должны отражаться в площадном распространении их проекций.

В-четвертых, по имеющимся данным составлен геоинформационный проект, в который подгружено большая часть известных картографических и аналитических материалов. Это позволяет корректно и оперативно анализировать распространение флюидоразрывных образований.

Наконец, надо иметь ввиду в целом локальную информативность каждого отдельного прожилка или интервала карбонатных брекчий. Наверное, он охватывает первые кубометры объема вмещающих осадочных пород нижнего палеозоя. Вместе с тем, серия сближенных таких образований, по-видимому, занимает объемы с линейными параметрами до десятков и первых сотен метров. Это доказывается и данными по флюидизитовым образованиям, которые обнаружены на локальном участке Озерного рудопроявления алмазов, приведенным ниже. Здесь сеть неглубоких наклонных скважин составила 10х5 м.

Следовательно, по сети 100х100 м можно проводить их сравнительное изучение и картирование.

4.2. Распределение флюидоразрывных образований в масштабе кимберлитового поля

Результаты анализа площадного распространения различных флюидоразрывных образований Накынского поля, прежде всего, показывают их тектонический контроль. В масштабе кимберлитового поля кимберлитовые трубки, дайки и жилы приурочены к отдельным швам Диагонального разлома и локализованы в узлах его пересечения с разломами других направлений [Игнатов, 2010, Гладков, Кошкарев 2014, Гладков и др., 2005].

Тела эруптивных брекчий базитов по большей части приурочены к разломам, вмещающим дайки траппов Вилюйско-Мархинской зоны нарушений. Реже они встречаются в Диагональном разломе (Рисунок 4.1).

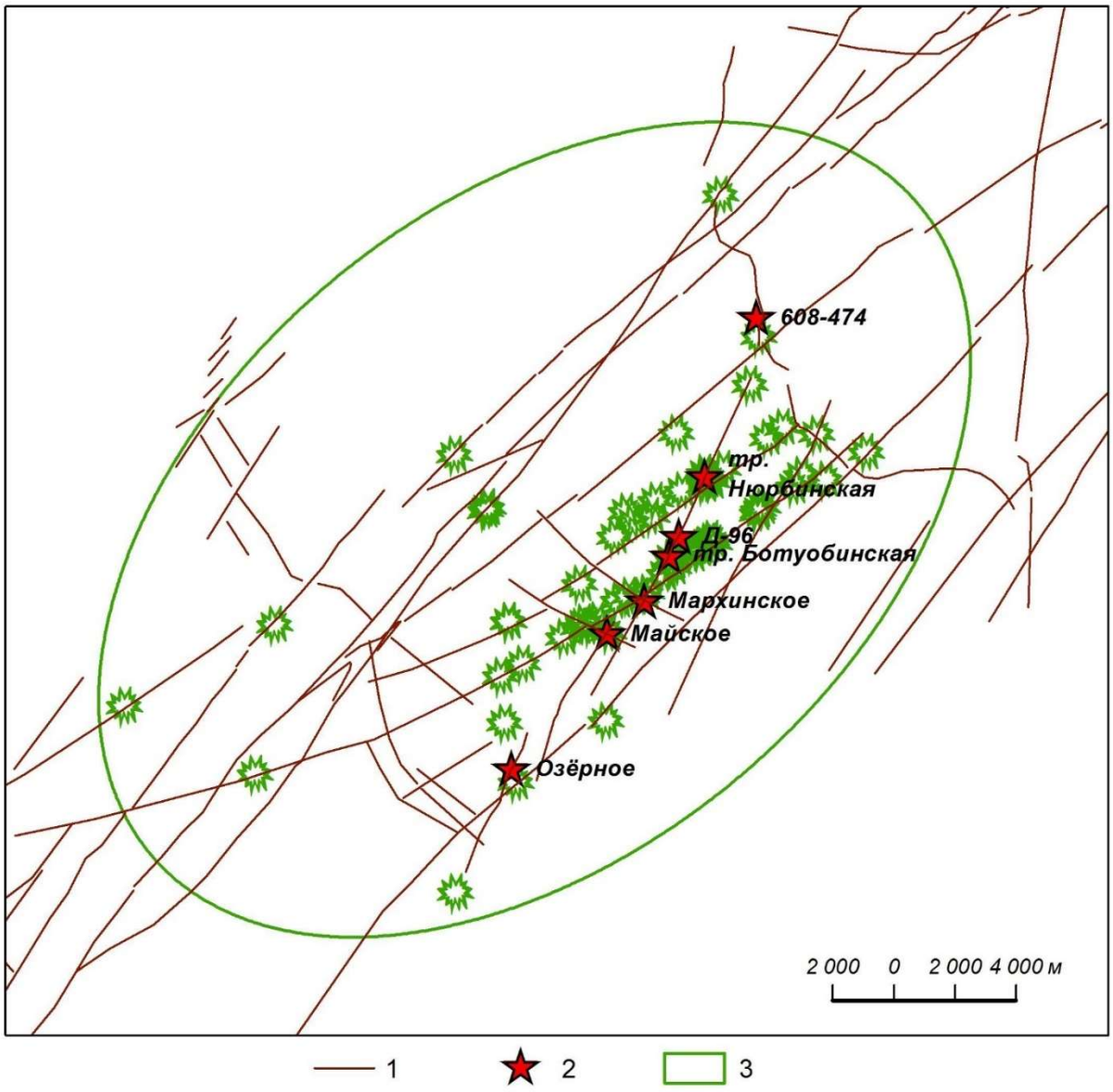


Рисунок 4.1 Распределение эруптивных брекчий базитов в центральной части Накынского поля (Игнатов и др., 2017)

1 - разломы, 2 - алмазоносные кимбериты, 3 - ареал эруптивных брекчий базитов (зеленые звездочки).

Флюидоразрывные брекчии карбонатного состава также по большей части контролируются нарушениями Вилюйско-Мархинской зоны (Рисунок 4.2). В меньшей мере они находятся в Диагональном разломе

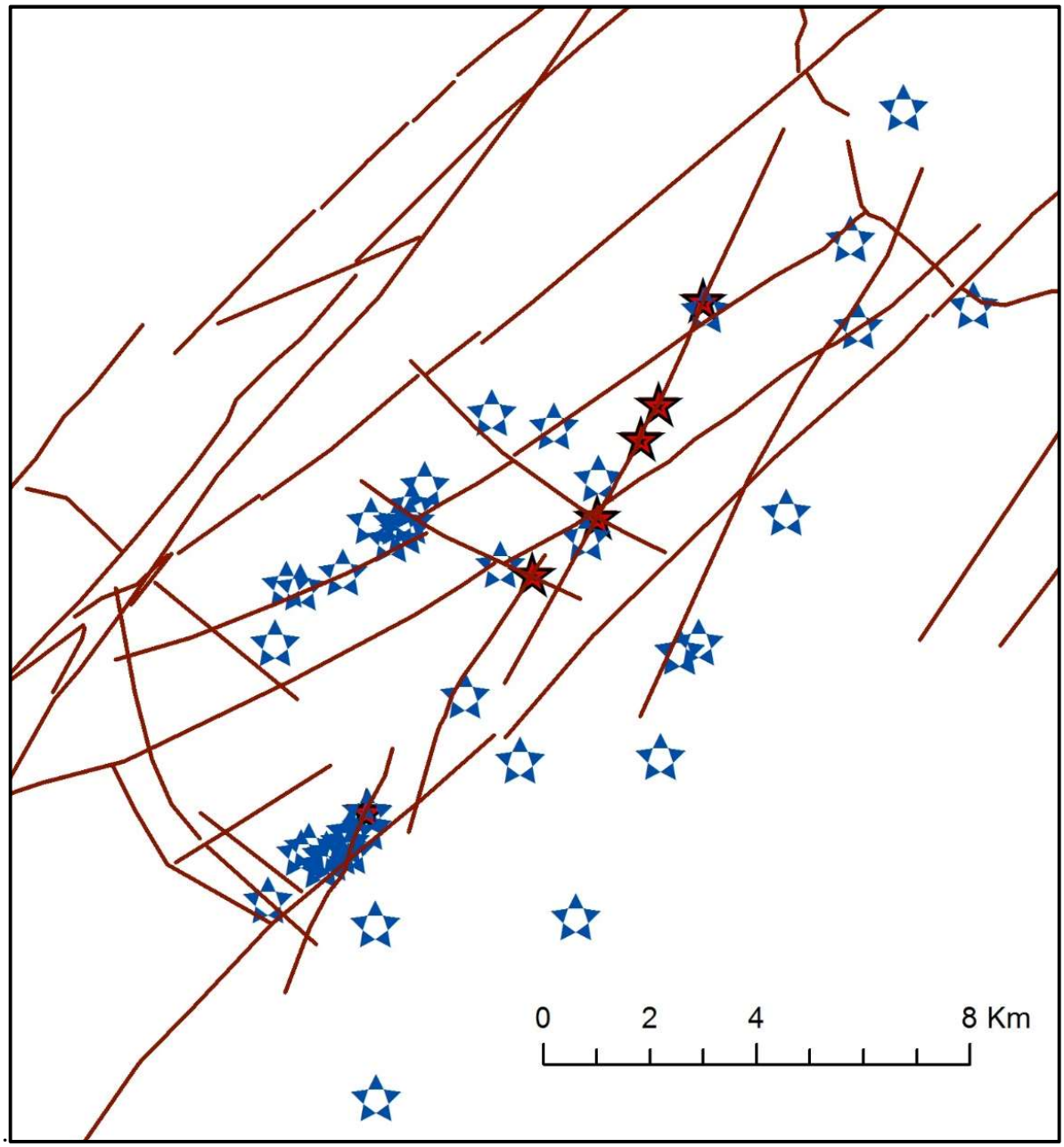


Рисунок 4.2 Локализация карбонатных флюидоразрывных брекчий (синие звездочки) в разломах Накынского поля [Игнатов и др., 2017]

Похоже распространены карбонатные флюидоразрывные прожилки (Рисунок 4.3).

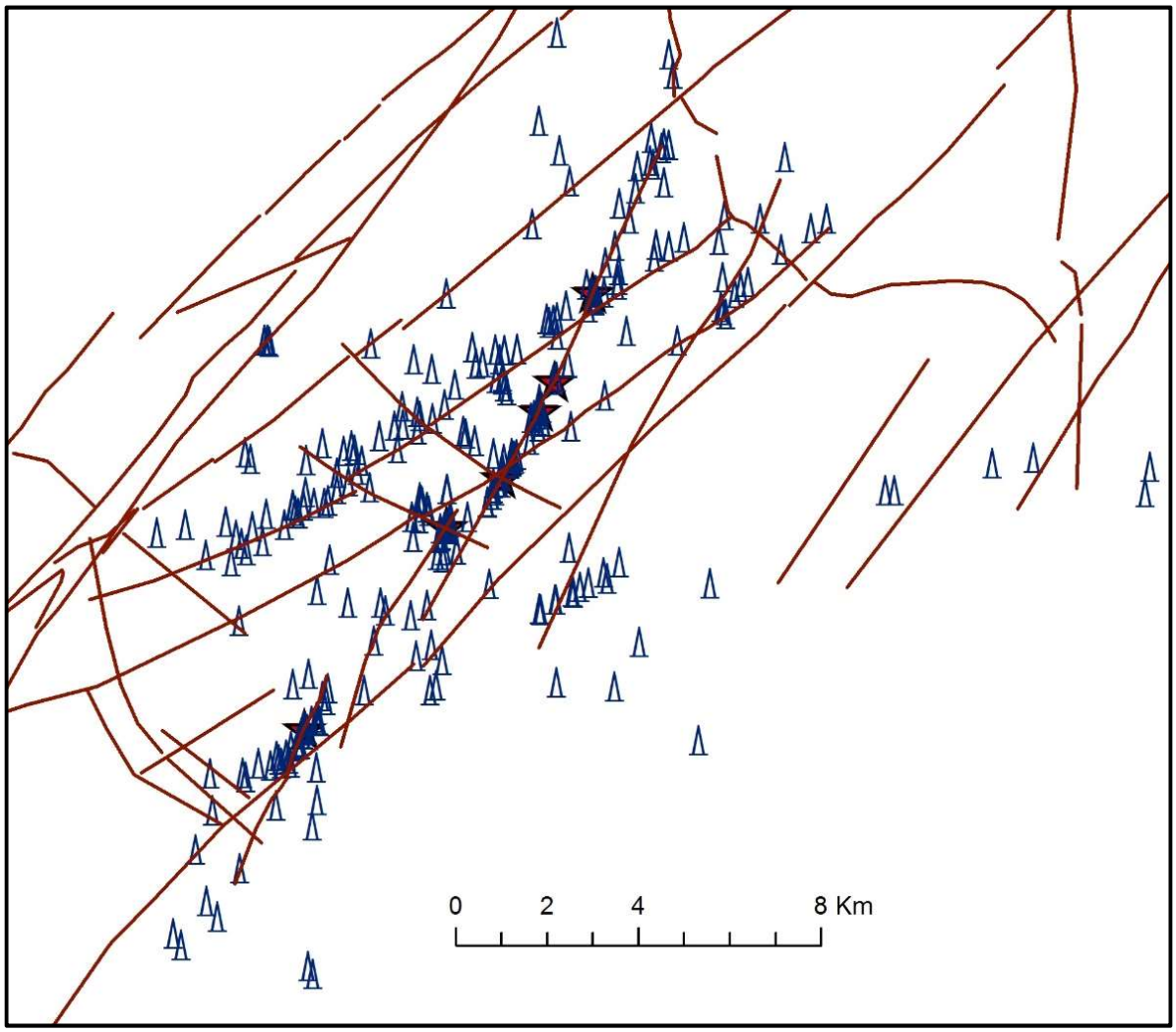


Рисунок 4.3 Распространение флюидизитовых прожилков в центральной части Накынского поля [Игнатов и др., 2017]

Надо заметить, что в распределении таких прожилков сравнительно большее значение приобретает Диагональное нарушение. Это косвенно указывает на то, что хотя бы часть флюидизитовых прожилков пространственно связана с кимберлитоконтролирующей разломной структурой.

Следует обратить внимание на кустовое распределение карбонатных брекчий. Площади сближенных проявлений таких брекчий отчетливо закартированы на юго-востоке Накынского поля. Ореолы их распространения в пределах участков составляют несколько квадратных километров. Они соответствуют рангам кустов и тел кимберлитов. В пределах такого рода кустов карбонатных брекчий вместе с флюидизитовыми прожилками располагаются и скважины, вскрывшие эруптивные брекчии базитов, и в некоторых местах

кимберлиты. Выделение кустов по совокупности различных разновозрастных взрывных образований, по-видимому, отражает их унаследованную конфокальность. На этой основе в пределах центральной части Накынского поля выделяется 12 ореолов близкого расположения отмеченных флюидоразрывных образований (Рисунок 4.4).

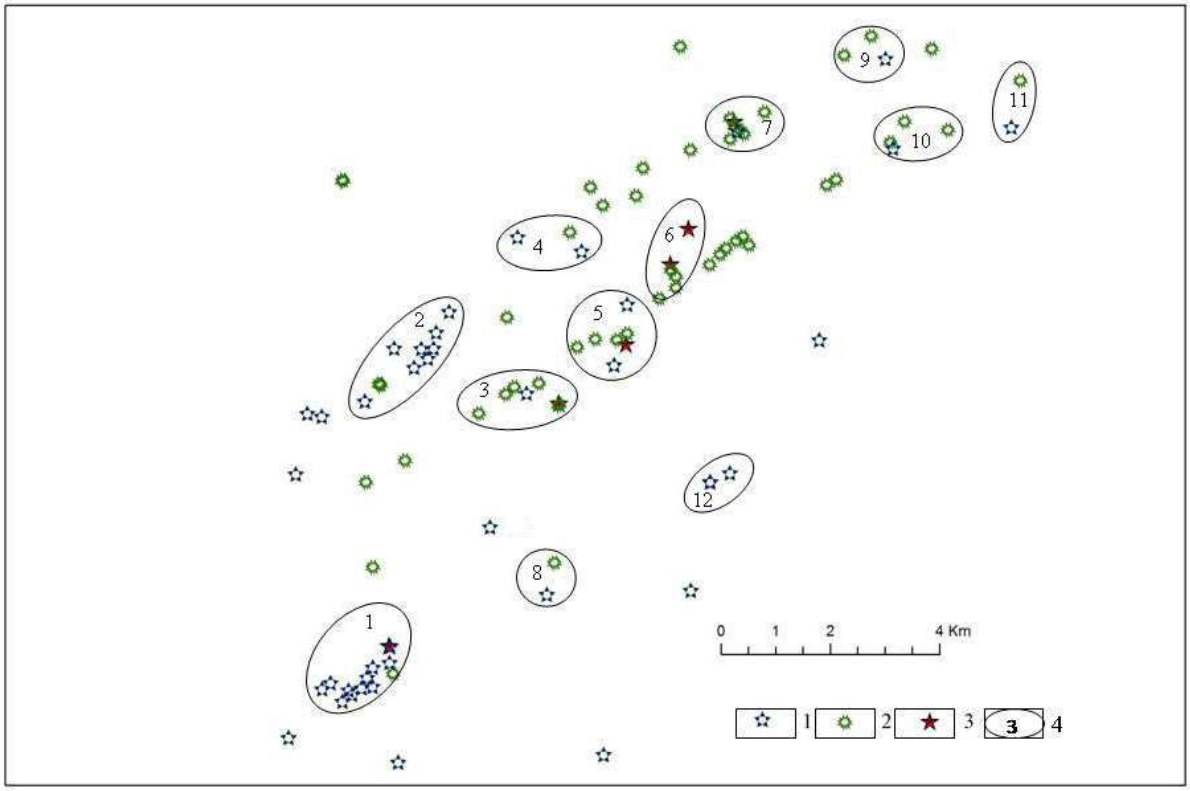


Рисунок 4.4 Кустовое распространение флюидоразрывных образований в центральной части Накынского поля.

1 - карбонатные брекчии; 2 - эруптивные брекчии базитов; 3 - кимберлиты; 4 - условные контуры кустов: 1 - Озерный; 2 - Ханнинский 1; 3 - Майский; 4 - Западный; 5 - Мархинский; 6 - Ботуобинский; 7 - Нюрбинский; 8 - скв. 492-392; 9 - скв. 594-439; 10 - скв. 586-421; 11 - скв. 512-417; 12 - Оперяющий Восточный. .

Все ореолы по большей части имеют ограничения по серии скважин, не вскрывших древние взрывные образования. Условность выделения ореолов заключается в вероятности наличия и других подобных кустов, в которых пока не вскрыты эруптивные брекчии базитов или кимберлиты. Примером в этом отношении может служить участок Оперяющий Восточный (куст 12), где имеются флюидоразрывные брекчии и в скв. СР-46 по данным геологов Вилюйской ГРЭ

вскрыты брекчии с минералами кимберлитов [Захаров и др., 2016]. С учетом этого из 12 выделенных кустов половина включает кимберлиты.

Надо отметить различную насыщенность выделенных кустов фдюидоразрывными карбонатными брекчиями. Так, на юго-востоке рассматриваемой территории в ореолах 1 и 2 карбонатные брекчии вскрыты многими скважинами, а в других местах они единичны. По-видимому, это следует объяснить разным уровнем эрозионного среза древних взрывных образований. Предполагается, что карбонатные брекчии скорее всего отражают верхнюю часть колонны фреатических взрывных образований. В этой связи, их большая эрозия сохранит лишь минимальное количество их проявлений.

На меньший эрозионный срез на юго-востоке Накынского поля указывают две группы фактов. Во-первых, это увеличенная мощность перекрывающий нижнепалеозойскую толщу юрских отложений. Если идти по простиранию, например, верхних горизонтов олдондинской свиты ордовика, то на северо-востоке (участок Северный) она составит 40 м, а на участке Озерный через 18 км она составит порядка 80 м.

Вторая группа фактов связана с большим эрозионным срезом эруптивных образований посткимберлитовых базитов. Так, на участке Нюрбинской диатремы (7 на Рисунок 4.4) в ряде скважин вскрыты эруптивные брекчии базитов. В расположенном от него в 6,3 км на юго-восток на участке 3 Майского месторождения серией скважин (505,5-421 и др.) вскрыты туфобрекчии базитов [Никитин и др. 2011].

Еще юго-восточнее на расстоянии от Нюрбинской трубки 19,7 км в скв. 390-347 непосредственно под юрскими отложениями на гл. 56,5 м вскрыты вскрыты кристалло-витро-литокластические крупнозернистые туфы основного состава (см. Рисунок 1.8, гл. 1).

Аналогичные породы в том же горизонте вскрыты в скв. 390-343, отстоящей на 600 м юго-восточнее. В связи с определением грубой пирокластики, они могут оказаться сохранившимися кратерными фациями, т. е. верхней частями

вулканических построек, в в нижних зонах которых находились эруптивные брекчии базитов.

В рассматриваемом масштабе кимберлитового поля необходимо отметить неравномерное распределение в выделенных кустах самих эруптивных брекчий базитов. Так в центральной части поля они встречаются сближенными сериями а в краевых - единичны (см. Рисунок 4.1). Это очевидно, отражает объемную зональность всего поля. В его центральной части расположены основные кимберлитовые тела трубки Ботуобинская и Нюрбинская. Здесь же локализована и большая часть последующих взрывных образований основного состава.

Таким образом в масштабе кимберлитового поля отмечается кустовое и телескопированное распространение разных взрывных образований, включающих кимберлиты, эруптивные брекчии базитов и флюидоразрывные карбонатные брекчии.

4.3. Распределение карбонатных флюидоразрывных образований в масштабе кимберлитовых кустов и тел

Для установления закономерностей пространственного соотношения разных флюидоразрывных образований на масштабном уровне кимберлитовых кустов и тел целесообразно проанализировать их площадное расположение внутри выделенных ореолов. Для этого выделены участки №№ 1, 2, 3, 4, 5 и 12, показанные на Рисунок 4.4, имеющие примерно равную степень изученности, где сеть бурения вертикальных скважин составила 200х200 и 100х200 м. Все сравниваемые участки имеют практически одинаковые площади. Они представлены: ореолами, включающими алмазоносные кимберлиты: Майского месторождения (3), Мархинского (5) и Озерного рудопроявлений (1), а также ореолами без алмазоносных кимберлитов - участки Ханнинский 1 (2), Западный (4) и Оперяющий Восточный. (12). Расположение устьев поисковых скважин в пределах выбранных участков приведено на (Рисунок 4.5 - Рисунок 4.10).

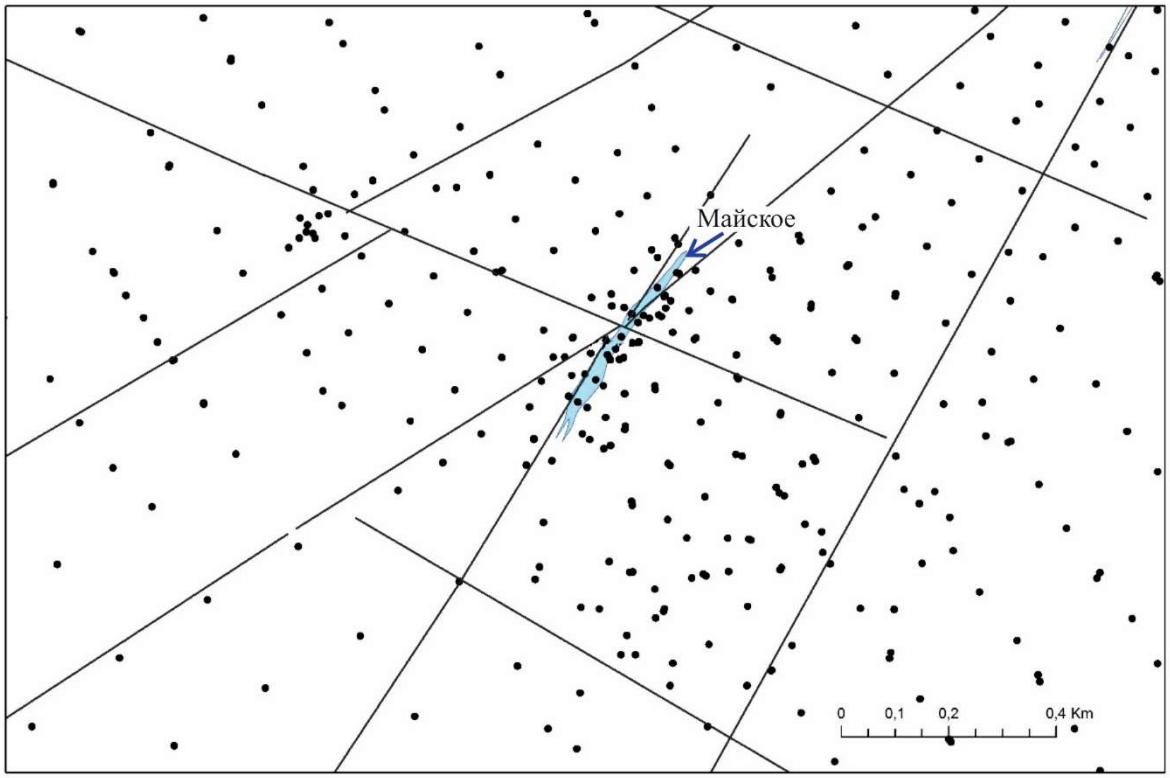


Рисунок 4.5 Сеть буровых скважин, основные разломы и кимберлитовые дайки на участке 3, включающем Майское месторождение

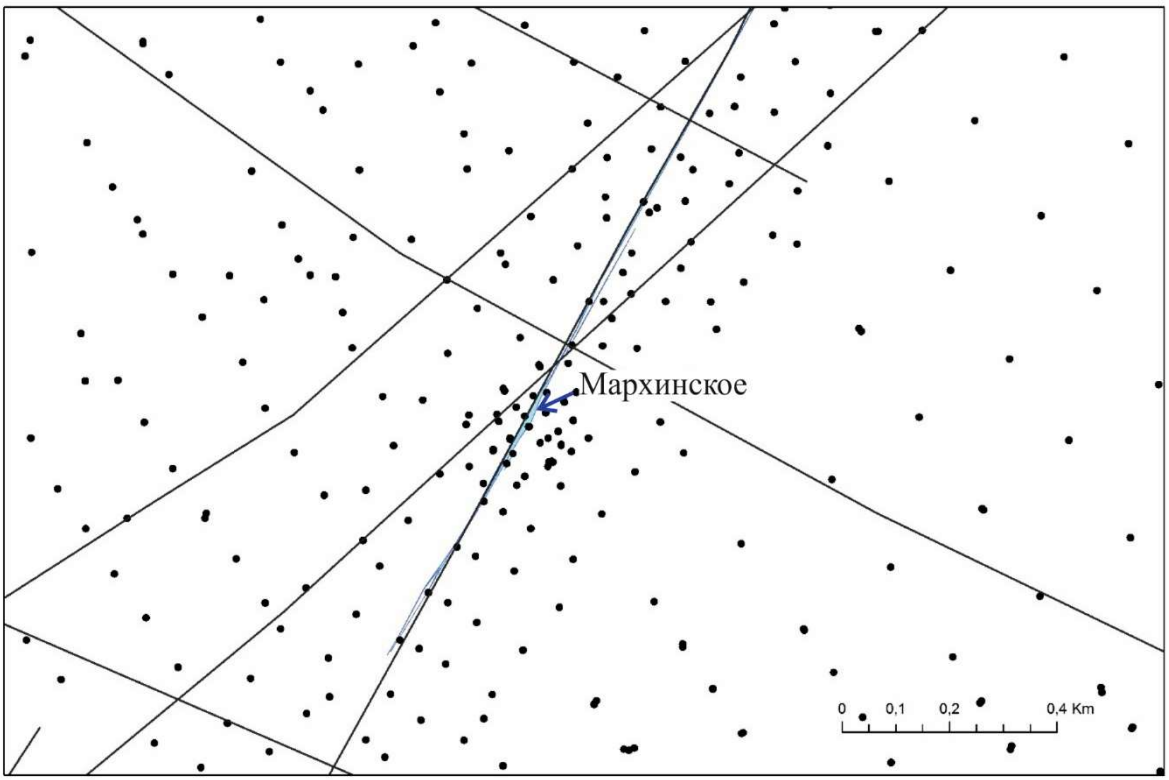


Рисунок 4.6 Сеть буровых скважин, основные разломы и кимберлитовое тело Мархинское на участке 5

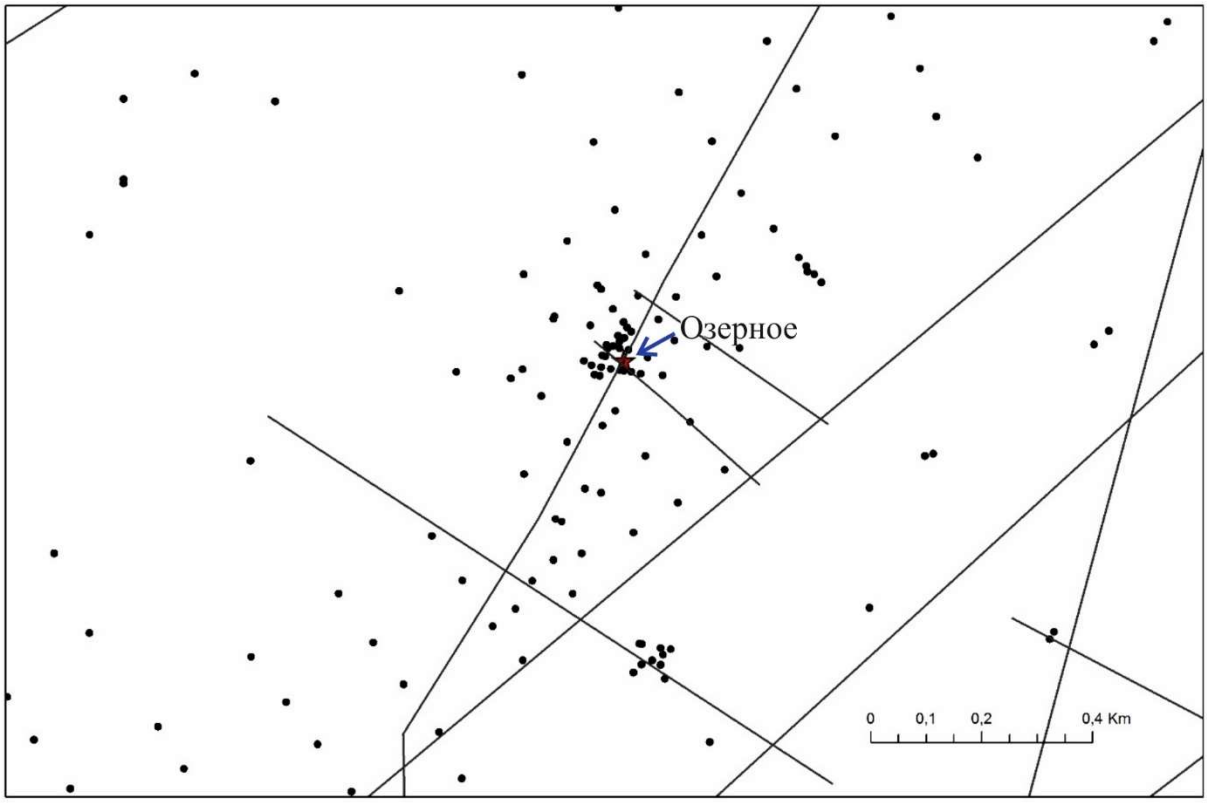


Рисунок 4.7 Сеть буровых скважин, основные разломы и положение кимберлитовой жилы Озерного рудопроявления на участке 1

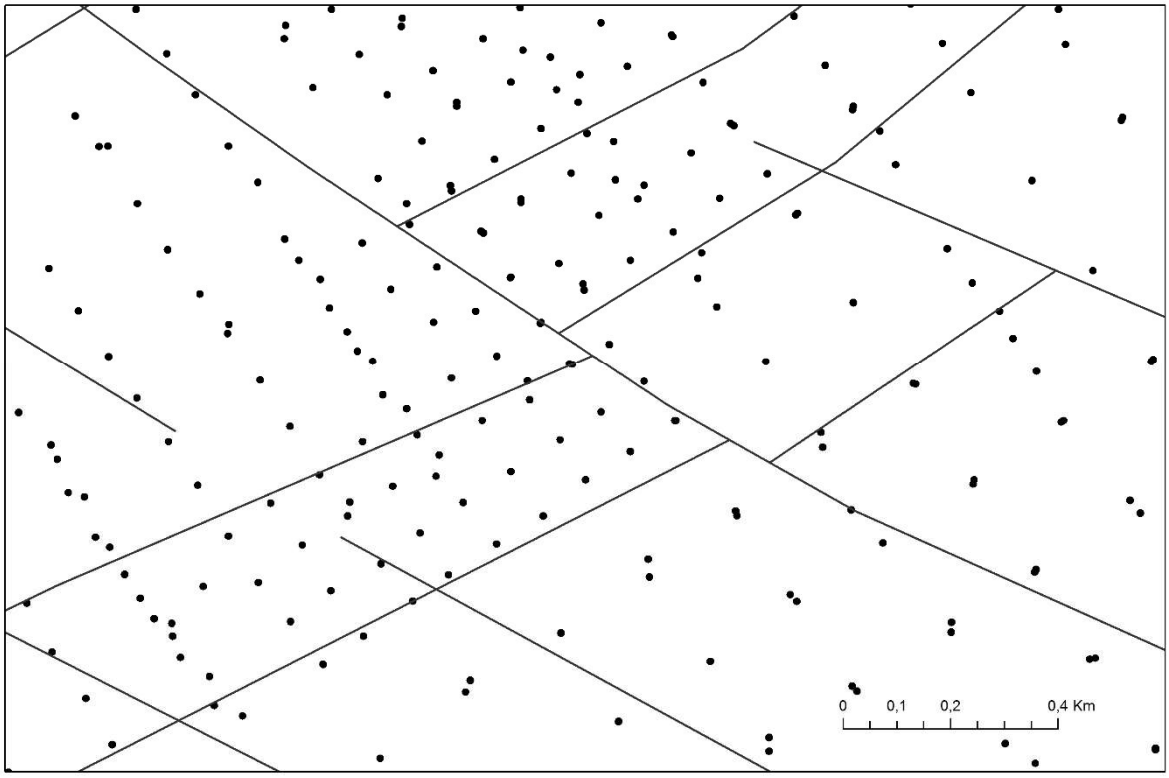


Рисунок 4.8 Сеть буровых скважин и основные разломы на участке 4 (Ханнинский 1)

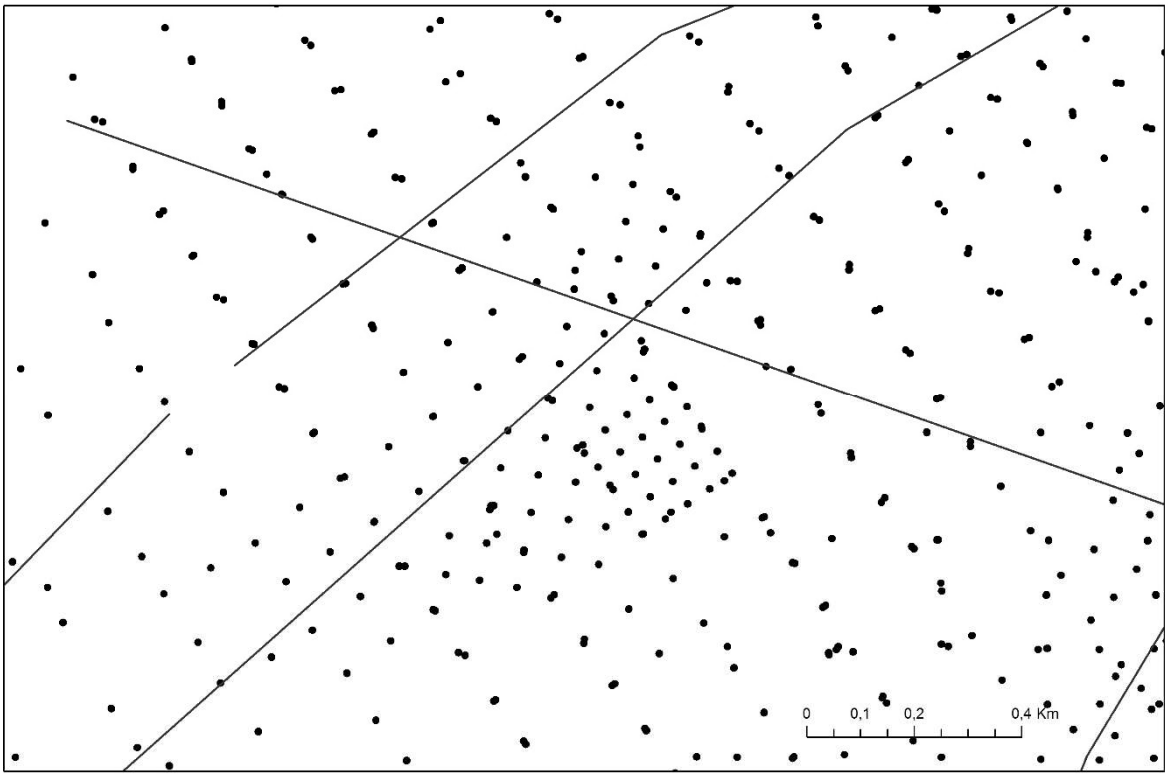


Рисунок 4.9 Сеть буровых скважин и основные разломы и кимберлитовые дайки на участке 2 (Западный)

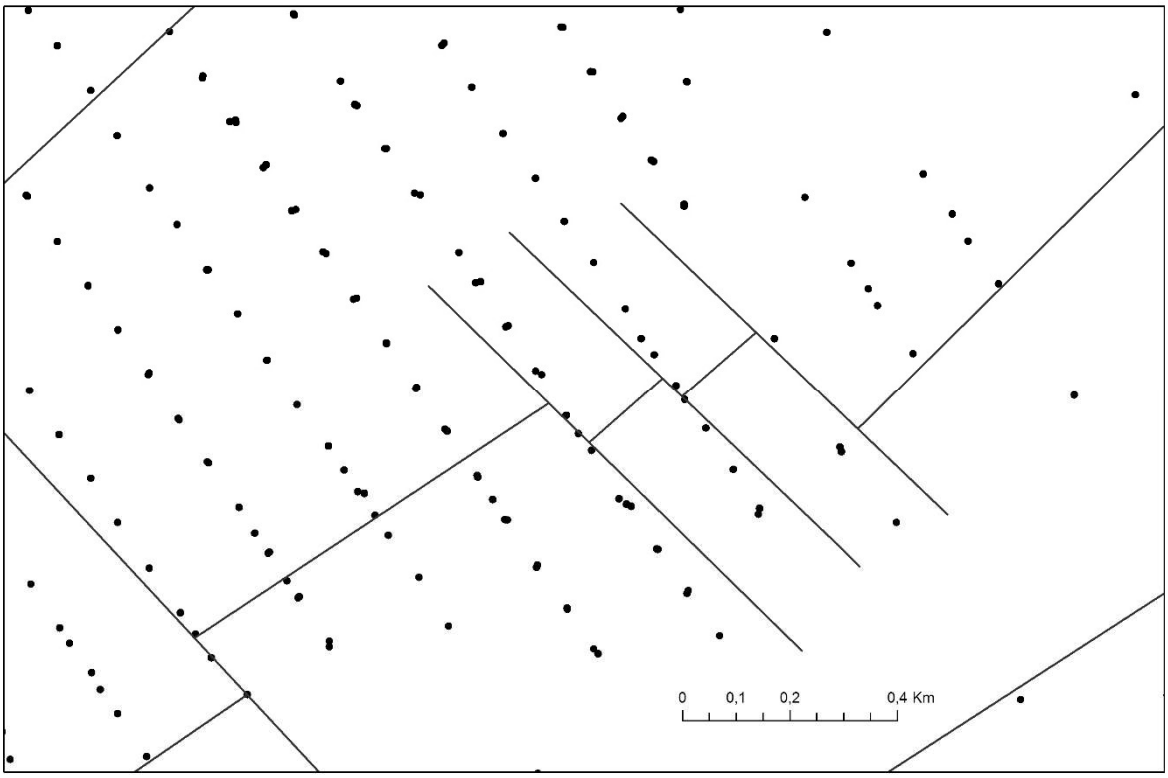


Рисунок 4.10 Сеть буровых скважин и основные на участке 12 (Оперяющий Восточны

Майское месторождение, Мархинское и Озерное рудопроявления алмазов являются однотипными по форме рудных тел. Все они представлены кимберлитовыми дайками и жилами. Близкими также являются геолого-структурные условия рудолокализации. Алмазоносные кимберлиты располагаются в осевых частях сдвигов Диагональной зоны разломов в местах их пересечения с поперечными северо-западными нарушениями и субширотно-северо-восточными разломами Вилюйско-Мархинской зоны глубинных разломов [Игнатов, 2016, Игнатов и др., 2015, Игнатов и др., 2018, Шмонов, 2014]. Существенными отличиями этих объектов являются размеры кимберлитовых тел, и, прежде всего, их мощность. Самые большие мощности (немногим более 30 м) установлены на Майском месторождении. На Мархинском объекте этот показатель составил 18 м, на Озерном рудопроявлении - не более 10 м. Непрерывная протяженность кимберлитовой дайки Майского месторождения установлена порядка 420 м, Мархинской дайки - около 1,3 км, жилы Озерного рудопроявления - 70 м.

Структурное положение не алмазоносных участков также похожее. Они располагаются в разломных узлах, в которых проявлены признаки сдвиговых деформаций. Однако главное, что их различает, заключается в удаленной позиции от кимберлитоконтролирующего Диагонального разлома.

Рассмотрим находят ли указанные структурные сходства и различия участков по распределению эруптивных брекчий базитов и карбонатных флюидоразрывных образований.

На участке, включающем *Майское месторождение*, отчетливо выделяется два места сосредоточения признаков взрывных образований, которые соответствуют двум узлам пересечения разломов (Рисунок 4.11).

В первом случае флюидизитовые прожилки и два сближенных интервала с эруптивными брекчиями располагаются непосредственно в экзоконтакте алмазоносных кимберлитов. Надо подчеркнуть, что карбонатных флюидоразрывных брекчий здесь не отмечено.

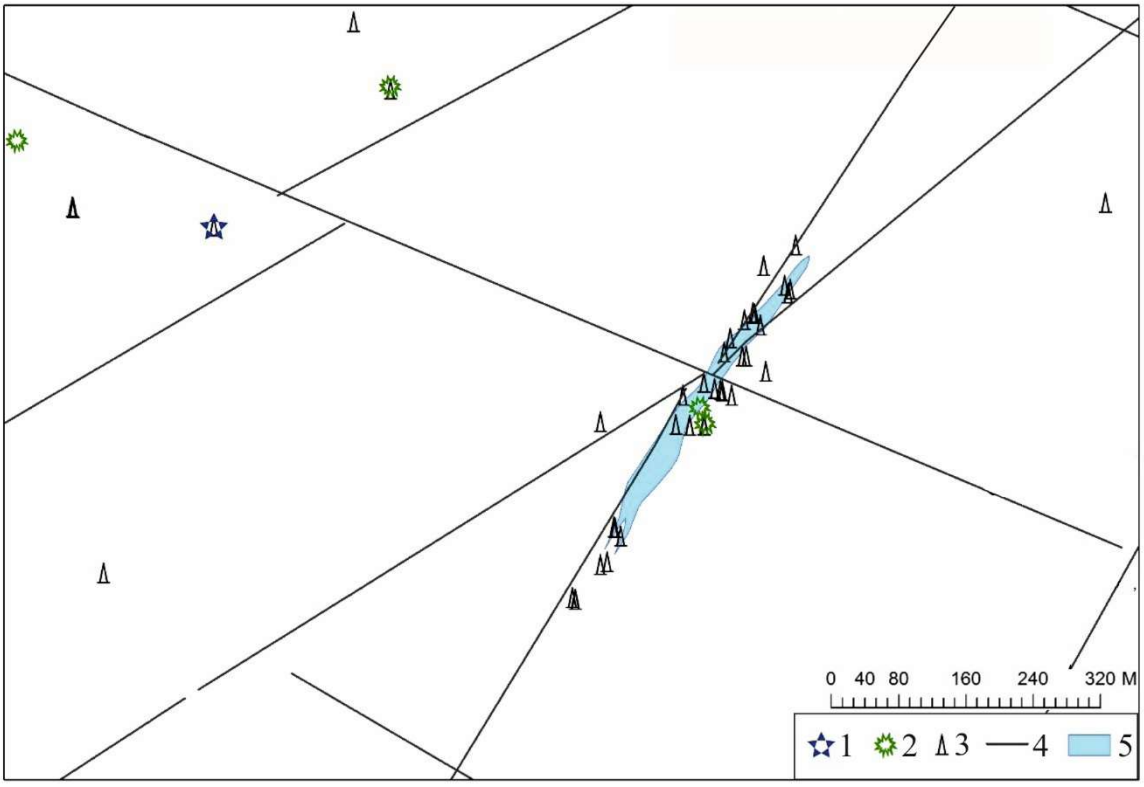


Рисунок 4.11 Проявления взрывных образований на участке 3, включающем Майское месторождение

1– карбонатные флюидоразрывные брекчии, 2 – эруптивные брекчии базитов, 3 – флюидизитовые прожилки, 4 – разрывные нарушения, 5 – контур кимберлитового тела

Интересно, что эруптивные брекчии встречены вблизи середины кимберлитовой дайки. Необходимо отметить и явную асимметрию в распределении карбонатных прожилков. Они сосредоточены на северо-восточном фланге месторождения. Здесь же отмечается наибольшая продуктивность кимберлитов и предполагается канал их поступления [Игнатов и др., 2018].

На втором локальном участке пространственно сближены все карбонатные флюидоразрывные образования и серия скважин, вскрывшие эруптивные брекчии базитов. По сравнению с месторождением их распределение менее компактное, что во многом обусловлено меньшим числом наблюдений.

В целом для рассматриваемого участка Майского месторождения надо отметить контрастное и конфокальное соотношение различных, включая кимберлиты, взрывных образований и бифокальное положение эруптивных

брекчий базитов. Расстояние между кимберлитами Майского месторождения и брекчий базитов в скв. 505,5-421 и др. (туфобрекчий по данным БГРЭ [Сыромолотова и др., 2010] составляет 590 м.

На участке 5, в котором имеется дайка кимберлитов *Мархинского рудопроявления*, также отмечается телескопирование разных признаков древних взрывов (Рисунок 4.12).

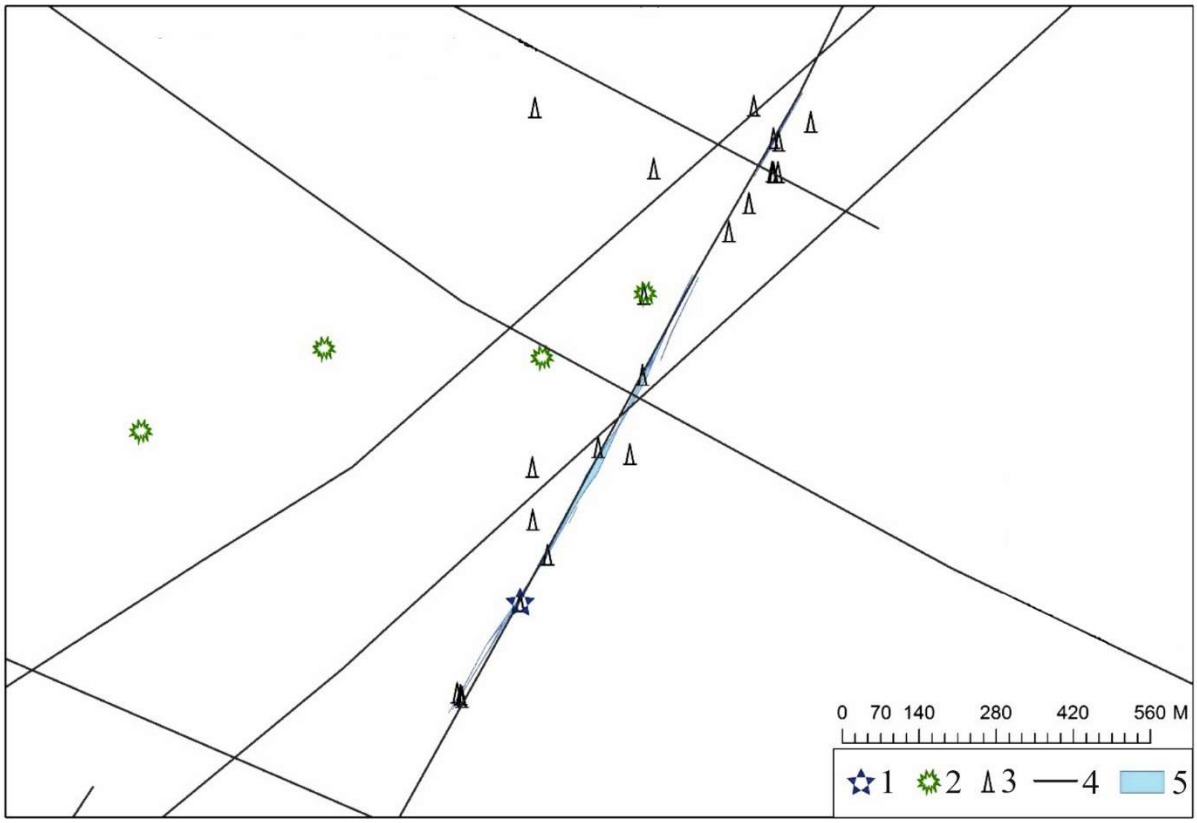


Рисунок 4.12 Проявления взрывных образований на участке 5, включающем Мархинское рудопроявление

1– карбонатные флюидоразрывные брекчии, 2 – эруптивные брекчии базитов, 3 – флюидизитовые прожилки, 4 – разрывные нарушения, 5 – контур кимберлитового тела.

Здесь флюидизитовые прожилки также сосредоточены в экзоконтакте кимберлитовой дайки, уходя от нее не далее, чем на 80 м. Вместе с ними отмечен один случай флюидоразрывных карбонатных брекчий.

Эруптивные брекчии базитов укладываются в широтную полосу. Одна из них находится в экзоконтакте кимберлитов и также, как на Майском месторождении,

попадает примерно в середину кимберлитовой дайки. Это отражает конфокальность разновозрастных взрывов. Надо также отметить отсутствие карбонатных флюидизитовых брекчий и прожилков рядом с брекчиями базитов.

В целом на участке имеет место контрастное распределение разных взрывных образований.

В пределах участка 1, включающего кимберлитовую жилу *Озерного рудопроявления*, более широко распространены карбонатные брекчии (Рисунок 4.13).

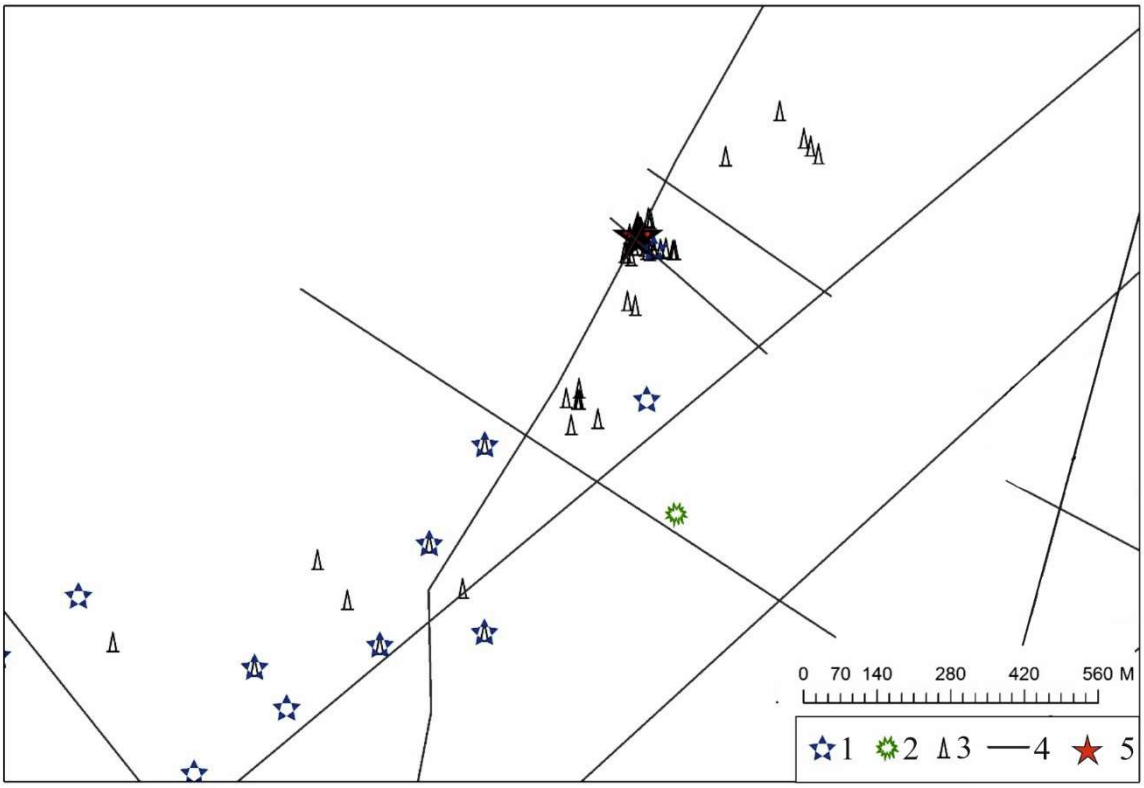


Рисунок 4.13 Проявления взрывных образований на участке 1, включающем Озерное рудопроявление.

1– карбонатные флюидоразрывные брекчии, 2 – эруптивные брекчии базитов, 3 – флюидизитовые прожилки, 4 – разрывные нарушения, 5 – Озерное рудопроявление

Они располагаются на юго-запад от кимберлитовой жилы, вдоль зоны влияния и на северо-западном фланге крупного Южного разлома. Флюидизитовые прожилки также занимают относительно большую площадь. Эруптивная брекчия

базитов обнаружена на юге от кимберлитов на расстоянии 530 м., что указывает на бифокальное расположение разновозрастных взрывов.

Интересно, что в экзоконтакте кимберлитовой жилы, также как и на выше рассмотренных участках, имеет место линейный ореол флюидизитовых прожилков (Рисунок 4.14).

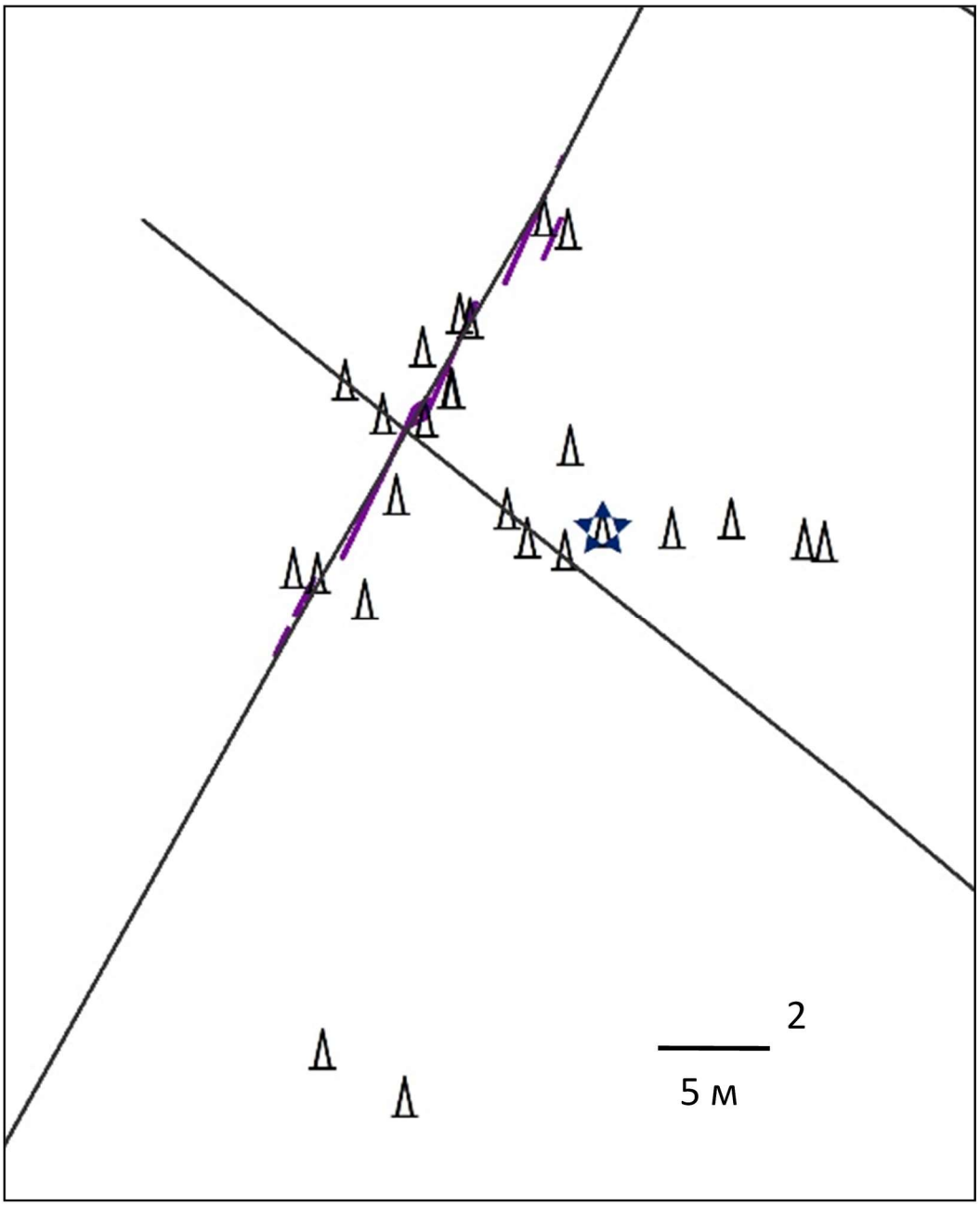


Рисунок 4.14 Проявления взрывных образований вблизи кимберлитовой жилы Озерного рудопроявления. Условные обозначения см. на рис. 4.13

Проявления других взрывных карбонатных образований, отстоящих от жилы на юг и на юго-восток до 100 и 80 м соответственно, вскрыты наклонными

поисковыми скважинами. Надо отметить также контрастное распределение флюидизитов, но на весьма ограниченной площади.

В целом по участку 1 следует подчеркнуть бифокальное распределение взрывных образований.

В пределах участка 2 (Ханнинский 1) в ряде скважин вскрыты флюидоразрывные карбонатные брекчии и прожилки, эруптивные брекчии базитов обнаружены в наклонной скв. 484-Б-1, расположенной на крайнем юго-западе участка (Рисунок 4.15).

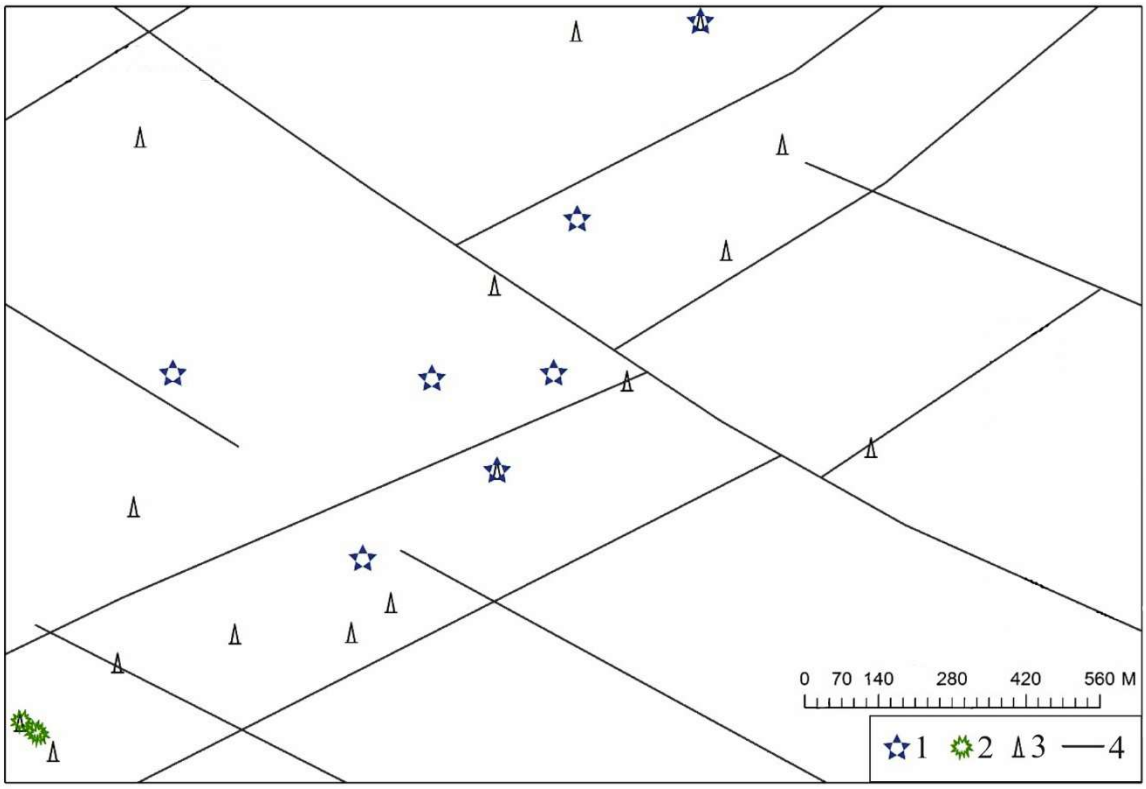


Рисунок 4.15 Проявления взрывных образований на участке 2 (Ханнинский 1)

1– карбонатные флюидоразрывные брекчии, 2 – эруптивные брекчии базитов, 3 – флюидизитовые прожилки, 4 – разрывные нарушения

Флюидоразрывные карбонатные брекчии тяготеют к отмеченному структурному узлу. Флюидизитовые прожилки главным образом маркируют зону северо-восточного Ботуобинского разлома, в меньшей мере, северо-западного нарушения. Эти образования укладываются в три направления, которые можно рассматривать как радиальные разломы локальной взрывной структуры. Центр ее

локализован в узле пересечения сдвигов (Рисунок 4.16). Здесь же предполагаются кимберлитовые тела [Игнатов и др., 2017 ф.].

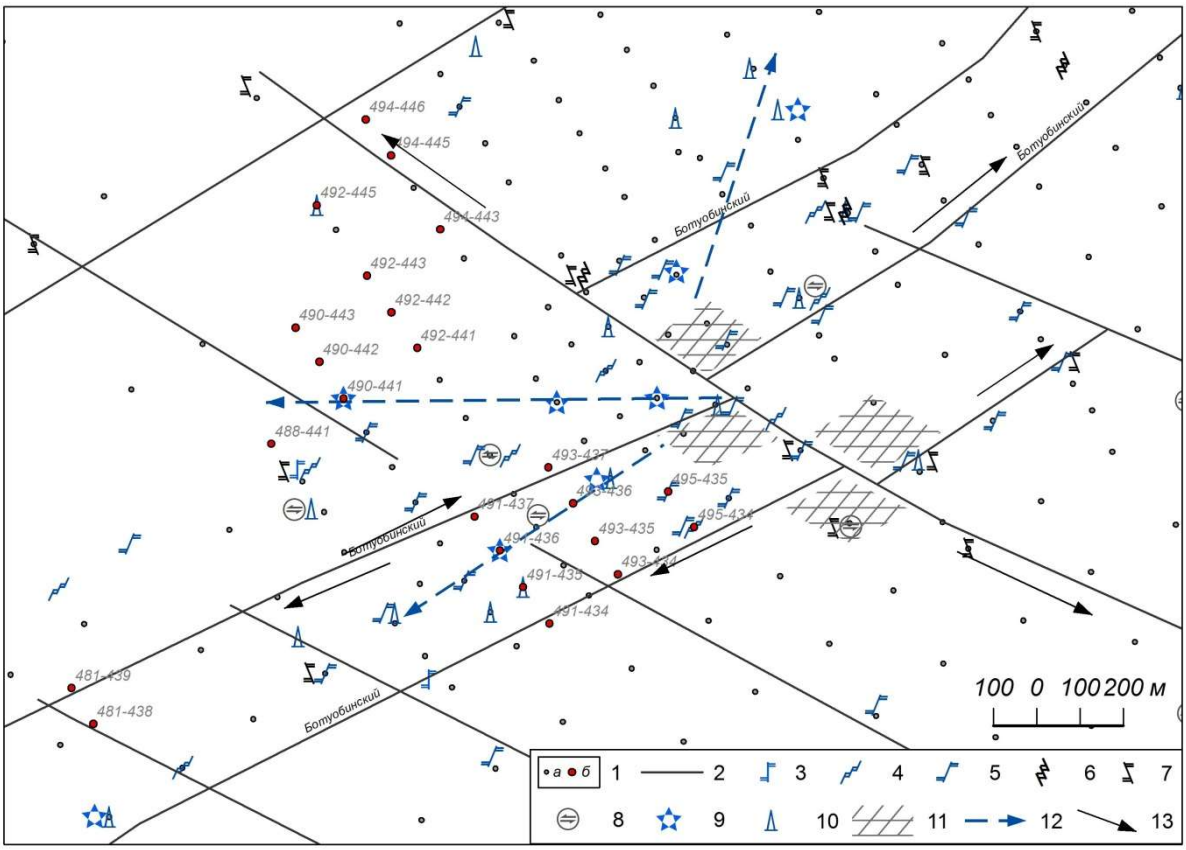


Рисунок 4.16 Структурно-динамическая схема участка Ханнинский-1

1 – скважины (а – пробуренные до осенне-зимнего периода 2016-2017 гг.; б – пробуренные в осенне-зимний период 2016-2017 гг.); 2 – тектонические нарушения; 3 – сбросо-взбросы; 4 – системы сбросов 5 – сбросы; 6 – системы взбросов; 7 – взбросы; 8 – зеркала скольжения горизонтальные в субвертикальных плоскостях; 9 – карбонатные флюидоразрывные брекчии; 10 –флюидизиты; 11 – перспективные участки, соответствующие локальными зонам растяжения; 12 – радиальные зоны разломов; 13 – предполагаемые направления смещений[Гладков и др., 2016; Игнатов и др., 2008].

В целом на рассматриваемом участке ореол распространения карбонатных взрывных образований рассредоточен и занимает первые квадратные километры. Они вместе с эруптивными брекчиями базитов, отражают бифокальное распределение древних взрывов, отстоящих друг от друга на 1,3 км. Это практически в два раза дальше по сравнению с участками, где имеются тела алмазоносных кимберлитов.

На участке № 4 (Западный) имеет место похожая с Ханнинским 1 структурно-тектоническая ситуация. Здесь закартирован структурный узел

пересечения Ботуобинского разлома с поперечным ему северо-западным, распространены эруптивные брекчии базитов и признаки карбонатных флюидоразрывных образований (Рисунок 4.17).

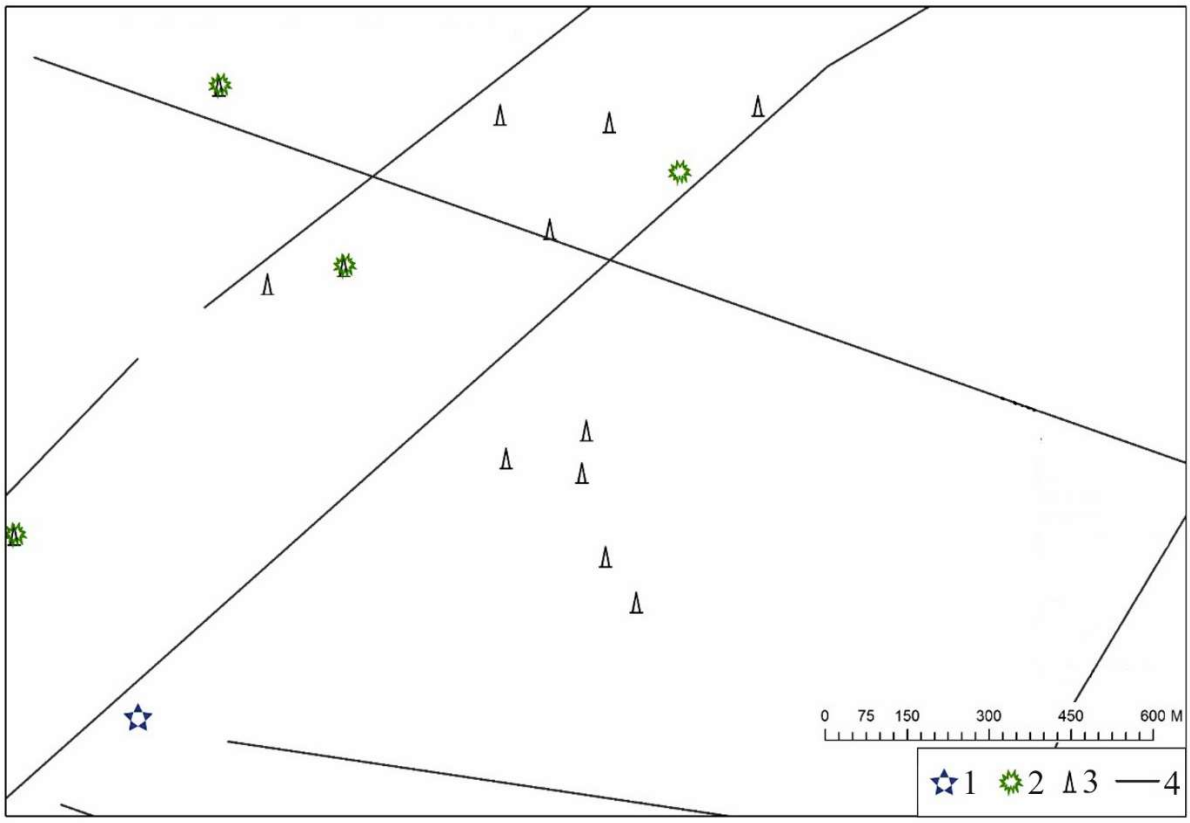


Рисунок 4.17 Проявления взрывных образований на участке 2 (Ханнинский 1)

1– карбонатные флюидоразрывные брекчии, 2 – эруптивные брекчии базитов, 3 – флюидизитовые прожилки, 4 – разрывные нарушения

На участке четыре скважины вскрыли эруптивные брекчии базитов и лишь одна карбонатную брекчию. Большинство из них все те с рядом прожилковых флюидизитов расположены в зоне влияния Ботуобинского разлома. Часть карбонатных флюидизитов слагает отдельный ореол за пределами тектонического узла.

По флюидоразрывным карбонатным брекчиям и прожилкам намечены радиальные нарушения, по которым предполагается преимущественное распространение древних взрывов (Рисунок 4.18). Их центр совмещается с зоной пересечения сдвигов.

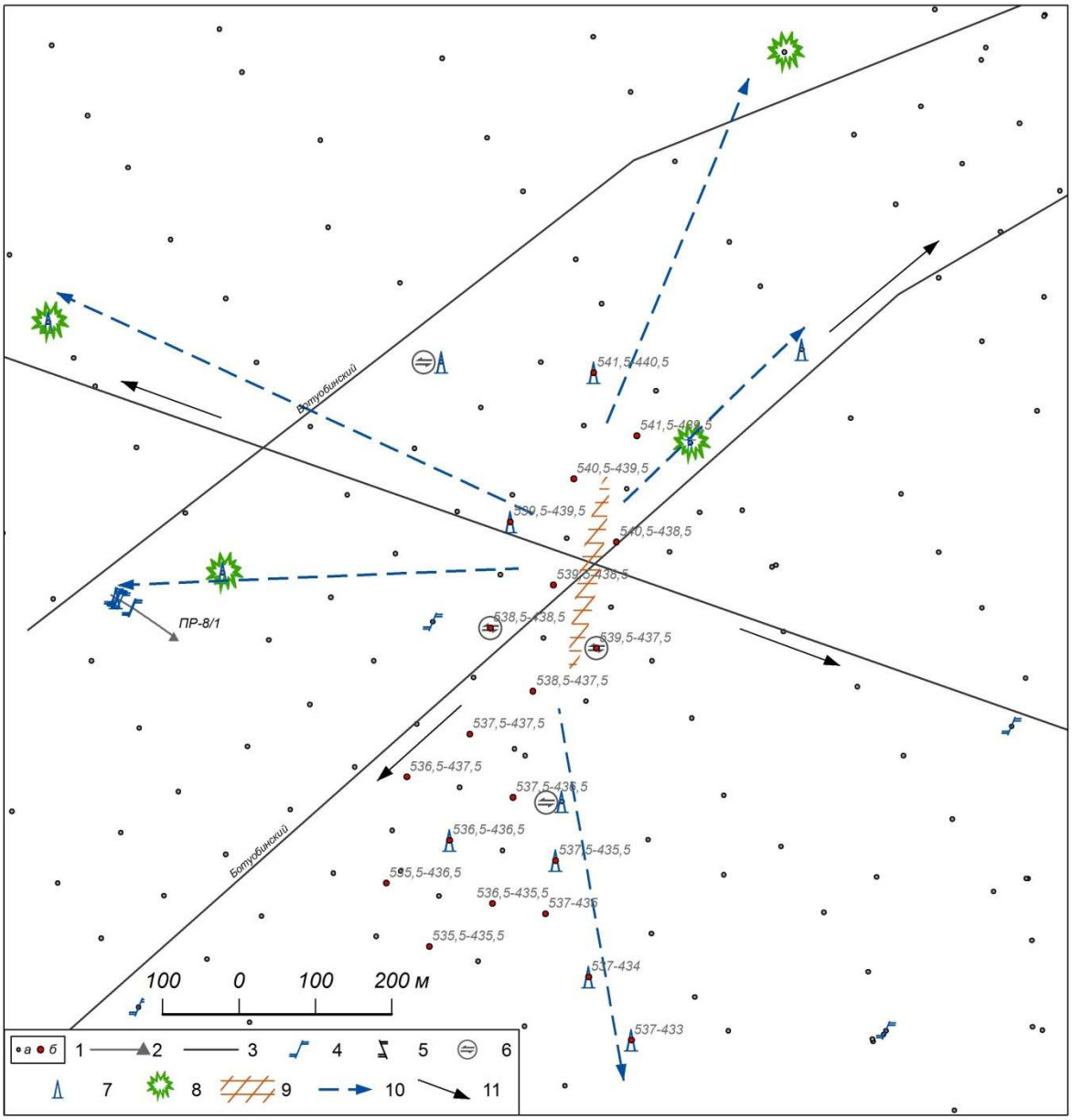


Рисунок 4.18 Структурно-динамическая схема участка Западный

1 – скважины (а – пробуренные до осенне-зимнего периода 2016-2017 гг.; б – пробуренные в осенне-зимний период 2016-2017 гг.); 2 – тектонические нарушения; 3 – сбросо-взбросы; 4 – системы сбросов 5 – сбросы; 6 – системы взбросов; 7 – взбросы; 8 – зеркала скольжения горизонтальные в субвертикальных плоскостях; 9 – карбонатные флюидоразрывные брекчии; 10 –флюидизиты; 11 – перспективные участки, соответствующие локальными зонам растяжения; 12 – радиальные зоны разломов; 13 – предполагаемые направления смещений [Гладков и др., 2016; Игнатов и др., 2008].

Полученные данные позволяют в пределах участка Западный выделить перспективную на обнаружение кимберлитовой дайки площадку, расположенную между скв. 539,5-438,5 и 540,5-438,5.

На *участке № 12 (Оперяющий Восточный)* в ряде скважин вскрыты флюидоразрывные карбонатные брекчии и флюидизиты. Они находятся в локальных тектонических узлах, образованных сдвигами север-северо-восточного и северо-западного простираний (Рисунок 4.19). Структурная картина получена по геолого-геофизическим данным [Масленникова и др., 2013ф] и подтверждена по тектоническим признакам в керне [Игнатов и др., 2017ф].

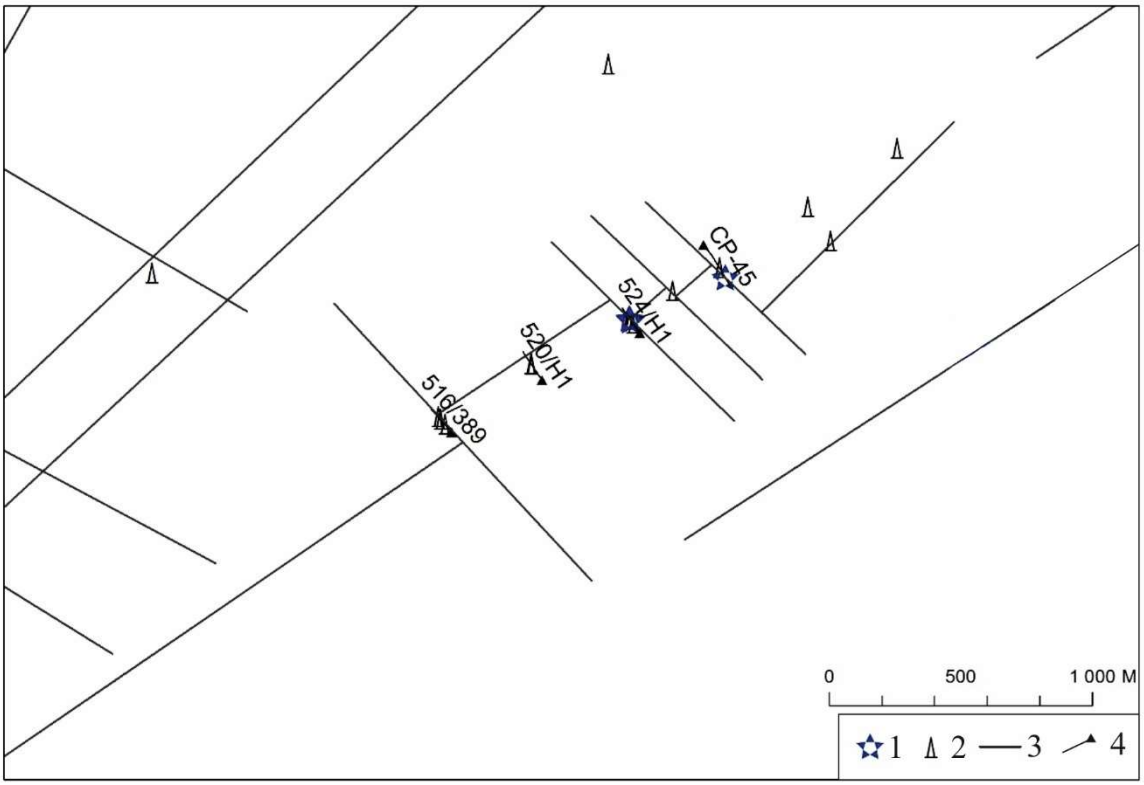


Рисунок 4.19 Проявления взрывных образований на участке № 12 (Оперяющий Восточный)

1– карбонатные флюидоразрывные брекчии, 2 – флюидизитовые прожилки, 3 – разрывные нарушения, 4 – наклонные скважины

Интересно, что на участке не выявлено ни одного случая эруптивных брекчий базитов. В целом почти все проявления взрывных образований тяготеют к зоне влияния север-северо-восточного разлома и расположены вдоль него достаточно компактно. Это сближает данную площадь с рассмотренными выше рудными участками. На участке в скв. СР-45 петрографами БГРЭ был обнаружен кимберлитовый материал [Захаров и др., 2016].

Сравнивая проявления взрывных образований на участках с известными телами алмазоносных кимберлитов и без таковых, надо подчеркнуть два момента. Во-первых, на рудных участках картируется конфокальность кимберлитовых брекчий, эруптивных брекчий базитов и карбонатных флюидоразрывных образований. Во-вторых, эти участки отличает контрастность площадного распространения признаков карбонатных флюидоразрывных образований.

Таким образом, на участках, включающих кимберлиты, силикатные и карбонатные флюидовзрывные образования распространены телескопированно и контрастно. Рудовмещающие разломные узлы совмещаются с конфокальным положением предполагаемых магматических и фреатических взрывов. Эти обстоятельства следует использовать в качестве косвенных признаков кимберлитовмещающих структур.

5. Условия формирования флюидоразрывных карбонатных образований

Условия образования флюидоразрывных карбонатных брекчий и прожилков следует рассматривать в контексте с имеющимися представлениями о формировании других взрывных тел - эруптивных брекчий базитов и кимберлитовых брекчий. Это предопределено их пространственной связью. Напомним, что совмещенные ореолы брекчий базитов и карбонатных пород включают кусты кимберлитовых тел Тела кимберлитов вместе с отмеченными брекчиями и флюидизитовыми карбонатными прожилками слагают би- и конфокальные структуры, имеющие тектонический контроль. Во времени ранние кимберлитовые брекчии сменяются поздними брекчиями базитов. Предполагается, что они сопровождались флюидовзрывными карбонатными брекчиями и прожилками. Судя по минералого-геохимическим характеристикам, большая часть последних была связана с кимберлитами.

Результаты детального картирования и анализ различных типов флюидоразрывных образований позволили составить пространственно-временную схему образования кимберлитов, эруптивных брекчий базитов и карбонатных брекчий в центральной части Накынского поля (Рисунок 5.1).

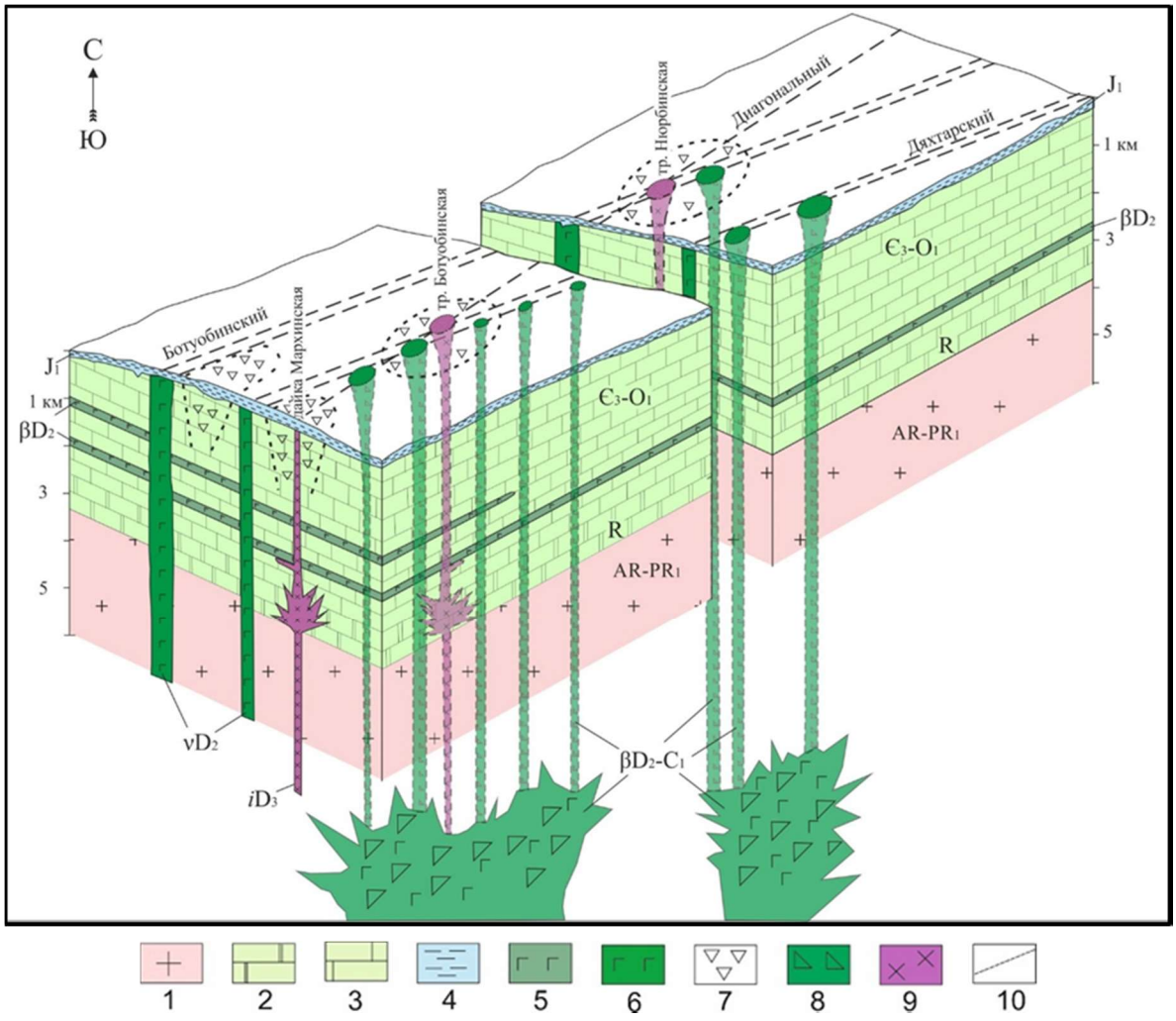


Рисунок 5.1 Схема соотношения флюидовзрывных образований и их очагов в центральной части Накынского поля

1- Архей-нижнепалеозойские гранито-гнейсы, амфиболиты ($AR\text{-}PR_1$); 2 - Рифейские терригенные породы (R); 3 - Нижнепалеозойские карбонатные породы $Є_3\text{-}O_1$; 3 - Нижнеюрские теригенные и глинистые породы (J_1); 5,6 - Среднедевонские силлы ($βD_2$) и дайки ($νD_2$) основного состава; 7 - карбонатные брекчии; 8 - эруптивные брекчии базитов $βD_2\text{-}C_1$; 9 - промышленные кимберлитовые тела, 10 - зоны разломов

Предполагается, что разнообразные взрывные тела имели различную глубину очагов формирования.

Наиболее глубинными мантийными считаются очаги кимберлитовых магм [Ваганов, 2000, Зуев и др., 1998, Костровицкий, 2009, Милашев, 1990, Милашев, Третьякова, 2003, Похиленко и др., 2000, Туговик, 1984, Фролов и др., 2005, Харькив и др., 1998, Wilson, Head, 2007 и др.]. Однако, предполагается наличие приповерхностных очагов фреатических взрывов, сопровождавших внедрение

кимберлитовых магм в горизонты осадочного чехла, содержащих формационные рассолы [Махоткин, 2008].

Согласно модели фреатовулканизма главный взрыв происходит от водяного пара на самом верху теплового воздействия магм (Рисунок 5.2).

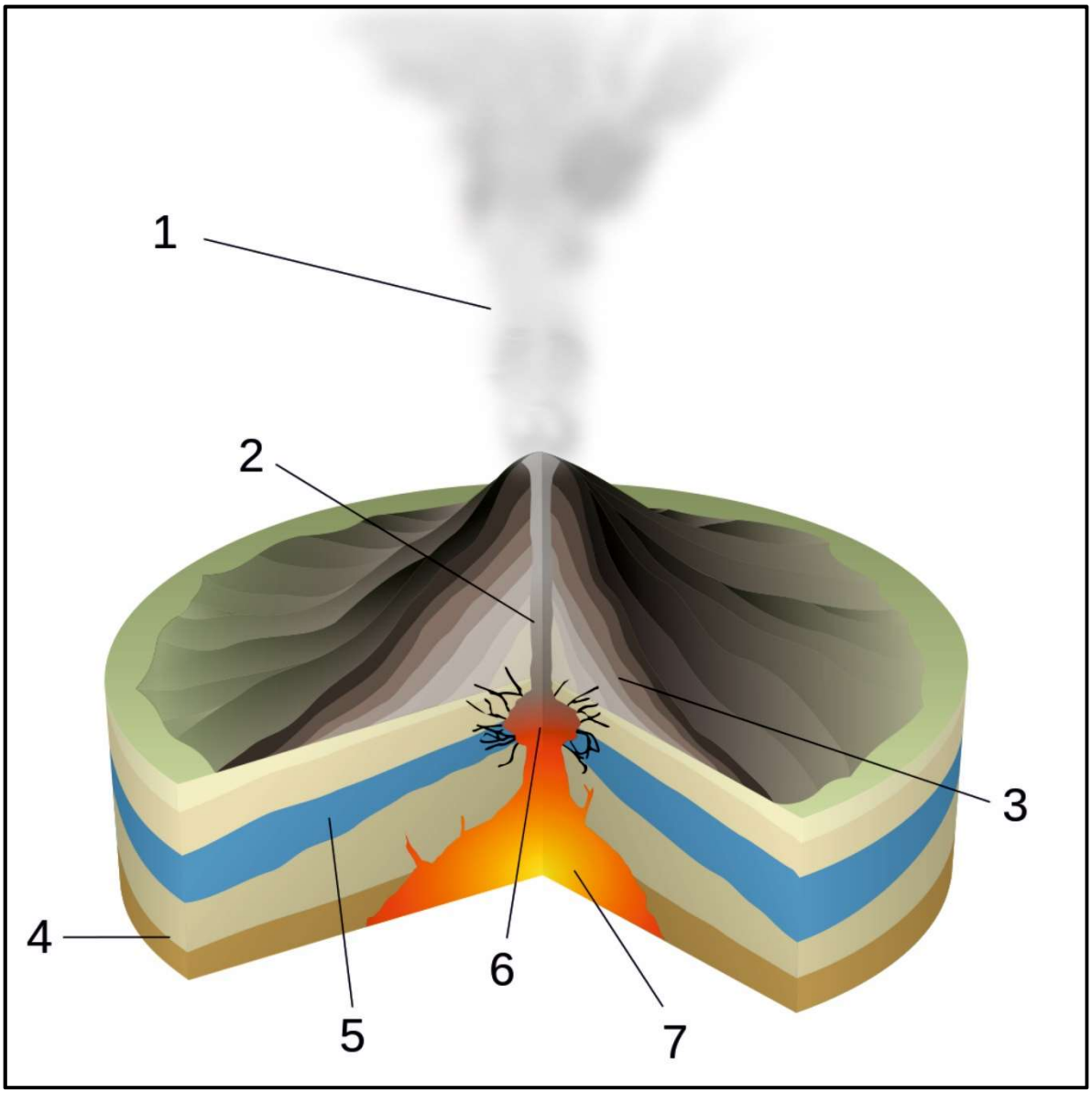


Рисунок 5.2 Модель фреатомагматического взрыва по Simkin T., Fiske R.S. [Simkin T., Fiske R.S., 1983]

1-облако водяного пара, 2 – магмаподводящий канал, 3 -слои лавы и пепла, 4 – нижележащие породы, 5 – водоносный горизонт, 6 – взрыв, 7 - магматич. камера

В результате эффекта вакуумирования в места взрывов должны были подниматься как сам кимберлитовый материал, так и формационные рассолы. Следы этого находятся в виде прожилков, выполненных кимберлитовыми

брекчиями, кальцитом, доломитом, пиритом, целестином, баритом и гипсом, включающими компоненты кимберлитовых флюидизированных магм и захороненных рассолов.

Существует мнение, что взрывы при образовании кимберлитов могли быть взрывами на выброс с образованием туфогенных пород и кратеров и камуфлетными [Костровицкий, 1971, Костровицкий, Егоров, 1982]. Напомним, что в практике крупных техногенных взрывов камуфлетными считаются такие, при которых все воздействия в виде дробления, образования котловой полости, дезинтегрирования и другие проявляются скрытно внутри вмещающего массива и на поверхности нет заметных нарушений [Ромашов, 1980].

В Накынском поле основные верхние очаги взрывов с кимберлитовой магмой, вероятно, находились на глубинах 3,8 - 4,2 км. Эти значения определяются глубиной залегания формационных подземных вод и уровнем посткимберлитового эрозионного среза. Глубина залегания фундамента по данным бурения редких скважин на нефть и газ в Средне-Мархинском районе составила порядка 3,8 км [Граханов и др., 2015, Масленникова и др., 2007 и др.]. В западной Якутии региональные горизонты с захороненными хлоридно-сульфатными рассолами находятся в нижней кембриийской части разреза осадочного чехла [Дзюба, 1984]. Уровень эрозионного среза в Накынском поле оценивается в 300-500 м [Тарабукин и др., 2003].

Очаги эруптивных брекчий базитов, по-видимому, были внутрикоровыми [Коробков, 2014, Коробков и др., 2013, Ротман, 2006, Харькив и др., 1997]. Формирование базитовых магматических взрывных образований, вероятно, происходило по магматогенной модели (Рисунок 5.3). Вскипание расплавов могло быть механизмом формирования и кимберлитов [Шкодзинский, 2006, Шкодзинский,2009].

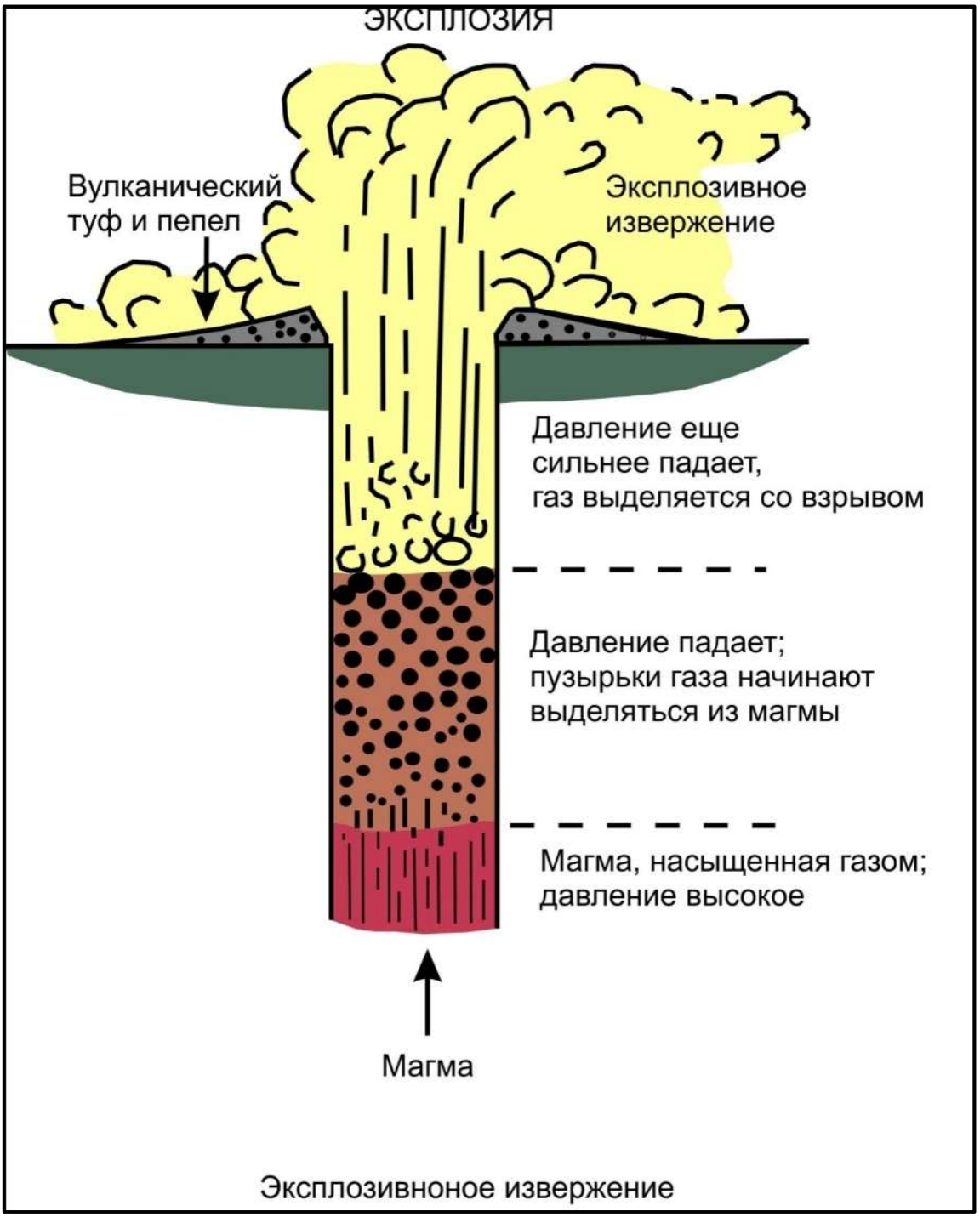


Рисунок 5.3 Модель магматического (вулканического) взрыва.
[http://volcano.oregonstate.edu/book/export/html/151]

Поскольку в цементе эруптивных брекчий базитов присутствует вулканическое стекло, то предполагается их связь с дегазирующими расплавами в субвулканических очагах. Наверное, эти очаги были глубже очагов фреатовуканизма.

Согласно предлагаемой модели карбонатные брекчии и прожилки флюидизитов занимают самое верхнее положение, что подразумевает приповерхностную позицию очагов их образования. Как и для кимберлитов, для них предполагаются камуфлетные взрывы, в которых участвовали самые верхние порции пара и углекислого газа. Относительно кимберлитовых мощности взрывов были меньше и эффект вакуумирования был небольшим. В результате кимберлитовая магма не достигала этих полостей.

При образовании флюидоразрывных карбонатных пород главным рабочим материалом высоко скоростного разрушения вмещающих осадочных пород был водяной пар и какое-то количество углекислого газа.

Приуроченность всех флюидовзрывных образований к разломам указывает на большое значение открывания тектонических полостей в момент взрывов. Очевидно, что именно места резкого локального снижения давления в разломах обуславливали не только направления движения ударных волн, но и провоцировали сам взрыв. Особенно интересны в этом отношении зоны сдвигов контролирующие кимберлиты. Известно, что участки локального растяжения в зоне сдвига при преобладающем общем сжатии слагают объемные "цветочные формы" [Basson, Viola, 2003, Kim et al., 2004, Jelsma et al., 2009]. В основании таких форм может быть плоский канал поступления взрывного флюида, впоследствии ставший дайкой или жилой.

В теории главными условиями образования взрыва водяного пара считаются, во-первых, наличие смеси относительно небольшого количества расплава и гораздо большего - водного раствора. Во-вторых, должен "работать" пусковой механизм в виде импульсного снижения давления, который привел бы к срыву пленки пара на каплях расплава и резкой интенсификации теплообмена [Зейгарник и др., 2008, Walters et al, 2006]. В нашем случае расплав, по-видимому, был представлен малыми порциями высоко газированной кимберлитовой магмы, а раствор большими объемами формационных рассолов. Роль спускового механизма

выполняют сейсмотектонические движения в сдвигах, в локальных участках которых формируются зоны растяжения и резкие снижения давления.

На основе имеющихся представлений и данных по флюидодинамике геологических процессов [Кудряшов, 1991], можно представить некоторые параметры флюидных фаз рассматриваемых взрывных пород (Таблица 5.1).

Таблица 5.1 Элементы образования флюидовзрывных пород Накынского поля

Породы	**Состав основных компонентов флюидизита**	**T°C**	**P, ГПа**	**Вязкость, Пз**	**Верхняя глубина взрывов**
Кимберлиты	Жидкость: газированный CO2, H+, OH-, CH4 расплав Mg, Fe, SiO2, K; твердая фаза: оливин, флогопит, кимберлит, карбонатные породы, мергели, кварц, кварцит, эклогит, гнейс, циркон, ильменит, пироп, алмаз и др. 1,5-2 км.	700-1400	1-7	18,2 в системе MgO-CaO-SiO2 при T=14000C	2-3 км и более
Эруптинвые брекчии базитов	Жидкость: газированный H+, OH- расплав Fe, Mg, SiO2; твердая фаза: габбро, карбонатные породы, мергели, флогопит, ильменит и др.	1200 и более	1-3	296 при T=13000C (оливиновый базальт Гембудо, Япония)	0,n-2 км и более
Карбонатные брекчии и прожилки агрегативного карбоната	Газ: H+, OH-, пар H2O, CO2; жидкость: вода, Cl-, твердая фаза: карбонатные породы, мергели, кварц, пирокластика, циркон, апатит и др.	500 -400	<1	0,0003 при P=300кг/м2 и T=5000C	n100 м

Приведенные материалы служат теоретической основой разработки дополнительных критериев поисков коренных месторождений алмазов и других полезных ископаемых, образование которых может быть связано с древними взрывами (карбонатитовые, медно-порфировые, золото-серебряные и полиметаллические гидротермальные месторождения).

6. ФЛЮИДОРАЗРЫВНЫЕ КАРБОНАТНЫЕ БРЕКЧИИ И ПРОЖИЛКИ КАК ПОИСКОВЫЕ ПРИЗНАКИ КИМБЕРЛИТОВЫХ ПОЛЕЙ, КУСТОВ И ТЕЛ

В настоящее время поиски месторождений алмазов в Якутии проводятся на закрытых территориях, где поисковые объекты находятся в осадочных толщах нижнепалеозойского платформенного чехла и перекрыты осадочными или вулканогенными отложениями мощностью в десятки - сотни метров. Традиционно анализируют магнитные свойства кимберлитов и сопровождающие их шлихо-минералогические ореолы, устанавливаемые по опробованию керна скважин. Помимо этого, целесообразно использовать флюидоразрывные признаки структур, вмещающих кимберлиты, которые устанавливаются при исследовании керна.

Для эффективного использования признаков необходимо ранжировать поисковые объекты на кимберлитовые поля, группы или кусты кимберлитовых тел и кимберлитовые тела (трубка, дайка, жила) [Цыганов, 1994, Игнатов и др., 2017]. Каждому рангу соответствует блок вмещающих кимберлиты осадочных пород разного объема, в котором проявлены геологические образования, сопровождающие кимберлиты, включающие проявления флюидоразрывных образований (Таблица 6.1).

Таблица 6.1 Геологические признаки разноранговых кимберлитовых объектов

Ранг объекта	**Тектонические**	**Магматические**	**Гидротермальные изменения и новообразования**
Поле	Узлы пересечения зон разломов I - II порядков, в том числе поясов даек траппов до 100 км^2	Ареалы эруптивных брекчий базитов, флюидоразрывных брекчий, флюидизитовых прожилков диаметром 20-40 км.	Ареалы развития скарнов и вторичной минерализации.
	Структуры центрального типа. Палеосейсмогенные дислокации.		
Куст	Узлы пересечения сдвигов III-IV порядка площадью первые км^2	Центральная часть ареала эруптивных брекчий базитов и других флюидизитовых образований.	Очаги разгрузки высокотемпературных вод в виде проявлений гидротермальной минерализации барита, сфалерита, пирита, кальцита с красной и голубой фотолюминесценцией, легким

			изотопным составом углерода и кислорода.
Тело	Участки присдвигового растяжения площадью до одного км^2	Участки интенсивного проявления флюидоразрывных образований, Проявления ореолов импрегнированных газов во вмещающих породах.	Локальные очаги разгрузки высокотемпературных вод внутри рудоконтролирующих структур, выраженные в минералого-геохимических, газогеохимических и изотопно-геохимических параметрах.
	Взрывные деформации вмещающих пород, фиксируемые по структурно-петрофизическим данным.		

Накынское кимберлитовое поле локализовано в узле пересечения региональных Вилюйско-Мархинской и Средне-Мархинской зон разломов, каждая из которых выражена поясами даек и силлов среднепалеозойских траппов. Они отчетливо устанавливаются по данным аэромагнитной съемки и заверены бурением. Кусты алмазоносных тел кимберлитов расположены вдоль линии рудоконтролирующего разлома, названного Диагональным.

Яркими *признаками кимберлитовых полей* являются эруптивные брекчии базитового состава. Они отличаются: повышенным содержанием щелочей; брекчиевой и брекчиевидной текстурами; присутствием в составе обломков долеритов и карбонатных пород нижнего палеозоя; каймами закаливания, гематитизации, хлорита и карбонатизации вокруг обломков основных пород; наличием в хлорит-карбонатном цементе и среди остроугольных обломков плохо раскристаллизованного стекла гиаллопилитовой структуры [Киселев и др., 2004].

Признаком поля и кустов кимберлитов являются флюидоразрывные брекчии карбонатных пород, которые отнесены к фреатомагматическим образованиям]. Они вместе с эруптивными брекчиями базитов слагают в центральной части Накынского поля ареал, в центре которого локализованы кимберлиты.

Большинство эруптивных брекчий базитов и флюидоразрывных карбонатных брекчий локализовано в разломах Вилюйско-Мархинской зоны нарушений восток-северо-восточного простирания.

Флюидизитовые прожилки встречаются чаще, чем брекчии карбонатного состава. В Накынском поле они занимают обширный ареал, маркируя по сгущениям основные тектонические нарушения, включая рудоконтролирующий Диагональный разлом.

Кусты кимберлитов, их трубки, дайки и жилы отличает сосредоточение всех взрывных образований, включающих многофазные кимберлиты, сопровождающие их флюидоразрывные карбонатные брекчии и прожикли и посткимберлиовые эруптивнцые брекчии базитов. В пределах таких участков некимберлитовые проявления древних взрывов выходят за пределы разломов Вилюйско-Мархинской зоны, что отражает телескопированное унаследованное развитие разновозрастных локальных флюидоносных структур.

Заключение

Данная работа выполнена на основе изучения коллекции карбонатных брекчий и флюидизитовых прожилков (флюидизитов), собранной в процессе специальной документации керна многих тысяч поисковых и разведочных скважин Накынского поля и анализа их пространственных соотношений с кимберлитами, эруптивными брекчиями базитов и разрывными нарушениями. Образцы флюидизитов изучены с использованием комплекса методов: петрографическое изучение шлифов, рентген-флуоресцентные анализы, ICP-MS, электронная микроскопия, рентгенофазовые анализы и др. В центральной части Накынского поля с использованием оригинальной базы данных в геоинформационной среде проведено картирование карбонатных флюидоразрывных брекчий и прожилков, эруптивных брекчий базитов и кимберлитов, включая распределение карбонатных прожилков и их типичных компонентов в пределах известных кимберлитовых кустов и потенциально перспективных участков.

В итоге получены следующие результаты.

В составе карбонатных брекчий и связанных с ними прожилков выявлены признаки их флюидоразрывного происхождения: разнообразный состав обломков, включающий вулканокласты и обломки с каймами перекристаллизации; примесь рентгеноаморфного вулканического стекла и кристаллокластов кварца и акцессориев; наличие зерне кварца с планарными трещинами; директивное (флюидальное) распределение песчаных зерен; повышенные относительно вмещающих карбонатных пород содержания Cr, Ti V, Ni, Co, Ce, Zr и ряда литофильных редких элементов.

Показаны отличия карбонатных флюидовзрывных образований от конвергентных с ними тектонических и палеокарстовых брекчий и прожилковидных выделений.

Также как и для кимберлитов и эруптивных брекчий базитов, установлена приуроченность карбонатных флюидовзрывных образований к сети разломов высокого порядка, распространенных в Накынском поле.

Установлено телескопирование карбонатных взрывных образований с кимберлитами и эруптивными брекчиями базитов в центральной части Накынского поля и их группирование на иерархическом уровне кимберлитовых кустов.

Отмечено конфокальное соотношение различных взрывных образований, включая кимберлиты, и бифокальное положение части эруптивных брекчий базитов.

Полученные данные указывают на то, что сложный состав компонентов карбонатных флюидоразрывных образований маркирует участки, в которых проявлены глубинные магматические взрывные образования.

Предложена фреатовулканическая модель образования флюидоразрывных карбонатных брекчий.

Даны рекомендации по использованию флюидовзрывных карбонатных брекчий и прожилков качестве косвенных признаков при поисковых работах на коренные месторождения алмазов.

В центральной части Накынского поля выделено несколько участков площадью в первые квадратные километры, в которых вероятно открытие мелких тел алмазоносных кимберлитов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Опубликованная

1. Белов С.В., Лапин А.В., Толстов А.В., Фролов А.А. Минерагения платформенного магматизма (траппы, карбонатиты, кимберлиты). – Новосибирск: Изд-во Сибирского отделения РАН, 2008. 537 с.
2. Бурков В.В., Подпорина Е.К. Первые данные о редких землях в кимберлитовых породах//Докл. АН СССР. 1966. Т. 171, №4. С. 148-160.
3. Бушков К.Ю. Структура Накынского кимберлитового поля и признаки скрытых сдвиговых кимберлитоконтролирующих структур. Диссертация на соискание степени канд. геол.-минер. наук. М. РГГРУ. 2006.
4. Ваганов В.И. Алмазные месторождения России и мира. М. Геоинформмарк. 2000. 369 с.
5. Гладков А.С., Зинчук Н.Н., Шерман С.И., Манаков А.В., Борняков С.А., Матросов В.А., Дзюба И.А., Гарат М.Н. Структурный контроль кимберлитовых тел Мало-Ботуобинского района (Якутия)//Геология алмаза - настоящее и будущее. Воронеж: изд-во ВГУ, 2005, С. 347-364.
6. Гладков А.С., Кошкарев Д.А. Строение разломного узла как поисковый признак коренных месторождений алмазов. В сб. Геологическое обеспечение минерально-сырьевой базы алмазов: проблемы, пути решения, инновационные разработки и технологии. Мирный. Материалы IV Региональной научно-практической конференции. 2014. С. 44-48.
7. Граханов О.С., Серов И.В. Древние россыпи ближнего сноса Средне-Мархинского алмазоносного района// Известия вузов. Геология и разведка. 2009. №3. С. 22–27.
8. Граханов О.С. Строение, состав и условия формирования раннемезозойских погребенных россыпей алмазов Средне-Мархинского района Западной Якутии.

Диссертация на соискание степени канд. геол.-минер. наук. Воронеж. ВГУ. 2010.

9. Горев Н.И., Веретенников В.А. Мелкомасштабное районирование Сибирской платформы на алмазы. // Проблемы прогнозирования и поисков месторождений алмазов на закрытых территориях. Мирный. 2008. С. 237-243.
10. Дзюба А.А. Разгрузка рассолов Сибирской платформы. Наука Новосибирск 1984. 149 с.
11. Дроздов А.В., Иост Н.А., Лобанов В.В. Криолитогеология алмазных месторождений Западной Якутии. Иркутск. Изд-во ИГГУ. 2008. 507 с.
12. Евстратов А.А. Базитовые вулканоструктуры северо-востока Тунгусской синеклизы (в связи с проблемой изучения алмазоносных «закрытых» территорий). Дис. на соиск. уч. степени канд. геол.-мин. наук. Иркутск. 2015.
13. Зарипов Н.Р. Осветление красноцветных пород Зимнебережного алмазоносного района Архангельской провинции и Накынского алмазоносного поля Якутской провинции, его связь с кимберлитоконтролирующими структурами. Канд. дисс. М. МГРИ-РГГРУ. 2017.
14. Зарипов Н.Р., Игнатов П.А., Васюта Ю.В., Ковальчук О.В., Лисковая Л.В., Килижеков О.К. Природа процессов осветления красноцветных пород, вмещающих кимберлиты Накынского алмазоносного поля Якутии. Руды и металлы. 2017. № 1. С. 67-74.
15. Зейгарник Ю. А,, Ивочкин Ю.П., Григорьев В.С., Оксман А.А. Теплофизика высоких температур, 2008. Т. 46, № 5. С.797-800.
16. Игнатов П.А. Методы обнаружения скрытых рудоконтролирующих структур в осадочных толщах на примерах месторождений урана и алмазов. В сб. Фундаментальные проблемы геологии месторождений полезных ископаемых и металлогении: XXI Междунар. научн. конф., посвящ. 100-летию академика В.И.Смирнова. М. МГУ Сб трудов в 2-х томах. Том 1. М.: МАКС Пресс, 2010. С. 169-186.

17. Игнатов П.А. Палеотектонические методы обнаружения скрытых структур, контролирующих месторождения урана и алмазов. Разведка и охрана недр. № 6. 2016. с. 11-15.
18. Игнатов П.А., Бобров В.А., Зинчук Н.Н., Ильин О.В., Есиков А.Д., Штейн Я.И. Изотопный состав углерода и кислорода в прожилковых кальцитах из нижнепалеозойских толщ Якутии, вмещающих кимберлитовые трубки. Изв. вузов. Геология и разведка. № 4. 1998. С. 46-54.
19. Игнатов П.А., Новиков К.В., Шмонов А.М., Разумов А.Н., Килижеков О.К., Ковальчук О.Е., Лисковая Л.В. Источники гидротермальных растворов, сопровождавших внедрение кимберлитов Накынского поля Якутии // Материалы Всероссийской конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика Николая Алексеевича Шило (1913–2008) «Рудообразующие процессы: от генетических концепций к прогнозу и открытию новых рудных провинций и месторождений». – Москва, ИГЕМ РАН, 2013. – с.130.
20. Игнатов П.А., Новиков К.В., Зарипов Н.Р., Ходня М.С., Шмонов А.М., Разумов А.Н., Килижеков О.К., Ковальчук О.Е. Кряжев С.Г. Комплекс нетрадиционных поисковых признаков коренных месторождений алмазов, используемый на закрытых территориях Смирновский сборник-2017. Проблемы минерагении, экономической геологии и минеральных ресурсов. М. Фонд им. академика В.И. Смирнова. МАКС Пресс. 2017. С. 207-228.
21. Игнатов П.А., Новиков К.В., Шмонов А.М., Зарипов Н.Р., Ходня М.С., Разумов А.Н., Килижеков О.К., Кряжев С.Г., Ковальчук О.Е. Зональность тектонических нарушений и вторичной минерализации в околокимберлитовом пространстве Майского месторождений алмазов Накынского поля Якутии // Геология рудных месторождений. – 2018, том 60 – № 2. – С. 233-240
22. Игнатов П.А., Шмонов А.М., Новиков К.В. и др. Ореолы углекислого газа в карбонатных породах, вмещающих дайково-жильные кимберлитовые тела Накынского поля Якутии // Руды и металлы. № 3. 2014. С.39-46.

23. Килижеков О.К. Закономерности локализации и особенности разведки погребенных россыпей алмазов Средне-Мархинского района (Якутская алмазоносная провинция). Автореф. канд. дис. Новосибирск, 2017.

24. Киселев А.И., Ярмолюк В.В., Егоров К.Н. и др. Среднепалеозойский базитовый магматизм северо-западной части Вилюйского рифта: состав, источники, геодинамика //Петрология. 2006. Том 14. № 6. С. 626-648.

25. Киселев А.И., Егоров К.Н., Чернышов Р.А., Чащухин А.В, Яныгин Ю.Т. Проявления флюидно-взрывной дезинтеграции базитов в Накынском кимберлитовом поле (Якутская алмазоносная провинция). Тихоокеанская геология, 2016.Т. 4, № 1 с. 97-104.

26. Ковальчук О.Е., Игнатов П.А, Кряжев С.Г. Методика локального прогнозирования кимберлитовых тел на основе комплексного исследования вторичной постмагматической минерализации кимберлитов и вмещающих пород, а также продуктов разрушения кимберлитов. В сб. Геологическое обеспечение минерально-сырьевой базы алмазов АК «АЛРОСА»: проблемы, пути решения, инновационные разработки и технологии. – Айхал: Материалы V полевого научно-практического семинара, 2015. С. 96-106.

27. Кондратьев А.А., Горев Н.И. Тектоническое строение и история развития Средне-Мархинского алмазоносного района Западной Якутии. В сб. Геология алмазов - настоящее и будущее. Воронежский ГУ. Воронеж. 200 5. С. 95 - 105.

28. Коробков И.Г. Структурно-тектонические, литолого-фациальные и магматические факторы минерагенического районирования и локального прогноза алмазоносности на востоке Тунгусской синеклизы (Якутская алмазоносная провинция). Автореферат докт. дисс. Иркустк. 2014.

29. Коробков И.Г., Евстратов А.А., Мильштейн Е.Д. Базитовые вулканоструктуры алмазоносных районов восточного борта Тунгусской синеклизы. Томск: STT, 2013. 270 с.

30. Коробков И.Г., Проценко Е.В., Коробкова А.И. Структуры осадочного чехла высокопродуктивных кимберлитовых полей Вилюйско-Мархинской

минерагенической зоны (Якутская алмазоносная провинция) // Вестник ВГУ. Серия: Геология. 2015. №1. С. 22-28.

31. Костровицкий С.И. О механизмах образования кимберлитовых трубок. В кн. Геология и полезные ископаемые Восточной Сибири. Новосибирск. Наука. 1971. С. 83-84.
32. Костровицкий С.И., Егоров К.Н. Механизм образования каналов кимберлитовых трубок. Вулканология и сейсмология. 1982, № 1. С. 3-12.
33. Костровицкий С.И. Минералогия и геохимия кимберлитов Западной Якутии. Автореферат докт. дисс. Иркустк. 2009.
34. Костровицкий С.И., Специус З.В., Яковлев Д.А., Фон-дер-Флаас Г.С., Суворова Л.Ф., Богуш И.Н. Атлас коренных месторождений алмазов Якутской кимберлитовой провинции. Отв. редактор ак. Н.П. Похиленко. НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО) г. Мирный: ООО «МГТ». 2015. 480 с.
35. Кудряшов А.И. Флюидогеодинамика. УрО АН СССР. Свердловск. 1991. 226 с.
36. Лапин А.В., Толстов А.В., Лисицин Д.В. Кимберлиты и конвергентные породы. М. 2004, Издательство ИМГРЭ. 226 с.
37. Леснов Ф.П. Состояние и проблемы исследований в области геохимии редкоземельных элементов в кимберлитах в сб. Петрология магматических и метаморфических комплексов Материалы Всероссийской научной конференции: в 2 томах. Томск, 2002 с. 126-133
38. Лисковая Л.В., Игнатов П.А., Ковальчук О.Е., Еремеев Р.В. Сравнение карбонатов основной массы кимберлитов Якутии и вмещающих пород (на примере Накынского кимберлитового поля)//Известия вузов. Геология и разведка. № 1. 2013. С. 22-29.
39. Махоткин И.Л. Значение вулканических процессов в понимании формирования кимберлитовых трубок на примере Северо-Запада России и Якутии. Смирновский сборник-2008. М. Фонд им. академика В.И.Смирнова. 2008. С. 61-92.

40. Милашев В.А. Кимберлиты и глубинная геология. Л., Недра. 1990. 167 с

41. Милашев В.А., Третьякова Ю.В. Режим и факторы образования кимберлитов. С.-Пб. РНИИКПН. 2003. 112 с.

42. Никулин И.И., Савко А.Д. Литология алмазоносных нижнеюрских отложений Накынского кимберлитового поля (Западная Якутия). Труды научно-исследовательского института геологии Воронежского государственного университета. Воронеж: Воронежский государственный университет, 2009. 134 с.

43. Новиков К.В. Геолого-структурное моделирование при локальном прогнозе алмазоносных кимберлитов на закрытых территориях (на примере Накынского поля Якутии). Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Москва – 2010.

44. Палеосейсмология. Под ред. Дж.П.Мак-Калпина. в 2-х томах. М. Научный мир. 2011. т. 2. 400 с.

45. Похиленко Н.В., Соболев Н.В., Черный С.Д. и др. Пиропы и хромиты кимберлитов Накынского поля (Якутия) и района Снэп-Лэйк (провинция Слэйв, Канада: свидетельства аномального строения литосферы. Докл. РАН. 2000. Т.372. № 3. С. 356-360.

46. Ромашов А.Н. Особенности действия крупных подземных взрывов. М. Недра. 1980. 243 с.

47. Ротман А.Я. Магматизм алмазоносных районов востока Сибирской платформы//Глубинный магматизм, его источники и плюмы. Труды V1 международного семинара. Иркутск-Мирный. Изд-во Института географии СО РАН. 2006. С. 124-155.

48. Тарабукин В.П., Реймерс А.Н., Нефедова Е.В. Оценка эрозионного среза кимберлитовых трубок Накынского поля // Отечественная геология, 2003, № 6, с. 84—85.

49. Томшин М.Д., Лапин А.В. Щелочные базиты как индикаторы кимберлитовой активности на примере Средне-Мархинского района Якутии. // Международное

(стран СНГ) совещание. Щелочной магматизм Земли и его рудоносность. Донецк. 2007. С 231-235.

50. Томшин М.Д., Фомин А.С., Корнилова В.П., Черный С.Д., Яныгин Ю.Т. Особенности магматических образований Накынского кимберлитового поля Якутской провинции//Геология и геофизика. 1998. № 12. С 1693-1703.

51. Туговик Г.И. Флюидно-эксплозивные структуры и их рудоносность. М. Наука, 1984. 192 с.

52. Фролов А.А., Лапин А.В., Толстов А.В., Зинчук Н.Н., Белов С.В., Бурмистров А.А. Карбонатиты и кимберлиты (взаимоотношения, минерагения, прогноз). М. НИА-Природа, 2005. 540 с.

53. Харькив А.Д., Зинчук Н.Н., Зуев В.М. История алмаза. М. Недра. 1997. 601 с

54. Харькив А.Д., Зинчук Н.Н., Крючков А.И. Коренные месторождения алмазов мира. М.: Недра. 1998. 555 с.

55. Харькив А.Д., Зуев В.М., Зинчук Н.Н. и др. Петрохимия кимберлитов. М. Недра. 1991, 304 с.

56. Ходня М.С., Игнатов П.А., Зарипов Н.Р., Лисковая Л.В. Флюидоразрывные брекчии карбонатных пород Накынского кимберлитового поля. XIII международная научно-практическая конференция "Новые идеи в науках о Земле" М. МГРИ-РГГРУ. 2017. С. 274-275.

57. Ходня М.С., Игнатов П.А., Лисковая Л.В. Флюидоразрывные брекчии карбонатных пород Накынского кимберлитового поля. Сборник материалов VI Российской научно-практической школы с международным участием. Новое в познании процессов рудообразования. Научное электронное издание. М. ИГЕМ РАН. 2016. С. 373-376.

58. Ходня М.С., Игнатов П.А., Лисковая Л.В. Вещественные признаки карбонатных флюидовзрывных образований Накынского алмазоносного поля Якутии//Отечественная геология. 2018. №6, С. 38-42.

59. Цыганов В.А. Надежность геолого-поисковых систем. - М.: Недра, 1994. 299 с.

60. Шкодзинский В.С. Природа вулканических взрывов. Наука и образование. 2005. № 4 (40). С. 18-23.

61. Шкодзинский В. С. Генезис кимберлитов и алмаза. Якутск ОАО "Медиа-холдинг Якутия" 2009. 352 с.

62. Шмонов А. М. Геолого-структурные и минералого-геохимические признаки, присущие алмазоносным кимберлитовым телам дайково-жильного типа (на примере Накынского кимберлитового поля Якутии). Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Москва, МГРИ-РГГРУ. 2014.

63. Штейн Я. И. Геологические особенности околотрубочного пространства кимберлитов Якутии как критерии оценки локальных площадей на коренные месторождения алмазов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Москва, МГГА-МГРИ. 1997.

64. Basson I.J., Viola G. Structural overview of selected Group II kimberlite dyke arrays in South Africa: implications for kimberlite emplacement mechanisms//South African Journal of Geology December 2003, v. 106 no. 4 p. 375-394

65. Cooke D.R., Devies A. Breccias of hydrothermal environments interpretation and classification. Centre for Ore Deposit and Earth Sciences. Tasmania University, Tasmania, 202, 236 p.

66. Corbett G. J., Leach T.M. Southwest pacific rim gold-copper systems: Structure, Alteration and Mineralization. Tasmania University, Tasmania, 2014, 318 p.

67. Dawson J.B. Basutoland kimberlites //Geol. Soc. Amer.Bull. 1962. Vol. 73, № 5. P. 545-560.

68. Hodnia M.S., Ignatov P.A. Fluid fracturing formations of the Nakyn kimberlite field of the Yakut diamond province. Geophysical Research Abstracts Vol. 2, EGU2018-606, 2018 EGU General Assembly 2018.

69. Jelsma H., Barnett W., Richards S., Lister G., Tectonic setting of kimberlites, Lithos 112S, 2009, P.155-165

70. Kim Y.-S. Peacock D.C.P., Sanderson D. J. Fault damage zones.//Journal of Structural Geology. 2004. N 26. P. 503–517.

71. Lorenz V., Kurszlaukis S. Root zone processes in the phreatomagmatic pipe emplacment model and consequences for the evolution of maar-diatrem volcanoes//Journal of volcanology and geotermal research. 2007. 159. P. 4-32.

72. Russell, J. K., Porritt, L. A., Hilchie L. Kimberlite: Rapid Ascent of Lithospherically Modified Carbonatitic Melts. In Proceedings of 10th International Kimberlite Conference, 2013, P. 195-210.

73. Simkin T., Fiske R.S., Krakatau 1883: The Volcanic Eruption and its Effects. Smithsonian Institution Press, Washington, 1983, 464 p.

74. Walters A.L., Phillips, J.C., Brown, R.J., Field, M., Gernon, T., Stripp, G. and Sparks, R.S.J. The role of fluidisation in the formation of volcaniclastic kimberlite: Grain size observations and experimental investigation//Journal of Volcanology and Geothermal Research. 2006. 155 (1-2). P.119-137.

75. White S.H., Boorder H., Smith C.B. Structural controls of kimberlite and lamproite emplacement // Journal of Geochemical Exploration. – 1995. – Vol. 53, P.245-264.

76. Wilson L., Head J. W. Kimberlite ascent and eruption//Nature, 2007. V. № 447. P. 53-57

77. http://volcano.oregonstate.edu/book/export/html/151

Фондовая

78. Гладков А.С., Егоров К.Н., Кошкарев Д.А. Отчет по теме «Структурно-вещественный анализ накынского кимберлитового поля для разработки локальных прогнозно-поисковых признаков и критериев кимберлитовых тел (объект «Локальный прогноз») Фонды НИГП АК «АЛРОСА». г. Мирный. 2016.

79. Граханов О.С. Горев Н.И., Константинов К.М, Проценко Е.В. и др. Отчет по теме: «Прогнозно-ревизионная оценка алмазоносных территорий Сибирской платформы с целью локализации площадей, перспективных на выявление кимберлитовых полей, и обеспечения планирования геологоразведочных работ АК «АЛРОСА» Фонды НИГП. г. Мирный. 2015.
80. Захаров С.А. и др. Отчет о результатах проведения поисковых работ на алмазы в пределах Нижненакынского лицензионного участка в 2013-2016 г. Мирный Фонды БГРЭ. 2016.
81. Игнатов П.А., Бушков К.Ю., Штейн Я.И. Отчет о результатах исследований по теме «Изучение структур, распространенных в раннепалеозойских осадочных породах и контролирующих кимберлиты Накынского поля». Мирный. Фонды БГРЭ АК «АЛРОСА» 2003.
82. Игнатов П.А., Новиков К.В., Шмонов А.М. Отчет о результатах исследований по теме «Изучение и картирование палеоструктур в породах нижнего палеозоя, вмещающих алмазоносные кимберлиты Накынского поля» Мирный. Фонды БГРЭ АК «АЛРОСА» 2012.
83. Игнатов П. А., Новиков К. В., Шмонов А. М., Зарипов Н. Р., Отчет о результатах исследований по теме: "Полевые и аналитические исследования вторичной постмагматической минерализации на поисковых площадях Ботуобинской ГРЭ". Фонды НИГП АК «АЛРОСА». г. Мирный. 2015
84. Игнатов П. А., Новиков К. В., Шмонов А. М., Зарипов Н. Р., Ходня М. С. Отчеты о результатах исследований по теме: «НИР по изучению разрывной тектоники и вторичных изменений во вмещающих породах в пределах Средне-Мархинского алмазоносного района» Фонды БГРЭ АК «АЛРОСА», г. Мирный. 2015, 2016 и 2017 гг.
85. Игнатов П.А., Штейн Я.И. Окончательный отчет по теме: «Выявление локальных палеоструктур, контролирующих положение кимберлитов Накынского поля, на основе изучения литологических особенностей раннепалеозойских вмещающих толщ». Фонды БГРЭ. 1998.

86. Кряжев С.Г. Васюта Ю.В. Изучение изотопно-геохимических ореолов кимберлитовых тел на примере Накынского и Мирнинского кимберлитовых полей. / Отчет о результатах научно-исследовательских работ по договору от № 011д. Москва, ЦНИГРИ, 2012.

87. Масленникова Э.А., Малышева Е.А., Килижеков О.К., Разумов А.Н. и др. Отчет о результатах поисков месторождений алмазов в пределах перспективных участков Накынского кимберлитового поля и прилегающих площадей в 2003-2007 гг. (объект Нижне-Накынский). Мирный. 2007. Фонды БГРЭ.

88. Масленникова Э.А., Разумов А.Н., Килижеков О.К. и др. Отчет о результатах поисков месторождений алмазов в пределах Накынского кимберлитового поля в 2010-2013 гг. (объект “Нижне-Накынский-2”). Отчет Мархинской ГРП БГРЭ. г. Мирный. Фонды БГРЭ. 2013.

89. Сыромолотова Н.А., Разумов А.Н., Жакова В.И и др. Отчет о результатах поисков алмазов в пределах перспективных участков Накынского кимберлитового поля. 2007-2010 гг. Мирный. Фонды БГРЭ. 2010.

90. Никитин В.В., Килижеков О.К., Масленникова Э.А. и др. Отчет о результатах поисков месторождений алмазов в пределах Нижне-Накынской площади в 2008-2011 гг. 2011. Фонды БГРЭ АК «АЛРОСА».