На правах рукописи

Yas

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук

Москва - 2019

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе».

Научный руководитель:	Игнатов Петр Алексеевич доктор геолого-минералогических наук, профессор (МГРИ-РГГРУ)
Официальные оппоненты:	Толстов Александр Васильевич доктор геолого-минералогических наук, НИГП АК «АЛРОСА» ПАО, директор
	Каргин Алексей Владимирович кандидат геолого-минералогических наук, ИГЕМ РАН, заместитель директора по научной работе
Ведущая организация:	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения

Защита состоится «28» марта 2019 года в 15.00 часов на заседании диссертационного совета Д.212.121.04 при ФГБОУ ВО «РГГРУ имени Серго Орджоникидзе» по адресу: 117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 23, зал диссертационных советов (каб.4-73).

Российской академии наук

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» по адресу: 117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 23, http://mgri-rggru.ru/

Автореферат разослан «___» января 2019 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета Д.212.121.04

raud

Ганова С.Д.

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 перспективных 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:

– установление характеристик карбонатных флюидоразрывных образований;

– типизацию выделенных флюидоразрывных образований;

– выяснение значения разрывных нарушений в распределении флюидоразрывных карбонатных образований;

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

– разработку критериев и признаков, позволяющих 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 следующими 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 пространственно 10 привязанных признаков; результаты сотен тысяч рентгенофазовых анализов, в основном выполненных в лаборатории НИГП АК «АЛРОСА»; десятки рентген-флуоресцентных и ICP MS анализов; данных электронной микроскопии электронно-зондового И 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 рентгенофлуоресцентным 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 карбонатных прожилков и брекчий, 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 кимберлитами и эруптивными брекчиями базитов в масштабе кустов кимберлитовых тел, а также имеют структурно-тектонический контроль. Обосновано использование флюидоразрывных образований в качестве признаков при поисках кимберлитовых кустов и тел.

Основная работы быть выражена идея может В установлении пространственных, временных И, возможности, генетических связей ПО 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 гг., 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 «АЛРОСА» (ПАО) (Мирный. 2018). Тезисы всех 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 профессорскопризнателен 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 при подготовке работы: М.В. Березнева, К.Г. Ерофееву, О.В. Владимирцеву, к.г.-м.н. К.В. Новикова, к.г.-м.н. Н.Р. Зарипова.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАКЫНСКОГО ПОЛЯ ЯКУТСКОЙ АЛМАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

Накынское поле расположено в пределах Средне-Мархинского алмазоносного района Якутской алмазоносной провинции. Геологическое строение района определяется его расположением в пределах юго-восточного склона Анабарской антеклизы в зоне ее сочленения с Вилюйской синеклизой. Изучаемая площадь имеет двухэтажное строение – кристаллический фундамент и платформенный чехол.

Платформенный чехол представлен рифейскими, кембрийскими, ордовикскими, силурийскими, триас-юрскими, юрскими и четвертичными отложениями. Кембрийские, ордовикские и силурийские отложения выделятся в венднижнепалеозойский рудовмещающий структурный ярус, а триасовые и юрские образования – в перекрывающий мезозойский [Никулин, 2006, Харькив и др., 1998].

В Накынском поле прослеживаются две зоны глубинных разломов: Вилюйско-Мархинская тектоническая зона северо-восточного простирания и Средне-Мархинская тектоническая зона, ортогональная к Вилюйско-Мархинской. Эти зоны разломов выполнены силлами и крутопадающими дайками долеритов [Харькив и др., 1998, Сыромолотова и др., 2010ф и др.]. Рудоконтролирующими считаются тектонические нарушения север-северо-восточного простирания, к которым приурочены все известные тела кимберлитов [Зинчук и др., 2006, Зуев и др.,1998, Черный и др., 1998, Сыромолотова и др., 2010ф и др.].

На территории Накынского поля распространены долериты, габбродолериты, кимберлиты, щелочные базиты и эксплозивные брекчии базитов. Установлены следующие временные рубежи их формирования: 1) базиты Вилюйско-Мархинского дайкового пояса – 387–362 млн лет; 2) кимберлиты – 369–346 млн лет; 3) щелочные базиты – 340–321 млн лет; 4) эксплозивные брекчии базитов – 312–306 млн лет [Томшин и др., 2007].

Эруптивный вулканизм здесь проявлен 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);

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



Рисунок 1 Эруптивная брекчия базитов с каймами осветления по обломкам долеритов. Скв. 518-445, глубина 124 м

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

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

– повышенное содержание щелочей.

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

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 частью [Граханов и др., 2015].

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

ОБОСНОВАНИЕ ЗАЩИЩАЕМЫХ ПОЛОЖЕНИЙ

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.

Карбонатные прожилки и связанные с ними брекчии карбонатного состава, которые авторы относят к флюидовзрывным образованиям, сложены мелкозернистым агрегатом непрозрачного кальцита или (и) доломита с примесью до 7–10% и более кварца с примесью полевых шпатов и слюд, алевритовой и песчаной размерности.

В разрезе они охватывают верхнюю часть нижнепалеозойской толщи, преимущественно встречаясь в породах ордовика. Этот интервал составляет порядка 100 м от кровли нижнепалеозойского толщи. В целом он соответствует вертикальному распространению вторичного кальцита в виде прожилков и друз. Ниже в породах нижнего палеозоя распространены прожилки и гнезда вторичного гипса.

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;

- 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);



Рисунок 2 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. Контакты брекчий отчетливые, как правило, ровные, тектонических границ не наблюдается.

По результатам изучения шлифов, данным дифрактометрии и термографии в составе флюидизитовых прожилков и цемента карбонатных брекчий не выявлено принципиальных отличий. Следует отметить отчетливую пространственную связь карбонатных брекчий и прожилков (рисунок 3).



Рисунок 3. Прожилок с микробрекчией, с зеленосерым карбонатным цементом, переходящий в брекчию с карбонатными угловатыми и округлыми обломками. Скважина 364/НЗ, глубина 134

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

В составе цемента карбонатных брекчий и прожилков имеются признаки, по которым их следует считать подземно-взрывными образованиями:

- директивное распределение алевритовых и песчаных зерен вдоль границ прожилков, что указывает на флюидный режим их образования;
- присутствие зерен кварца, полевых шпатов, слюд, иногда акцессорных флогопита (рисунок 4), апатита, циркона, пироксенов (которые авторы также считают кристаллокластами), выделений хлорита, замещающего флогопит, и серпентина в ассоциации с глинистыми минералами, подтвержденных дифрактометрическими анализами;

- наличие зерен кварца с планарными трещинами, характерными для ударных деформаций; примесь оскольчатых, иногда в виде рогулек, зерен кварца, которые представляются кристаллокластами, размер их как правило алевритовый или мелкопесчаный (рисунок 5);
- присутствие рентгеноаморфного вулканического стекла в виде изотропной массы или мелких обломков песчаного иногда мелкогравийного размера;
- коррозия доломитом и кальцитом выделений изотропного микрозернистого материала и некоторых песчаных зерен кварца, что может быть связано с воздействием высоко нагретых газов или гидротерм;
- фазы редкоземельного апатита и бритолита (Ce,Ca)₅•(SiO₄,PO₄)₃(OH,F), установленные микрорентгеноспектральным анализом (рисунок 6).



Рисунок 4. Зерна кварца и флогопита в кальцитдоломитовом агрегате флюидизитового прожилка. Микрофото шлифа. Николи скрещены. Скв. H-37/1, глубина 331.м. Рисунок 5. Иглоподобное зерно кварца, вероятно, вулканокластического происхождения в слабо анизотропной массе с выделениями глинистых минералов. Скв. 504-1, глубина 473 м. Фото выполнено с помощью сканирующего электронного микроскопа.



Рисунок 6. Материал карбонатной массы флюидизитового прожилка с вторичным пиритом и микроскопическим зерном бритолита. Скв H-37/1, глубина 245 м. Фото и измерения выполнены с помощью сканирующего электронного Многие из отмеченных признаков считаются характерными для выделения класса флюидизитовых (туффизитовых) пород [Алмазоносные...2011, Кимберлиты ..., 2010].

По геохимическим характеристикам рассматриваемые карбонатные брекчии и прожилки существенно отличаются от посткимберлитовых базитов и в целом близки к вмещающим осадочным карбонатным породам ордовика (таблица 1).

Таблица 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	Со	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
Посткимберлитовые базиты трубки Нюрбинская (6: проб) [Киселев и др., 2016]	31 - 60	44 - 52	43 - 396	43 - 66	264 - 600	100,1 - 125,8	3578 - 4095
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

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 2).

Содержание, ррт	флюидизит	вмещ. порода	тиєидиондф	вмещ. порода	флюидизит	вмещ. порода	тиєндионеф	вмещлорода	флюидизит	вмещлорода
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	<mark>6</mark> .11	1.78	2.54	1.62	4.10	2.50	2.34	1.30
Nd	29.81	14.98	23. <mark>4</mark> 4	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	4 9.74	22.85	43.43	19.77
Nb	5.3 <mark>4</mark>	1.81	3.66	1.73	5.88	2.19	3.85	3.05	3.73	3.06
Номер скважины- глубина, м	474-402- 104,5a	474-402- 104,5б	496-439- 137a	496-439- 1376	524-438- 102a	524-438- 102б	553-437- 145 a	553-437- 145 б	518-458- 103a	518-458- 103б

Таблица 2. Содержания некоторых элементов в парных пробах флюидизит – вмещающая карбонатная порода.

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. Указанная особенность свойственна кимберлитам Якутской алмазоносной провинции [Лапин и др., 2004, Леснов, 2002]. В этой связи повышенные содержания этих элементов в карбонатах флюидизитов можно связать с привносом материала из магматических кимберлитовых образований.

Для карбонатов флюидизитовых прожилков, в отличии от вмещающих пород, наблюдается больший разброс содержаний рубидия и бария. Это характерно и для кимберлитов Накынского поля [Кимберлиты..., 2010]. Значительные колебания этих элементов, вероятно, связаны с более активным проявлением флюидной фазы в процессе формирования кимберлитов и флюидизитов.

Следует отметить повышенное содержание лантана, вплоть до образования лантановых минералов (установленные фазы бритолита), что рядом исследователей также отнесено к характеристике кимберлитовых пород [Бурков, Подпорина, 1966, Харькив и др., 1998].

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.

Сходные минералого-геохимические признаки рассматриваемых карбонатных флюидоразрывных образований с магматическими взрывными породами отмечены в предыдущем разделе. Для анализа площадного распределения флюидизитовых образований в более крупном масштабе была создана база данных по выделенным в результате изучения шлифов компонентам, указывающим на их взрывное происхождение В базу данных вошли следующие характеристики: а – желто-бурый мелкозернистый агрегат кальцита и доломита; b – витрокластика, сложенная желтоспутанно-волокнистым слабо анизотропным бурым И изотропным рентгеноаморфным (?) просвечивающим материалом (рисунок 7); с – примесь кристаллокластов – оскольчатых алевритовых и песчаных зерен, d – наличие зерен кварца с планарной трещиноватостью (рисунок 8); е – песчаные и (или) гравийные зерна вулканического стекла, f – акцессорные песчаные зерна циркона, апатита и др, g – директивное распределение алевритовых и песчаных зерен вдоль границ прожилков (рисунок 9), иногда полосчатость карбонатов. Фрагмент такой базы данных приведен в таблице 3.



Рисунок 7.Скважина 484-420, глубина 106 м: Слева: пиритизированные трещины отрыва, выполненные агрегативным глинисто-карбонатным веществом в оолитовом известняке; б) Справа: Силикатный реликтовый кристалловитротуфовый материал в цементе брекчии с обломками известняков, доломитов, кварцита и разнозернистых зерен кварца, поздний кальцит и пирит, николи скрещены



Рисунок 9 Скважина СР-46, глубина 150 м: Слева: прожилково-брекчиевое выделение агрегативного карбоната; микрофото шлифа, справа: директивное расположение примеси песчаных кварцевых зерен в кальцит-доломитовом пиритизированном прожилке, николи скрещены

№ скв.	Глубина отбора	Описание	Код признака
32-1	118,5	Агрегированный прожилок поперек слойчатости с двумя генерациями кальцита, ранним желтым мелко/з и поздним крустификационным	a
H-12-8	112,5	Микро - прожилково-клиновидное выделение с оскольчатыми зернами кварца	a, c

Таблица 3. Компоненты карбонатных брекчий и прожилков

2 см

№ скв.	Глубина отбора	Описание	Код признака
24-3	198	Микро пирит- кальцитовый прожилок пересекает кальцит-пиритовый с линзочками бурого цвета и метазернами доломита	a
H-36-150	238	Макро. От кимберлитовой жилы ответвляются жилы с цементом мелкозернистым песчанистым светло-серым, таким же как и в КБ	a, b, c
Ан-Н-9- 2Гр	105	Макро - брекчия карбонатных пород с агрегативным зеленым цементом. Микро - в цементе - вулканическое стекло. Эруптивная брекчия базитов.	a, e
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.	a, c, d

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 40x50 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 10, 11).

Относительно простой состав минеральных компонентов встречается на участке Ханнинский 1, где не вскрыты ни эруптивные брекчии базитов, ни кимберлиты (рисунок 12).

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

Δ Δ Майское ac abo ac labce Lace Abaymapckuu 0 50 100 м 50 1 2 abc Λ Мархинское d Ibasinaposui ab ٨ ۸ **م** acde bcg 50 0 50 100 M 1 1 A 1 −− 2

Рисунок 10. Распространение компонентов флюидизитов на участке Майского месторождения. 1 – флюидизиты с характеристиками компонентов, 2 – разломы

Рисунок 11. Распространение компонентов флюидизитов на участке Мархинского месторождения. 1 – флюидизиты с характеристиками компонентов, 2 – разломы

компонентов взрывных карбонатных брекчий и прожилков показывают, что они более разнообразны вблизи кимберлитов и эруптивных брекчий базитов.



Рисунок 12. Распространение компонентов флюидоразрывных прожилков и брекчий на участке Ханнинский 1

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.

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 [Гладков и др., 2005, Гладков, Кошкарев 2014, Игнатов, 2010].

Тела эруптивных брекчий базитов и флюидоразрывные брекчии карбонатного состава по большей части приурочены к разломам, вмещающим дайки траппов Вилюйско-Мархинской зоны нарушений (рисунок 13 а, б). Похоже распределены и флюидизитовые прожилки, однако в их распределении сравнительно большее значение приобретает Диагональное нарушение (рисунок 13 в). Это косвенно указывает на то, что хотя бы часть флюидизитовых прожилков пространственно связана с кимберлитоконтролирующей разломной структурой.

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.

Следует обратить внимание на кустовое распределение карбонатных брекчий. Площади сближенных проявлений таких брекчий отчетливо закартированы на югозападе 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 проявления эруптивных брекчий базитов, и в некоторых местах кимберлиты.

16





Рисунок 13. Распредение флюидоразрывных образований Накынского поля:

а – эруптивные брекчии базитов,

б – флюидоразрывные карбонатные брекчии,

в – флюидизитовые прожилки

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 14).

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. Это 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.

Рассмотрим некоторые из выделенных участков. На участке 3, включающем *Майское месторождение*, отчетливо выделяются две области сосредоточения признаков взрывных образований, которые соответствуют двум узлам пересечения разломов (рисунок 15).



Рисунок 14. 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

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. Они располагаются на юго-запад от кимберлитовой жилы, вдоль зоны влияния и на северо-западном фланге крупного Южного разлома. 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 эруптивные брекчии базитов.

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 брекчиями базитов в скв. 505,5-421 и др. (туфобрекчии по данным БГРЭ) [Сыромолотова и др., 2010] составляет 590 м.

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.

18



Рисунок 15 Проявления взрывных образований на участке 3, включающем Майское месторождение

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

Рисунок 16 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

Рисунок 17 Проявления взрывных образований на участке 2 (Ханнинский 1)

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

В пределах участка 1, включающего кимберлитовую жилу Озерного рудопроявления, более широко распространены карбонатные брекчии (рисунок 16).

Интересно, что в экзоконтакте кимберлитовой жилы, также как на участках 3 и 5, имеет место линейный ореол флюидизитовых прожилков. Помимо этого, отмечается контрастное распределение флюидизитов, но на весьма ограниченной площади. В целом по участку 1 следует подчеркнуть бифокальное распределение взрывных образований.

пределах участка 2 (Ханнинский 1) В ряде скважин вскрыты B флюидоразрывные карбонатные брекчии и прожилки. Эруптивные брекчии базитов обнаружены в наклонной скв. 484-Б-1, расположенной на крайнем юго-западе участка (рисунок 17). 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 намечается в узле пересечения сдвигов. Здесь же предполагаются кимберлитовые тела [Игнатов и др., 2017 ф.].

По результатам сравнения проявлений на выделенных участках следует подчеркнуть два обстоятельства. Во-первых, на рудных участках картируется брекчий, эруптивных конфокальность кимберлитовых брекчий базитов И карбонатных флюидоразрывных образований. Во-вторых, эти участки отличает распространения контрастность площадного признаков карбонатных флюидоразрывных образований.

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 что образование кимберлитов также связывают связи надо напомнить, с фреатовулканизмом [Махоткин, 2008, Lorenz, Kurszlaukis, 2007 И дp.] И кумулятивными взрывами [Костровицкий, 1971, 2009].

Таким образом, на участках, включающих кимберлиты, силикатные и карбонатные флюидовзрывные образования распространены телескопированно. Рудовмещающие разломные узлы совмещаются с конфокальным положением предполагаемых магматических и фреатических взрывов. Эти обстоятельства следует использовать в качестве косвенных признаков кимберлитовмещающих 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 петрографическое шлифов, использованием комплекса методов: изучение ICP-MS, рентгенофлуоресцентные анализы, 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 зерен 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.

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

Отмечено 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 в 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.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В рецензируемых изданиях, рекомендуемых ВАК Минобрнауки РФ:

- 1. Ходня М.С., Игнатов П.А., Лисковая Л.В. Вещественные признаки карбонатных флюидовзрывных образований Накынского алмазоносного поля Якутии // Отечественная геология. М.: ФГБУ ЦНИГРИ. №6/2018–2018.– С. 38-42.
- 2. 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. М.: Наука–2018. – том 60 № 3. – С. 233-240.

3. Игнатов П.А., Новиков К.В., Зарипов Н.Р., **Ходня М.С.**, Бурмистров А.А., Лисковая Л.В., Килижеков О.К. Эруптивные флюидоразрывные образования Накынского алмазоносного поля Якутии // Вестник Московского Университета. – Серия 4. Геология. М.: Издательство МГУ– 2018. – №6. – С. 37-44

В других изданиях и материалах различных конференций:

- 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.: МАКС Пресс. – 2017. – С. 207-228.
- 5. Ходня М.С., Еременко Е.Г., Зарипов Н.Р., Игнатов П.А., Килижеков О.К. Новые данные о геологическом строении рудопроявления Озерное Накынского кимберлитового поля Якутской алмазоносной провинции // Материалы Пятой Российской молодежной научно-практической Школы с международным участием «Новое в познании процессов рудообразования». М.: ИГЕМ РАН. 2015. С. 259-261.
- 6. Ходня М.С., Игнатов П.А., Лисковая Л.В. Тезисы доклада «Флюидоразрывные брекчии карбонатных пород Накынского кимберлитового поля» // Материалы Шестой Российской молодёжной научно- практической школы с международным участием. М.: ИГЕМ РАН. 2016. С. 373-376
- 7. Ходня М.С., Зарипов Н.Р., Еременко Е.Г., Игнатов П.А., Килижеков О.К. Роль силлов как экранирующих структур в строении рудопроявления Озерное Накынского кимберлитового поля Якутии // Материалы VII Международной межвузовской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодые наукам о Земле». М: МГРИ-РГГРУ. 2016. С. 87-89.
- 8. Ходня М.С., Игнатов П.А., Зарипов Н.Р., Лисковая Л.В «Флюидизиты Накынского кимберлитового поля» // Материалы XIII Международной научно-практической конференции «Новые идеи в науках о Земле». МГРИ-РГГРУ. 2017. С. 274-275
- Khodnia M.S., Ignatov P.A. Fluid fracturing formations of the Nakyn kimberlite field of the Yakut diamond province // Geophysical Research Abstracts Vol. 2, EGU General Assembly. – Austria, Vienna, 2018. – P. 606
- 10.Игнатов П.А., Новиков К.В., Зарипов Н.Р., **Ходня М.С.**, Килижеков О.К. Эруптивные флюидоразрывные образования Накынского алмазоносного поля Якутии. // Материалы Всероссийской конференции, посвященная 120-летию со дня рождения выдающегося российского ученого академика А.Г. Бетехтина. М.: ИГЕМ РАН. 2017. С. 152-155
- 11.Игнатов П.А., Новиков К.В., Зарипов Н.Р., **Ходня М.С.**, Килижеков О.К. Флюидовзрывные образования, сопровождающие кимберлиты Майского месторождения и Озерного рудопроявления алмазов Накынского поля Якутии. // Материалы конференции «Стратегия развития геологического исследования

недр: настоящее и будущее (к 100-летию МГРИ-РГГРУ)». – М.: Изд. НПП «Фильтроткани». – 2018. – С. 300-301.

12.Лисковая Л.В., Игнатов П.А., Ходня М.С., Бардухинова А.В. Возможности и проблемы рентгенографического и термографического методов в выявлении признаков магматического влияния на осадочные карбонатные породы. Эффективность геологоразведочных работ на алмазы: прогнозно-ресурсные, методические, инновационно-технологические пути повышения ee эффективности. Материалы Всероссийской // V научно-практической конференции с международным участием, посвященной 50-летию алмазной лаборатории ЦНИГРИ-НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО). - Мирный: 2018. - С. 289-293.