

На правах рукописи



Зарипов Наиль Ринатович

**ОСВЕТЛЕНИЕ КРАСНОЦВЕТНЫХ ПОРОД ЗИМНЕБЕРЕЖНОГО
АЛМАЗОНОСНОГО РАЙОНА АРХАНГЕЛЬСКОЙ ПРОВИНЦИИ И
НАКЫНСКОГО АЛМАЗОНОСНОГО ПОЛЯ ЯКУТСКОЙ ПРОВИНЦИИ,
ЕГО СВЯЗЬ С КИМБЕРЛИТОКОНТРОЛИРУЮЩИМИ СТРУКТУРАМИ**

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата
геолого-минералогических наук

Москва – 2017

Работа выполнена на кафедре геологии месторождений полезных ископаемых в Федеральном Государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» (МГРИ-РГГРУ).

Научный руководитель:

Игнатов Петр Алексеевич

Доктор геолого-минералогических наук,
профессор (МГРИ-РГГРУ)

Официальные оппоненты:

Гаранин Виктор Константинович,

доктор геолого-минералогических наук,
профессор, научный руководитель
ФГБУН Минералогический музей им.
А.Е. Ферсмана РАН

Каргин Алексей Владимирович,

кандидат геолого-минералогических
наук, ведущий научный сотрудник
ИГЕМ РАН

Ведущая организация:

Федеральное бюджетное учреждение
науки Институт геологии алмаза и
благородных металлов СО РАН (ИГАБМ
СО РАН)

Защита состоится «18» мая 2017 г. в 15.00 на заседании диссертационного совета Д.212.121.04 при Российском государственном геологоразведочном университете по адресу: 117997, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23, ауд. 4-73

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГРИ-РГГРУ.

Автореферат разослан «__»_____ 2017 г.

Ученый секретарь диссертационного
совета, к. г.-м. н.

Бобков А.И.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Алмазоносные кимберлиты Архангельской (ААП) и Накынского поля Якутской алмазоносных провинций (ЯАП) по условиям залегания относятся к типу перекрытых месторождений с мощностью покрывающих отложений от десятков до 100 и более метров. Кроме того, многие, включая алмазоносные, кимберлитовые тела слабо проявляются в геофизических полях, а в Накынском поле широко распространен трапповый магматизм, что обуславливает определенные трудности в применении геофизических методов. В ААП кимберлиты слабо эродированы, поэтому шлихо-минералогические методы не так эффективны как в ЯАП. Таким образом, поисковые работы на данных площадях затруднены. Для повышения эффективности поисков коренных алмазных месторождений необходимо разработать новые поисковые предпосылки и признаки кимберлитов и вмещающих их локальных структур, в том числе, основанные на результатах изучения керн поисковых и разведочных скважин. Одним из таких перспективных косвенных поисковых признаков является рассматриваемое в данной работе прожилковое осветление красноцветных толщ.

В работе представлены материалы геологического, включая детальное картирование, геохимического, рентгенофазового, газогеохимического исследований объекта изучения - вторичного осветления красноцветных пород.

Цель работы заключалась в установлении связи прожилково-послойного осветления, распространенного в красноцветных породах, с рудоконтролирующими структурами и кимберлитами.

Для достижения поставленной цели решались следующие основные задачи.

- Специальная документация керн поисковых и разведочных скважин, а также стенок карьеров с выявлением и диагностикой морфологии и других характеристик вторичного осветления красноцветных осадочных пород в Зимнебережном районе Архангельской области и в центральной части Накынского поля Якутии. Отбор проб для аналитических работ в указанных районах.

- Определение и сравнительная характеристика химического и минерального состава прожилкового и послойного осветления, в том числе контактирующего с кимберлитами, а также неизмененных красноцветных пород венда Зимнебережного района Архангельской области и кембрия Накынского поля Якутии.

- Проведение газогеохимических исследований прожилкового и послойного осветления, в том числе контактирующего с кимберлитами, а также красноцветных пород кембрия и перекрывающих сероцветных карбонатных пород ордовика по пробам, отобраным в разрезах Накынского алмазоносного поля Якутии.

- Дополнение базы данных и создание геоинформационного проекта с привязкой проявлений вторичного осветления по площади Зимнебережного района и карьеру тр. Архангельская и центральной части Накынского поля.

- Анализ пространственного распространения вторичного осветления с использованием геоинформационной среды, взаимоотношений осветления с магматическими образованиями, тектоническими нарушениями, в том числе вмещающими алмазоносные кимберлиты.

Существо работы отражено в следующих защищаемых положениях:

1. В Зимнеберезном районе Архангельской алмазоносной провинции выделено три метасоматических типа осветления красноцветных пород венда: диагенетическое, катагенетическое и постмагматическое эндогенное, связанное с кимберлитами.

2. В Накынском поле Якутской алмазоносной провинции в красноцветных породах верхнего кембрия установлено три метасоматических типа осветления: диагенетическое, катагенетическое элизионное и эндогенное, связанное с телами алмазоносных кимберлитов, среднепалеозойских траппов и тектоническими нарушениями.

3. Прожилково-послойное осветление красноцветных пород, установленное на контакте с магматическими телами и в тектонических нарушениях, образовалось в результате воздействия восстановительных флюидов.

Фактический материал. Фактический материал диссертации основан на документации десятков тысяч погонных метров керна поисковых, разведочных, гидрогеологических скважин, накопленных в многолетних трудах группы под руководством проф. П.А. Игнатова, а также из многочисленных наблюдений в карьерах кимберлитовых трубок двух алмазоносных провинций.

Всего были использованы результаты документации порядка 2700 скважин и порядка 350 точек наблюдений, изученных П.А. Игнатовым, Я.И. Штейном, К.Ю. Бушковым, К.В. Новиковым, А.В. Болониным, И.Д. Васильевым, А.М. Шмоновым (МГРИ-РГГРУ), Р.В. Еремеевым (ЯНИГП ЦНИГРИ) и автором.

Непосредственно автор задокументировал керн порядка 230 скважин по Накынскому полю, 60 скважин и 175 точек наблюдений в ААП. Работы с участием автора проводились на поисковых площадях и карьерах ААП и в Накынском кимберлитовом поле Якутии под руководством проф. П.А. Игнатова в рамках хоздоговорных работ с БГРЭ и НИГП АК «АЛРОСА» и ПАО «Севералмаз» в период с 2012 по 2016 гг.

Кроме того, по Накынскому полю выполнено 75 анализов газогеохимических исследований, 68 – рентгенофлюоресцентных, 18 – рентгенофазовых, 10 – методом ICP-MS, 6 – пиролизом, изучены десятки прозрачных шлифов. Для изучения осветления по Юго-Восточному Беломорью выполнено 47 рентгенофлюоресцентных анализов, 22 – рентгенофазовых, 12 – методом ICP-MS и исследована серия прозрачных шлифов.

Использованы фондовые и опубликованные материалы, включающие описание геологического строения, вторичной минерализации, геолого-структурных и других данных по Накынскому полю и Архангельской алмазоносной провинции.

Анализ, обработка данных и построение картографического материала проводились с использованием современных геоинформационных программных продуктов, таких как QGIS, EsriArcGIS 10.0 и других.

Научная новизна. Вследствие проведенных исследований получены следующие научные результаты:

- выделено прожилковое эндогенное осветление в околокимберлитовом пространстве и рудоконтролирующих структурах Зимнебережного района Архангельской алмазоносной провинции.

- выделено прожилково-послойное эндогенное осветление, связанное со среднепалеозойскими алмазоносными кимберлитами, интрузиями и эруптивными образованиями траппов и тектоническими нарушениями в Накынском поле Якутской алмазоносной провинции.

- получены новые данные по элементному, минеральному и газогеохимическому составу прожилкового и послойного осветления.

- впервые выполнено сравнение прожилкового и субпослойного осветления и красноцветных пород по результатам газогеохимических, рентгенофазовых, рентгенофлуоресцентных, пиролитических анализов и методом ICP-MS.

- обоснован различный генезис осветления, обусловленного диффузионно- и инфильтрационно-метасоматическими процессами диагенеза, катагенеза и поступления эндогенных флюидов по трещинным зонам проницания.

Практическая значимость работы заключается в следующих основных положениях:

- установлено интенсивное проявление прожилково-послойного осветления на контакте с кимберлитами, которое может быть локальным признаком кимберлитов;

- выделение прожилкового осветления в красноцветных породах служит дополнительным признаком картирования тектонических нарушений, в том числе контролирующих тела алмазоносных кимберлитов.

Апробация диссертации. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на различных Международных, Всероссийских научных конференциях в период с 2012 по 2016 гг. Все материалы конференций опубликованы в качестве тезисов докладов.

Публикации. Основные положения диссертации изложены в 18 работах, в том числе в 3 статьях из перечня реферируемых журналов, рекомендованных ВАК РФ, и 15 тезисах докладов.

Структура и объем работы. Диссертация объемом 128 страниц состоит из введения, шести глав и заключения, содержит 65 рисунков, 13 таблиц и список литературы, включающий 152 наименования.

Благодарности. Автор выражает благодарность профессорско-преподавательскому составу МГРИ-РГГРУ и, в первую очередь, своему научному руководителю профессору, доктору геолого-минералогических наук Игнатову Петру Алексеевичу, без активного участия которого невозможно представить подготовку работы.

Неоценимую поддержку и помощь в работе оказали К.В. Новиков, А.М. Шмонов, М.С. Ходня и Р.В. Красников, за что автор им искренне благодарен.

Автор признателен руководству и сотрудникам ПАО АК «АЛРОСА» и ПАО «Севералмаз» за предоставленную возможность работать с материалами поисковых, разведочных и эксплуатационных работ, помощь и общее их обеспечение, и лично А.П. Гунину, Е.Н. Герасимову, А.Н. Гудину, В. Киму, О.К. Килижекову, О.Е. Ковальчуку, С.В. Кожевникову., Л.В. Лисковой, В.И. Поповскому, А.Н. Разумову, В.М. Фомину, А.А. Фомину, Ю.В. Щеголеву и другим.

Автор также благодарен руководству и сотрудникам ФГБУ «Гидроспецгеология» за всестороннюю поддержку при подготовке работы.

Автор благодарен С.Г. Кряжеву, Н.Н. Акинфиеву, Я.В. Бычковой, М.Ю. Гурвичу, Е.Ю. Горюнову, О.В. Владимирцевой и другим за помощь в выполнении анализов и расчетов.

1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИЗУЧЕННОЙ ПЛОЩАДИ АРХАНГЕЛЬСКОЙ АЛМАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

Изученная территория расположена в пределах Зимнебережного района Архангельской алмазоносной провинции на поисковых площадях ПАО «Севералмаз» – Верхнекепинской, Кепинской, Олмугской, Отугской, Товской и месторождения им. Ломоносова.

На рассматриваемой территории выделяются два геолого-структурных этажа: нижний – кристаллический фундамент и верхний – осадочный чехол. В верхнем этаже выделяется четыре структурных яруса: рифейский, венд-кембрийский, карбон-пермский и четвертичный. Вмещающими породами магматических тел являются рифейские и вендские отложения, а перекрывающими – палеозойские и четвертичные образования. Возраст всех магматических тел определён как позднедевонский – 367 млн.лет.

Основной проблемой поисковых работ на коренные месторождения алмазов на территории Зимнебережного района является их перекрытие чехлом мощностью порядка 80-100 м.

2. ОСВЕТЛЕНИЕ КРАСНОЦВЕТНЫХ ПОРОД ВЕНДА ЗИМНЕБЕРЕЖНОГО АЛМАЗОНОСНОГО РАЙОНА АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Методика документации, составления базы данных по результатам изучения керна скважин и стенок карьеров сформирована в процессе многолетних работ под руководством П.А. Игнатова [Игнатов и др., 2006ф]. ЗадOCUMENTИРОВАННЫЕ по керну и стенкам карьера новообразования и другие признаки вносятся в базу данных, которая используется для составления соответствующих карт в геоинформационной среде [Новиков и др., 2009; Васильев, 2010]. На основании такого подхода была построена схема распространения прожилкового и послойного осветления на изученной территории (рис. 1)

Из восьмисот скважин, которые внесены в базу данных, по результатам документации керна прожилковое осветление установлено только в 34, а субслоистое – в 208.

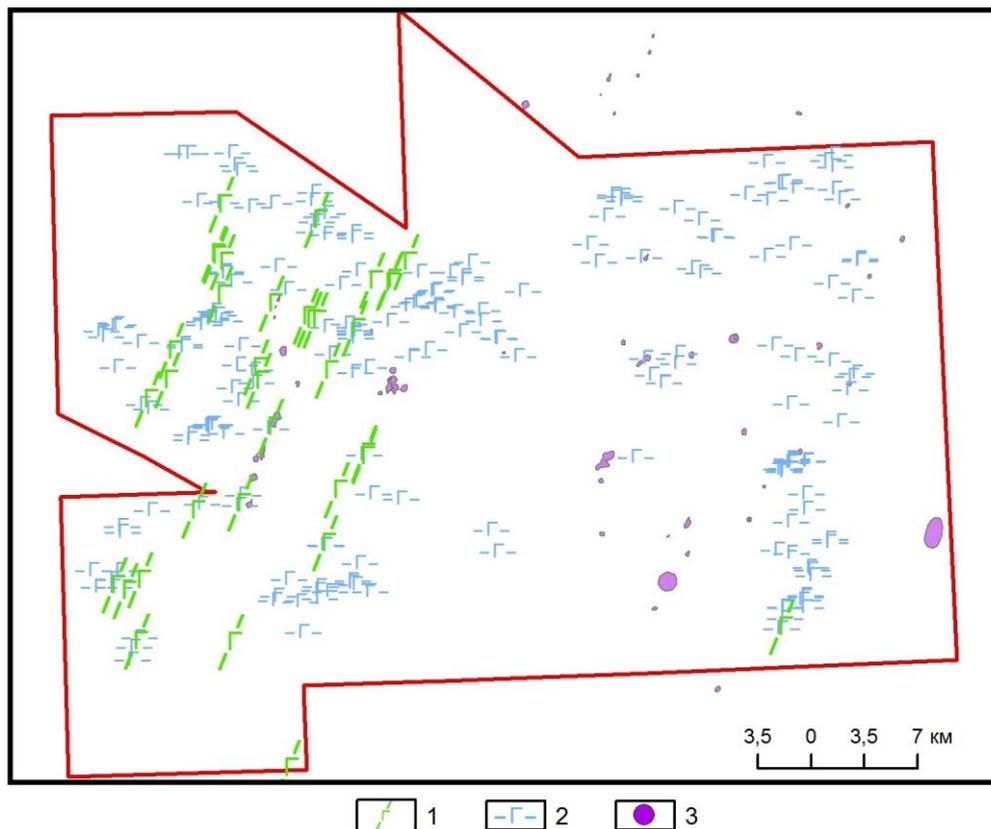


Рис. 1. Распространение послойного и прожилкового осветления. 1 – прожилковое осветление; 2 – послойное осветление; 3 – магматические образования

На основе изучения сотен образцов выделено три типа осветления красноцветных пород венда: диагенетическое, катагенетическое и эндогенное. Они соответствуют трем разновидностям осветления, отличающимся формой выделений и взаимоотношению с вмещающими породами венда.

Мелкопятнистое осветление встречается в виде мелких (первые сантиметры) гнезд и пятен неправильной формы, напоминающих биотурбации или относительно простых микроформ, напоминающих остатки цианобионтов.

Мелкослойчатое линзовидное осветление в песчаниках сопровождается косые серии тяжелой фракции шлиха, сложенные магнетитом.

Проявления пятнистого и мелкослойчатого осветления не выходят за пределы отдельных слоев вендской толщи и связаны с местами локальных восстановительных по железу обстановок в виде вероятных скоплений органического вещества, либо минералов закисного железа. По этим признакам такое осветление отнесено к диагенетическому, что подтверждается находками мелких с сечениями в первые сантиметры карбонатных конкреций зеленовато-серого цвета.

Особое пятнистое осветление сосредоточено в прикровельной части разреза венда (30-50 см), несогласно перекрытого каменноугольными отложениями. По облику осветление напоминает почвенные образования,

которые можно связать с процессами формирования глеевых подзон в древних корках выветривания, формировавшихся во время перерыва в осадконакоплении (силур-ранний карбон).

Второй тип осветления выражен главным образом протяженными на десятки метров субпластовыми линзами, охватывающими пачки в десятки метров мощности.

Мощность линз составляет от долей см до нескольких метров. Это осветление преимущественно развито по периметру линз и слоев песчаников на контакте с глинистыми алевролитами или аргиллитами. В однородных толщах осветления не отмечено.

Данный тип осветления имеет много общего с описанными А.И. Перельманом, Е.Н. Борисенко [Борисенко, 1980] явлениями катагенетического оглеения.

По данным рентгеноспектрального анализа в осветленных породах наблюдаются в несколько раз пониженные содержания Fe_2O_3 , MnO , пониженные - Al_2O_3 , K_2O , Na_2O , CaO , TiO_2 , Sr , Ba и заметно повышенные содержания SiO_2 относительно красноцветных пород. В связи с приведенными изменениями химического состава катагенетического осветления относительно красноцветных пород, процесс его образования можно отнести к экзогенному метасоматозу.

К третьему типу относится прожилковое осветление в кратерной фации трубки и во вмещающих породах венда на различном удалении от магматических тел, а также осветление на контакте с вулканогенно-осадочными породами.

В кратерной фации в туфовых отложениях в карьере тр. Архангельская проявления осветления, как правило, представлены протяженными до нескольких метров прожилками, образуют системы прожилков, в том числе разно ориентированных. Таким образом, осветление маркирует тектонические нарушения в уже сформированной толще туфовых отложений. Кроме того, прожилковое осветление установлено в убого алмазонасном кимберлите трубок Рождественская, Галина и, вероятно, присутствует в других магматических телах изученной площади.

Контактовое осветление фиксируется в экзоконтактовой зоне (рис. 2, б) и непосредственно в зоне милонитизации (рис. 2, а) на трубке Архангельской.

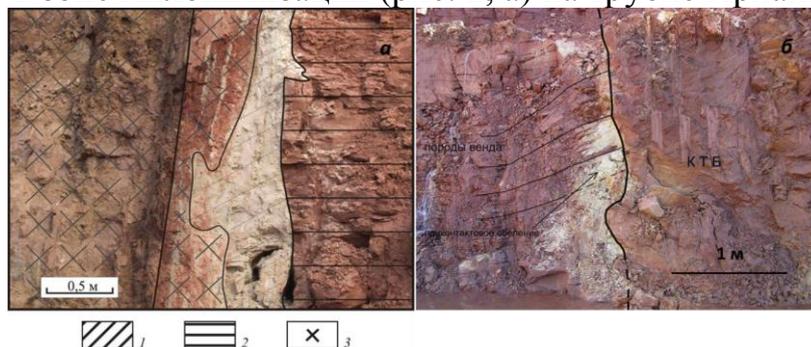


Рис. 2 Контакты туфов и вмещающих пород венда.

а – тектонический с осветлением контакт (до 0,7 м) кимберлитовых туфов (iD_3) и вмещающих пород венда (V_{2pd}) тр. Архангельской. 1 – осветленные и

милонитизированные туфы (iD_3), 2 – алевролиты и песчаники (V_{2pd}), 3 – кимберлитовые туфы (iD_3).б – тектонический контакт туфопесчаников (КТБ) и осветленных нарушенных слоев венда, т.н. 142, 2006 г.

Выполнено картирование осветления красноцветных вмещающих пород, связанного с контактами туфогенно-осадочных пород. Значительная часть задокументированных контактов туфогенно-осадочных и вмещающих пород осветлена. Так, из 52 зафиксированных контактов, порядка 26 осветлены.

В связи с тем, что осветление установлено внутри туфогенных пород и на контакте с ними предположено, что прожилковое осветление имеет эндогенное постмагматическое происхождение [Игнатов и др., 2012]. Поэтому особое внимание уделено прожилковому осветлению, установленному непосредственно во вмещающих породах.

Самостоятельно прожилковое осветление фиксируется в керне скважин, а также в карьерах на различном удалении от магматических тел. Прожилковое осветление во вмещающих красноцветных терригенных породах венда зафиксировано и закартировано в околотрубном пространстве кимберлитовых тел Архангельская, Белая, Карпинского-1, Пионерская, Первомайская, Рождественская и Снегурочка. В типичных случаях оно представлено светло-зелеными или белыми полосами и прожилками в красноцветных породах мощностью от долей до 20 см, распространяющимся вдоль плоскостей секущих трещин.

Наиболее представительные примеры прожилкового осветления обнаружены в карьере тр. Архангельская (рис. 3).

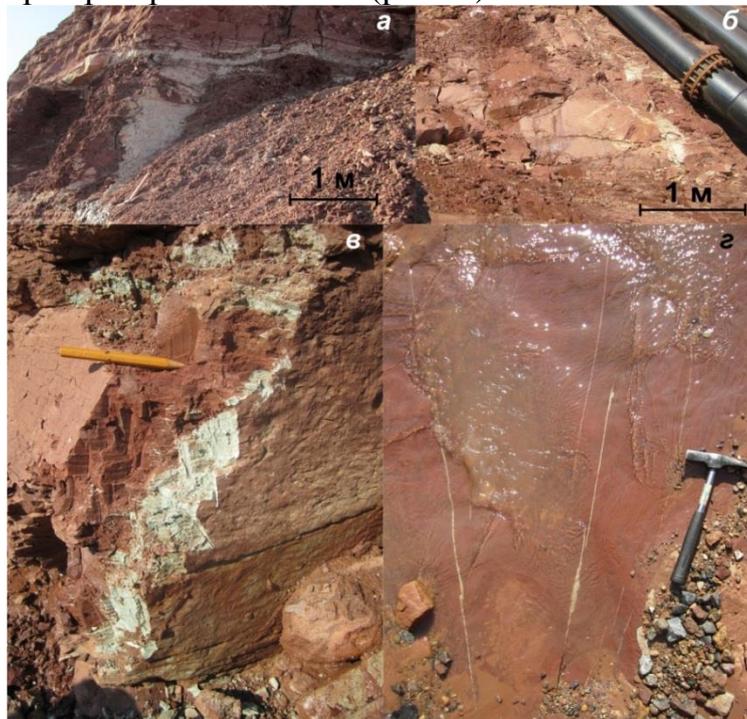


Рис. 3. Прожилковое осветление в карьере тр. Архангельская.

Следует отметить, что большая часть прожилков имеет простирание параллельное и субпараллельное азимуту удлинения трубки Архангельской, который составляет 20° .

Помимо форм выделения и взаимоотношения с кимберлитами, в целях обоснования выделения прожилкового осветления как эндогенного выполнено минералогическое и геохимическое изучение прожилкового, субпослойного осветления и неизменных красноцветных пород.

Одним из наиболее достоверных отличительных признаков минеральных новообразований во вмещающих породах венда может служить минерал группы смектитов сапонит, являющийся индикатором околотрубчатого пространства, как вторичный минерал по оливину [Соболев и др., 2003]. При изучении ряда проб сапонит установлен лишь в одной пробе из одиннадцати. При этом практически во всех остальных присутствуют другие близкие по своим свойствам глинистые минералы группы смектитов – нонтронит и монтмориллонит. Все пробы отобраны из прожилкового осветления.

Механизм образования прожилкового, предположительно эндогенного осветления, видимо, связан с физико-химическим процессом в отличие от субпослойного и пятнистого, связанного с биохимическим процессом. В этом случае окислы и гидроокислы железа восстанавливаются, вероятно, под воздействием восстановительных бессероводородных газов (в первую очередь, водорода) или насыщенных газами растворов.

В целях выявления геохимических особенностей прожилкового осветления относительно других типов и красноцветных пород проанализировано 46 соответствующих проб.

В связи с примерно таким же изменением химического состава прожилкового осветления относительно неизменных красноцветных пород (прежде всего выносом железа, марганца), как и субпослойного, его образование можно тоже отнести к метасоматическому процессу, но уже эндогенному инфильтрационному.

По подсчитанным средним содержаниям по результатам рентгенофлюоресцентного анализа прожилковое осветление отличается от оглеения повышенными содержаниями калия, железа, цинка, рубидия, ниобия, хрома, никеля, пониженными – только кальция. Примерно одинаковые содержания наблюдаются у титана, марганца, стронция и иттрия.

Относительно большой вынос калия, железа при катагенетическом оглеении, по сравнению с прожилковым предположительно эндогенным осветлением, видимо, связан с продолжительным воздействием восстановительных подземных вод и жизнедеятельностью анаэробных бактерий. Повышенные содержания цинка в эндогенном осветлении, вероятно, обусловлены его привносом и выпадением в щелочных и нейтральных по кислотности условиях. Концентрация рубидия также, вероятно, связана с эндогенными процессами, поскольку «биологические процессы не благоприятствуют его накоплению» [Перельман, 1989].

Кроме того, выполнено изучение прозрачных шлифов. В красноцветных образованиях наблюдаются, как и в ранее описанных случаях «тонко диспергированные окислы и гидроокислы железа, обволакивающие и цементирующие терригенные частицы» [Борисенко, 1980], тогда как в осветленных образованиях они отсутствуют.

Также по 12 образцам (по шести парным – осветлению и красноцветным образованиям) выполнена масс-спектрометрия с использованием индуктивно-связанной плазмы (ICP-MS). Из них 6 проанализированных проб отобрано из красноцветных образований, 5 – из прожилкового осветления, один образец – из послыйного осветления.

Уверенно по всем имеющимся красноцветным пробам наблюдаются повышенные содержания Sc, Mn, Zn, Mo, Ba, Pb, а по осветленным породам – U. В этой связи, следует отметить накопление естественных радиоактивных элементов U, Th, K в околотрубочном пространстве тр. Архангельской [Яковлев, 2016]. А также в несколько раз относительно фона повышенные мощности экспозиционной дозы радиоактивности во вмещающих кимберлиты породах [Игнатов и др., 2014] и повышенные концентрации радиационных дефектов в экзоконтактах кимберлитов [Зарипов, 2014].

Картирование осветления позволило установить, что распространенность секущего осветления достигает 200 м от края трубки Архангельской. Кроме того, наблюдается приуроченность массива осветления к субмеридиональному простиранию, поскольку на западе и востоке карьера трубки Архангельская фактов осветления меньше всего.

В масштабе поисковых площадей прожилки установлены только в районе Золотицкого поля, тогда как проявления субпослойного осветления наблюдаются практически повсеместно (см. рис. 1).

Выделение прожилкового осветления, как проявления, связанного с магматизмом обосновано следующими фактами: характерными формами с четкими границами и развивающимися вдоль тектонических трещин; данными картирования в масштабе рудного тела и рудного поля; присутствию прожилкового осветления в туфогенно-осадочных породах; частично по средним содержаниям ряда элементов удалось выделить особенности прожилкового и послыйного осветления; косвенным подтверждением эндогенной природы осветления являются результаты рентгенофазового анализа; развитием идеи флюидизитового происхождения кимберлитовых трубок и образованием алмазов водородно-метановым способом, что объясняет присутствие восстановительной среды в околотрубочном пространстве [Портнов, 2012, Иванников, 2011]

Таким образом, изложенный материал лежит в обосновании первого защищаемого положения: *«В Зимнебережном районе Архангельской алмазоносной провинции выделено три метасоматических типа осветления красноцветных пород венда: диагенетическое, катагенетическое и постмагматическое эндогенное, связанное с кимберлитами».*

3. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАКЫНСКОГО ПОЛЯ ЯКУТСКОЙ АЛМАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

Прожилково-послойное осветление также установлено в Накынском поле Якутской алмазоносной провинции, в том числе в околокимберлитовом пространстве месторождений трубок Нюрбинская и Ботуобинская, Майское и других алмазоносных тел.

Накынское кимберлитовое поле расположено в 300 км к северо-востоку от г. Мирного в районе среднего течения реки Мархи. Оно входит в состав Средне-Мархинского алмазоносного района Якутской провинции.

На изученной территории выделяется два геолого-структурных этажа: кристаллический фундамент и платформенный чехол. Платформенный чехол представлен рифейскими, кембрийскими, ордовикскими, силурийскими, триас-юрскими, юрскими и четвертичными отложениями. Кембрийские, ордовикские и силурийские отложения выделяются в венд-нижнепалеозойский рудовмещающий структурный ярус, а триасовые и юрские образования – в перекрывающий мезозойский [Никулин, 2006].

В пределах Нижне-Накынской площади, в состав которого входит Накынское поле, прослеживаются две зоны глубинных разломов: Вилуйско-Мархинская тектоническая зона северо-восточного простирания и Средне-Мархинская тектоническая зона, ортогональная к Вилуйско-Мархинской. Эти зоны разломов выполнены силлами и крутопадающими дайками и долеритов [Сыромолотова и др., 2010ф и др.].

Рудоконтролирующими считаются тектонические нарушения север-северо-восточного простирания, к которым приурочены все известные тела кимберлитов [Сыромолотова и др., 2010ф и др.].

На территории Накынского поля распространены долериты, габбро-долериты, кимберлиты, щелочные базиты и эксплозивные брекчии базитов. Установлены следующие временные рубежи их формирования: 1) базиты Вилуйско-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].

4. ОСВЕТЛЕНИЕ КРАСНОЦВЕТНЫХ ПОРОД КЕМБРИЯ НАКЫНСКОГО ПОЛЯ

В рамках работ по выделению новообразований, связанных с околокимберлитовым пространством, в пределах Накынского поля Якутской провинции группой под руководством П.А. Игнатова установлен ряд тектонических, минералогических, собственно магматических и флюидомагматических (флюидизитовых) признаков. А также создана методика их документации, ведения базы данных и картирования [Игнатов и др., 1995, 2008, 2013, 2016; Новиков, 2010; Штейн, 1997; Бушков, 2006; Шмонов, 2014]. К числу этих новообразований отнесено прожилковое осветление и, в некоторых случаях, субпослойное осветление красноцветных терригенно-карбонатных пород мархинской свиты верхнего кембрия.

Кроме того, осветление ранее рассмотрено в ряде научных отчетов [Красинец и др., 1987, Рождественская, 1991, Ягнышев и др., 1985, Зинчук и др., 1985, Цыганов и др., 1985] и отмечалось при разведке трубок Мир и Интернациональная [Судаков и др., 1983; Тараховский и др., 1983 и др.]

Осветление фиксируется в красноцветных породах верхнего кембрия, во вскрытой глубокими (180-600 м) скважинами верхней части мархинской свиты. Мощность задокументированной красноцветной толщи по отдельным

скважинам достигает 320 м. Общий объем разрезов, включающих данные образования, составил около 7000 пог. м. керн поискового и разведочного бурения. Помимо этого, изучены стенки карьера трубки Нюрбинская. Осветление установлено на месторождениях алмазов Ботубинская, Нюрбинская, Майское, рудопроявлениях Мархинское, Озерное, в зонах различных тектонических нарушений.

Осветление в красноцветных породах представлено линзами, пятнами и прожилками салатно-зеленого, голубовато-светло-серо-зеленого и белого цвета.

Послойное осветление охватывает весь разрез пестроцветной толщи кембрия во многие десятки метров. В большинстве случаев оно фиксируется в приконтактных частях пластов красноцветных пород, граничащих с серо-зеленоцветными слоями известняков и доломитов. При этом, как правило, мощность осветления подстилающих красноцветных пород в несколько раз больше, чем перекрывающих (рис. 4).



Рис. 4. Субпослойное осветление красноцветных пород.
а – скв. Р-6/2, инт. 287-292 м, 2012 г.; б – скв. ПР-7-1, инт. 443,3-441,5 м, 2015 г.
Забой скважин со стороны этикетки

В красноцветных породах кембрия также установлено пятнистое осветление, а также осветление, распространяющееся по текстурам биотурбаций, трещинам усыхания, контурам глиптоморфоз.

В красноцветных породах кембрия во всех изученных глубоких наклонных скважинах установлено пятнистое и субпослойное осветление.

Широкое распространение послойного и пятнистого осветления, большее осветление от подошвы сероцветных слоев, чем от их кровли, осветление диагенетических трещин, тектонические микросмещения пятен и слоек осветления следует объяснить воздействием на первично красноцветные породы восстановительных по железу вод, которые отжимались из сероцветных отложений на этапе катагенеза. Данный тип осветления красноцветных пород, названный оглеением, изучен А. И. Перельманом, Е. Н. Борисенко и другими исследователями [Перельман, 1965, Борисенко, 1980 и др.].

Прожилковое осветление представлено единичными маломощными (от мм до первых и более см) крутопадающими прожилками, их параллельными сериями. Прожилки имеют прямолинейные контакты, реже встречаются волнообразные с раздувами и ответвлениями согласными со слойчатой неоднородностью. Интенсивное прожилковое и сетчатое осветление отмечено в околокимберлитовом пространстве (рис. 5).

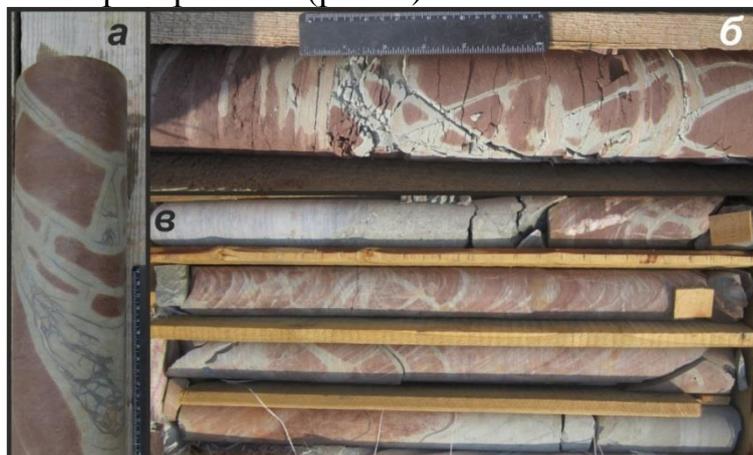


Рис. 5. Интенсивное прожилковое осветление красноцветных пород кембрия

Характерной особенностью секущего осветления является присутствие в осевой части прожилков трещин, что подчеркивает ключевую роль тектоники в формировании данных образований.

В плоскости таких трещин в некоторых прожилках с осветлением установлены нитевидные выделения темно-синевато-серого материала а также гипса. Такие микропрожилки в подавляющем числе случаев обнаружены лишь в экзоконтактах кимберлитов. Прожилки осветления распространены ограниченно и встречены в разрезах, в которых явно выражены признаки хрупких тектонических деформаций в виде микровзбросов и микросбросов.. Сближенные серии прожилков и их сетчатые образования наиболее часто сопровождают экзоконтакты кимберлитов и встречены вблизи эруптивных брекчий базитов (рис. 6).

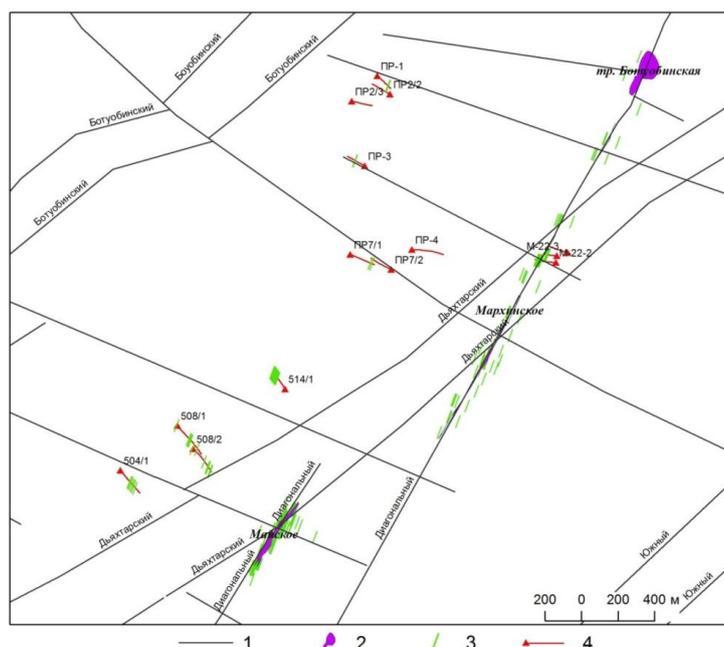


Рис. 6. Распространение прожилкового осветления и некоторые наклонные скважины пробуренные в пределах Накынского поля.

1 – разломы, 2 – кимберлитовые тела, 3 – прожилковое осветление, 4 – проекции наклонных скважин.

Пространственная связь прожилкового осветления с проявлениями глубинного эруптивного магматизма, разломами и кимберлитами указывает на его формирование в связи с высокотемпературными глубинными флюидами, вероятно, газового состава, содержащими водород.

В ряде случаев зафиксирована пространственная ассоциация послойного и прожилкового осветления. При этом отчетливо наблюдается экранирование слоями и слоями известняков и доломитов распространения послойного осветления от подводящего снизу канала прожилково-трещинного осветления.

Ассоциация субпослойного и прожилкового осветления наблюдалась в обнажении в стенке карьера по тр. Нюрбинская. Здесь секущие прожилки и послойное осветление распространяются непосредственно от крутопадающей жилы (дайки), сложенной кимберлитовыми брекчиями (рис. 7, а) и докимберлитовой дайки долеритов (рис. 7, б).

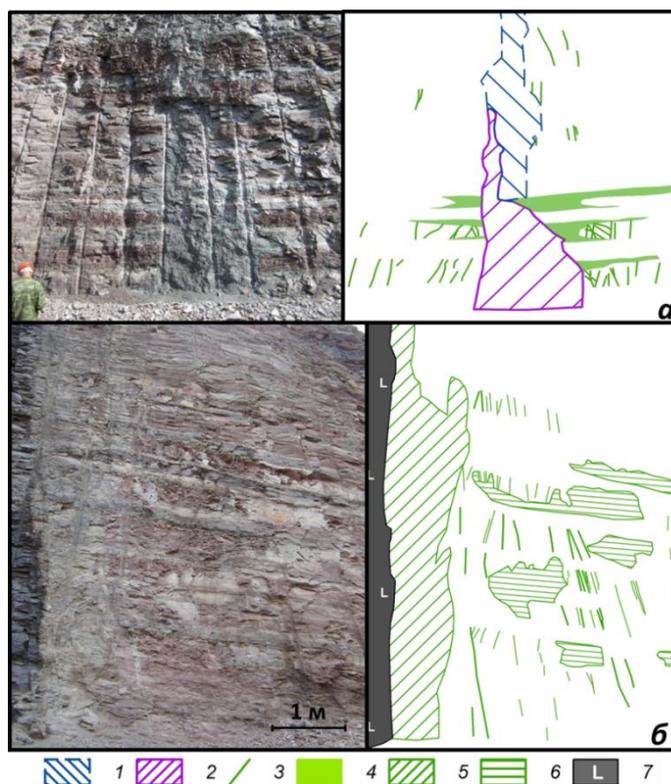


Рис. 7. Осветление около кимберлитовой жилы в северном борту карьера тр. Нюрбинская в основании нижнего подустапа с отметкой 47,5 м (а) и дайки долерита в северо-восточной стенке карьера тр. Нюрбинская в основании нижнего уступа с отметкой 43,5 м (б).

1 – осветленная и тектонически нарушенная зона над кимберлитовой дайкой; 2 – кимберлитовая дайка; 3 – проявления прожилкового осветления с плоскостью, перпендикулярной стенке карьера; 4 – субпослойное осветление; 5 – осветленная зона около дайки долеритов; 6 – проявления прожилкового осветления с плоскостью, параллельной стенке карьера; 7 – дайка долерита.

В обоих случаях осветление непосредственно контактирует с жилой кимберлитов и дайкой долеритов. Фиксируются вертикальные субпараллельные дайкам прожилки, которые отходят от контактов на несколько десятков метров.

По минеральному составу материал осветленных новообразований почти не отличается от красноцветных пород.

Также не обнаружено характерных для железа минералов в красноцветных и осветленных породах, кроме следов магнетита в трех образцах осветленного алевrolита. При этом содержание железа по данным рентгенофлуоресцентного анализа в красноцветных породах в несколько раз выше. Также закономерно отмечаются повышенные содержания калия в красноцветных образованиях.

Результаты анализов свидетельствуют о том, что окраску красноцветным породам придают тонко диспергированные окислы и гидроокислы железа, которые могут быть определены как рентгеноаморфные фазы. В осветленных породах железо может восстанавливаться, оставаясь в данной форме.

Результаты изучения прозрачных шлифов осветленных и красноцветных пород также указывают на присутствие железа в виде аморфных фаз и почти полное отсутствие сульфидов.

Для изучения геохимических характеристик обработаны результаты рентген-флуоресцентного анализа 71 проб, из которых 34 отобрано по красноцветным породам, 24 по прожилковому осветлению, 10 по послойному, 3 пробы по темному материалу из плоскости трещин в прожилковом осветлении. Анализы выполнены на приборе РЕСПЕКТ в лаборатории МГРИ-РГГРУ канд. тех. наук М.Ю.Гурвичем. Наиболее представительные результаты получились по Fe, K и Ti.

Рассчитаны средние содержания элементов по данным образованиям (рис. 8).

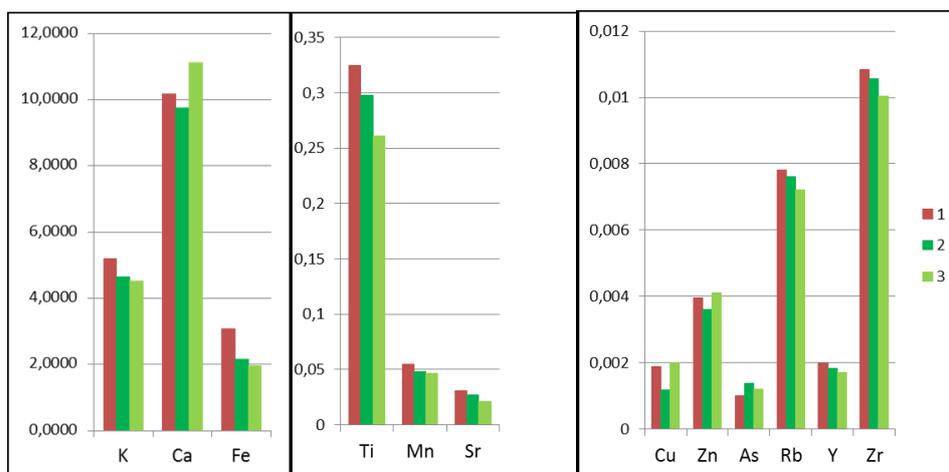


Рис. 8. Средние содержания химических элементов по результатам рентгенофлуоресцентного анализа:

1 – по красноцветным породам, 2 – по прожилковому осветлению, 3 – по субпослойному осветлению.

По результатам рентгенофлуоресцентного анализа наблюдаются дифференциация содержания некоторых химических элементов по различным породам. Так, например, в красноцветных породах повышены содержания в первую очередь калия, железа, титана, марганца, а также рубидия, циркония. Повышены содержания кальция в субпослойном осветлении, что вероятно, подтверждает отжатию восстановительных вод из карбонатных слоев. Наибольшее содержание титана наблюдается в красноцветных образцах, минимальное – в субпослойном осветлении.

Так как в осветлении наблюдается закономерное изменение химического состава (прежде всего понижение содержания железа и калия), не резкие границы и отсутствие связи с палеопроницаемостью, то процесс образования любого его типа можно отнести к метасоматическим преобразованиям.

Методом ICP-MS по пяти парным пробам (красноцветным образованиям и прожилковому осветлению), выполненным Я.В.Бычковой в лаборатории ИГЕМ РАН, получены субкларковые содержания микроэлементов от Li до U.

Установлено, что в осветленных породах серебра во всех пробах больше, чем в красноцветных породах. Обратная картина наблюдается с молибденом.

Содержание висмута относительно красноцветных пород выше в прожилковом осветлении, задокументированном у контакта с кимберлитами, а его содержание в прожилковом осветлении у контакта с эруптивными брекчиями базитов и послойном осветлении ниже, чем в красноцветных породах. В этой связи следует отметить, что в кимберлитах установлены повышенные содержания висмута [Дунин-Барковская, Уханов, 1974]. Примерно также ведет себя гафний. В трех образцах, отобранных из прожилкового осветления, наблюдаются повышенные содержания урана относительно красноцветных образований, в одном образце – наоборот, незначительно пониженное. В пробе из субпослойного осветления концентрация урана в осветлении понижена.

В целом, приведенные геологические наблюдения и минералогическо-геохимические данные по осветлению кембрийских красноцветных пород Накынского алмазоносного поля позволяют утверждать, что часть пластового и пятнистого осветления (оглеения), вероятно, возникла в катагенезе при участии микробиального водорода и гидрокарбонат-иона в условиях элизионного режима древнего артезианского бассейна. Прожилковое осветление и часть пластового осветления, вероятно, связана с поступлением глубинных восстановительных флюидов.

Таким образом, можно сформулировать второе защищаемое положение: *"В Накынском поле Якутской алмазоносной провинции в красноцветных породах верхнего кембрия установлено три метасоматических типа осветления: диагенетическое, катагенетическое элизионное и эндогенное, связанное с телами алмазоносных кимберлитов, среднепалеозойских траппов и тектоническими нарушениями"*.

5. ПРИРОДА ПРОЖИЛКОВО-ПОСЛОЙНОГО ЭНДОГЕННОГО ОСВЕТЛЕНИЯ КРАСНОЦВЕТНЫХ ПОРОД ВЕРХНЕГО КЕМБРИЯ НАКЫНСКОГО ПОЛЯ ЯКУТСКОЙ АЛМАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

В связи с тем, что прожилковое осветление и интенсивное сетчатое осветление с осевой минерализованной зоной темного цвета часто наблюдается непосредственно с кимберлитами, а также фиксируется в зонах разломов, предложена его связь с восстановительными эндогенными флюидами. Для изучения природы этого осветления изучено околокимберлитовое пространство дайковидного тела Майского, выполнены газогеохимические анализы по ряду проб, а также пиролитические исследования некоторых образцов.

Прожилковое осветление обнаружено во вмещающих красноцветных породах кембрия вблизи и вдоль контактов кимберлитовой дайки Майского, а также в ксенолитах этих пород в кимберлитовых брекчиях внутри контура тела.

В разрезах наклонных разведочных скважин истинная мощность интервалов с осветлением (зон осветления) колеблется от десятков до 75 м. В целом расположение зон осветления маркирует рудовмещающий Диагональный разлом. Мощность зон осветления увеличивается с глубиной.

Для проверки гипотезы об участии в осветлении восстановительных газов выполнены газохроматографические анализы импрегнированных газов по неизменным красноцветным и непосредственно примыкающим к ним осветленным породам. А именно, измерено содержание углекислого газа (CO₂),

метана (CH_4), этана (C_2H_6), этилена (C_2H_4), пропана (C_3H_8), пропилена (C_3H_6), изобутана ($i\text{C}_4\text{H}_{10}$), бутана ($n\text{C}_4\text{H}_{10}$), бутилена (C_4H_8), воды. Анализы выполнены в лаборатории ЦНИГРИ (зав. лаб. к. г.-м.н. С.Г.Кряжев).

Выявлено, что в освещении повышены содержания этана, пропана, бутана, изобутана и бутилена. При этом установлена закономерность: чем тяжелее углеводород, тем контрастнее концентрация между исходной красноцветной и осветленной породой в независимости от типа освещения (послойное или прожилковое).

Наблюдается прямая корреляция между концентрациями газов в красноцветных и осветленных породах (рис. 9).

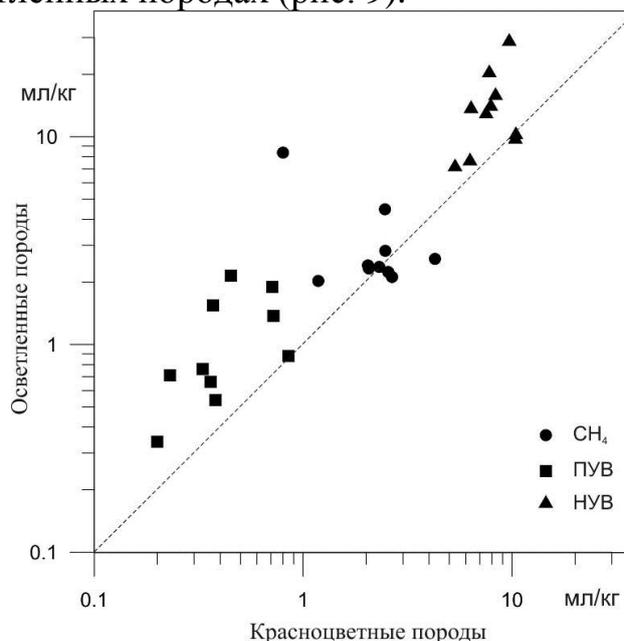


Рис. 9. Соотношение концентраций метана, предельных (ПУВ) и непредельных (НУВ) углеводородов в красноцветных и осветленных породах.

В связи с установленными повышенными содержаниями импрегнированных углеводородных (ИУВ) газов в прожилках освещения относительно красноцветных пород кембрия также выполнено сравнение их с газогеохимическими данными по залегающей выше сероцветной толще ордовика. Для этого рассчитаны средние содержания газов по 89 пробам из сероцветных карбонатных пород, по 39 пробам из красноцветных алевролитов и 26 пробам из осветленных алевролитов (табл. 1).

Таблица 1.

Средние содержания ИУВ газов (мл/кг)

Породы	CH_4	C_2H_6	C_2H_4	C_3H_8	C_3H_6	$i\text{C}_4\text{H}_{10}$	$n\text{C}_4\text{H}_{10}$	C_4H_8	CO_2
Карбонатные породы олдондинской свиты	0,38	0,07	0,13	0,05	0,50	0,13	0,04	0,79	126,79
Красноцветные алевролиты мархинской свиты	2,924	0,16 6	1,39 8	0,186	3,77	0,308	0,177	5,74	178
Осветленные породы мархинской свиты	3,22	0,28	1,79	0,26	5,50	0,43	0,26	9,03	199,6

Установлены повышенные от полутора до восьми раз содержания УВ газов и CO_2 в красноцветных терригенно-карбонатных породах относительно карбонатных пород. Наиболее высокие содержания этих газов имеются в осветленных образованиях. Эти данные с одной стороны указывают на поток газов с глубины, а с другой на вероятное экранирующее значение плотных известняков и доломитов олдондинской свиты ордовика. Последнее по принципу скейлинга хорошо согласуется с расширением прожилков в контакте с субпослойным осветлением под подошвой карбонатных слоев, зафиксированное в образцах.

Вторичное прожилковое и ассоциирующее с ним субпослойное осветление, а также интенсивное сетчатое осветление, наблюдаемое у контактов с магматическими породами могло быть обусловлено восстановительными по железу гидротермальными растворами или газами.

Эндогенное происхождение восстановительного флюида также подтверждается обнаруженными фактами асимметрии осветления относительно минерализованной трещины при наличии карбонатных прослоев по обе стороны от прожилка.

Источники глубинного водорода, как главного восстановителя, могут быть разные:

- залежи углеводородов, содержащих свободный водород;
- распад углеводородов на составляющие элементы, включающие водород, под действием сверхвысокого давления и высокой температуры на контакте с кимберлитами и другими магматическими породами [Фомичев, 2008];
- мантийный водород, поступающий в приповерхностные горизонты земной коры по дегазирующим зонам глубинных разломов и рифтовым зонам [Белов и др., 2009];
- водород, образующийся при серпентинизации оливина [Berndt M.E. et al., 1996];
- водород, образующийся в процессе диссоциации захороненных подземных вод при фреатических взрывах, происходящих в процессе быстрого внедрения флюидизированных кимберлитовых и базитовых магм.

На основании вышеизложенных фактов можно сформулировать третье защищаемое положение: *"Прожилково-послойное осветление красноцветных пород, установленное на контакте с магматическими телами и в тектонических нарушениях, образовалось в результате воздействия восстановительных флюидов"*.

6. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

В Накынском поле установлены пространственные связи осветления с кимберлитами и некоторыми телами базитов. В Архангельской алмазоносной провинции ореол распространения прожилкового осветления приурочен к области развития алмазоносных кимберлитов (см. рис. 1), что, вероятно, связано с более простым геологическим строением и отсутствием базитов.

Во всех случаях осветление, прежде всего прожилковое, так или иначе маркирует тектонические нарушения. Так, например, большинство

пробуренных наклонных скважин в зоне Диагонального рудовмещающего разлома Накынского поля вскрывают прожилковое осветление. Поэтому возможно использование этих проявлений при поисковых работах в дополнение к уже существующим признакам структур, контролирующим и вмещающим кимберлиты.

Так, например, выделен перспективный участок в районе скважины 514/1. В керне этой скважины ярко выражено интенсивное прожилковое и сетчатое осветление, составляющее 154 м стволовой мощности. В ней установлен базальт [Захаров и др., 2016], у которого по дифрактометрии, выполненной Л.В. Лисковой в лаборатории НИГП ПАО АЛРОСА, присутствует хлорит (40%), кристаллографические параметры которого сближают его с хлоритом из базальта, контактирующего с кимберлитом Нюрбинской трубки и хлоритом из коры выветривания кимберлитов. Кроме того, по данным петрографов БГРЭ зафиксирована измененная эруптивная брекчия базитов [Захаров и др., 2016ф], присутствие которой свидетельствует о вероятном наличии кимберлитов [Игнатов и др., 2010]. Совокупность полученных данных позволяет предположить, что скв. 514-1 вскрыла ближнее околокимберлитовое пространство.

Другой пример выделения перспективного участка показан по Зимнебережному району вблизи вертикальной глубокой скважины 5 mz, расположенной примерно в 450 м на северо-запад от края тр. Снегурочка. Он вплотную примыкает к юго-западному окончанию ССВ валообразного поднятия по кровле венд-кембрия, в котором объединены трубки Снегурочка, Архангельская, Карпинского-1, Карпинского-2 и Пионерская. Позиция участка определяется узлом пересечения СЗ и ССВ разломов, что аналогично положению трубок Архангельская и Снегурочка. В скважине 5 mz выявлены следующие признаки околокимберлитового пространства. В большом количестве установлено прожилковое осветление с углами встречи к оси керна около 5° . На глубине 125,5 м обнаружен крупнокристаллический с друзами кальцит, выполняющий основную массу тектонической полости с обломками вмещающих пород. По данным масс-спектрального изотопного анализа углерода и кислорода кальцита из этой пробы и кальцита из этого прожилка установлены аномально низкие значения изотопного состава углерода, близкие к кальцитовым прожилкам из кимберлитов. В керне скважины также установлены крутопадающие ветвящиеся зональные прожилки скрытокристаллического карбоната розовато-бежевого и светло-зеленого цветов подобные из экзоконтактов трубки Пионерская. Дифрактометрический анализ материала из этих прожилков показал присутствие монтмориллонита (сапонита), являющегося прямым поисковым признаком кимберлитов в Зимнебережном районе [Соболев и др., 2003]. Приведенные факты позволяют предполагать, что в десятках метрах от скважины 5-mz имеется кимберлитовое тело.

Перспективы и дальнейшее изучение

При изучении осветления следует:

1) фиксировать его при документации керна; указывать его тип (прожилковое, послойное, интенсивное сетчатое, а также наличие минерализации в оси секущего прожилкового (прожилково-метазернистого) осветления); по возможности устанавливать элементы залегания; проводить комплексное опробование зон осветления; дополнять базу данных; выполнять картирование различных морфологических типов осветления;

2) осуществлять опробование по двойным пробам из красноцветных пород и контактирующего с ними осветления, при этом необходимо отмечать тип осветления;

3) по отобранным образцам следует выполнить комплексные исследования минерального, химического, газогеохимического состава (включая определение концентрации водорода), а также пиролитическое изучение органического вещества

4) в будущем важно определить изотопный состав водорода минеральных агрегатов из осевых частей прожилков.

Осуществив полный комплексный анализ, можно будет более глубоко изучить явление и, вероятно, более определенно выделить осветление, связанное с алмазоносными кимберлитами.

Одним из ограничений данного косвенного поискового признака является наличие красноцветных пород и глубина их залегания. Так, например, в Накынском поле залегание красноцветных пород начинается с глубин порядка 180 м, а поисковое бурение ведется до глубин 100-150 м. Таким образом, значение прожилкового осветления, как яркого маркера тектонических нарушений, в том числе рудоконтрлирующих (таких как Диагональный, которые практически не устанавливаются в геофизических полях и трудно различимы при документации керна) существенно повышается при неглубоком залегании красноцветных пород.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной целью работы являлось выделение прожилкового осветления как поискового признака на алмазоносные кимберлиты, что в какой-то мере удалось выполнить.

Для достижения поставленной цели были решены следующие основные задачи.

1. Выполнена специальная документация около 2500 пог. м керна поисковых и разведочных скважин, а также стенок карьеров по трубкам Архангельской, им. Карпинского-1 и Нюрбинской (порядка 200 точек наблюдений) с выявлением, диагностикой морфологии и других характеристик вторичного осветления красноцветных осадочных пород. Главным результатом решения этой задачи стало выделение различных морфологических типов осветления, его особенностей в околокимберлитовом пространстве и в тектонических нарушениях на двух изученных площадях, а также вдоль базитов и около эруптивных брекчий в Накынском поле.

2. Выполнен сбор каменного материала для аналитических работ в указанных районах, по которым выполнено 274 анализа.

3. Осуществлена сравнительная характеристика химического и минерального состава прожилкового и послойного осветления, контактирующего с кимберлитами и находящегося на удалении, а также неизменных красноцветных пород по авторским коллекциям из разрезов Зимнебережного района Архангельской области и Накынского поля Якутии.

Сравнение результатов этих анализов позволило установить геохимические, минералогические особенности прожилкового и послойного осветления, красноцветных пород в Накыньском поле и на изученной территории Зимнебережного алмазоносного района.

4. Проведены газогеохимические исследования прожилкового и послойного осветления, контактирующего с кимберлитами и находящегося на удалении, выполнено сравнение полученных данных с данными в неизменных красноцветных породах кембрия и вышележащих сероцветных карбонатных породах ордовика по пробам, отобраным в разрезах Накыньского алмазоносного поля Якутии. По результатам решения данной задачи впервые удалось установить отличие осветления от неизменных красноцветных пород, а также от перекрывающих карбонатных пород ордовика. Это позволило сделать вывод об участии газов в формировании некоторых типов осветления.

5. Дополнена база данных и создан геоинформационный проект с привязкой проявлений вторичного осветления по площади Зимнебережного района и карьеру тр. Архангельская и центральной части Накыньского поля.

6. Выполнен анализ пространственного распространения вторичного осветления в ГИС-среде, взаимоотношений осветления с магматическими образованиями, разломами, в том числе рудоконтролирующими и рудовмещающими по изученной площади Зимнебережного района Архангельской провинции, и центральной части Накыньского поля Якутской алмазоносной провинции. Решение данной задачи для Накыньского поля Якутской провинции позволило построить ореолы осветления вдоль рудоконтролирующего разлома, оценить его экстенсивность (суммарную мощность осветленных интервалов), проследить его изменчивость с глубиной.

Для Архангельской провинции при среднемасштабном картировании удалось выделить ореол прожилкового осветления вблизи алмазоносных кимберлитов, тогда как субпослойное осветление установлено повсеместно, что подтверждает наличие двух генетических типов осветления – широко распространенного катагенетического, описанного в других районах рядом авторов, и прожилкового эндогенного.

Существо решения приведенных трех задач отражено в защищаемых положениях диссертации.

Основной научной новизной работы является выделение нового морфологического типа оглеения красноцветных пород – прожилкового осветления и установление его связи с ослабленными зонами в земной коре, обусловленными тектоническими нарушениями и магматическими породами. Детальное описание подобных проявлений не встречено в литературе.

Данный тип осветления может служить косвенным признаком кимберлитов.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. **Зарипов Н.Р.**, Игнатов П.А., Ковальчук О.Е., Лисковая Л.В., Килижеков О.К. Природа процессов осветления красноцветных пород, вмещающих кимберлиты Накынского алмазоносного поля Якутии // Руды и металлы. 2017. № 1. 2017. С. 67-74.
2. Игнатов П.А., **Зарипов Н.Р.**, Ким В., Гунин А.П. Типы осветленных красноцветных кимберлитов вмещающих пород венда-кембрия Зимнебережного района Архангельской области // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2015. № 2. С. 15–21.
3. Игнатов П.А., **Зарипов Н.Р.**, Килижеков О.К., Лисковая Л.В. Осветление кембрийских красноцветных пород Накынского поля Якутской алмазоносной провинции // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2016. № 5. С. 26-34.
4. **Зарипов Н.Р.** Осветление (оглеение) красноцветных пород венда-кембрия и его связь с щелочно-ультраосновным магматизмом Архангельской области // Материалы Четвертой Российской молодежной научно-практической Школы с международным участием "Новое в познании процессов рудообразования". ИГЕМ РАН 2014. С. 127-129.
5. **Зарипов Н.Р.** Первые данные по радиационным дефектам в осадочных породах Зимнебережного района Архангельской области // Материалы Второй всероссийской молодежной научно-практической конференции «Науки о Земле. Современное состояние», 31 июля – 31 августа 2014 г. Новосибирск. 2014. С. 33-34.
6. **Зарипов Н.Р.** Прожилковое осветление в пестроцветных породах кембрия, сопровождающее кимберлитовые тела Накынского поля Якутии // Материалы VI Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Геология, поиски и комплексная оценка месторождений твердых полезных ископаемых». 2015. С. 54-57.
7. **Зарипов Н.Р.**, Игнатов П.А., Килижеков О.К., Кряжев С.Г. Состав импрегнированных газов осветленных терригенно-карбонатных кембрийских пород Накынского поля Якутской алмазоносной провинции // Материалы Шестой Российской молодежной научно-практической Школы с международным участием «Новое в познании процессов рудообразования», 28 ноября – 02 декабря 2016 г., М.: ИГЕМ РАН, 2016.
8. Гунин А.П., Игнатов П.А., **Зарипов Н.Р.**, Новиков К.В. Признаки экзоконтактов кимберлитов на юге Золотицкого алмазоносного поля Архангельской провинции // Доклады XI Международной конференции "Новые идеи в науках о Земле". Том 1. –2013. С. 310-311.
9. Игнатов П.А., Гунин А.П., **Зарипов Н.Р.** Структуры центрального типа, контролирующее положение кимберлитов на востоке Зимнебережного района // Материалы 9 Международной молодежной научной школы "Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых". Том 2. 2012. С. 19-21.
10. Игнатов П.А., Гунин А.П., Новиков К.В., **Зарипов Н.Р.** Прожилково-послойное осветление как индикатор околотрубочного пространства

кимберлитов // Материалы 10 Международной молодежной научной школы "Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых". 2013. С. 34-37.

11. Игнатов П.А., Гунин А.П., **Зарипов Н.Р.** Связь проявлений щелочно-ультраосновного магматизма со структурами центрального типа востока Зимнебережного района Архангельской области // Материалы III Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов памяти академика А.П. Карпинского. 2013. С. 225-228.

12. Игнатов П.А., **Зарипов Н.Р.**, Гунин А.П. Радиоактивные аномалии в осадочном чехле Зимнебережного района Архангельской области // Материалы VIII Международной научной конференции «Молодые – наукам о Земле». Том 1. 2014. С. 78-79.

13. Игнатов П.А., **Зарипов Н.Р.**, Лисковая Л.В. Прожилки с осветлением в красноцветных породах кембрия Накынского и Мирнинского полей Якутии - признаки флюидного магматизма.. 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. 74-76.

14. Игнатов П.А., **Зарипов Н.Р.**, Новиков К.В., Шмонов А.М., Лисковая Л.В. Прожилковое осветление в красноцветных породах кембрия Накынского поля Якутии // Материалы XII Международной научно-практической конференции «Новые идеи в науках о Земле». Том 1. 2015. С. 366-367.

15. Игнатов П.А., **Зарипов Н.Р.**, Фомин А.А., Ким В. Послойное и прожилковое осветление как поисковый критерий кимберлитов в Зимнебережном районе // Материалы Третьей Российской молодежной Школы с международным участием "Новое в познании процессов рудообразования". 2013. С. 115-117.

16. Игнатов П.А., Калмыков Б.А., Новиков К.В., **Зарипов Н.Р.**, Гунин А.П. Связь кимберлитов Кепинского поля Зимнебережного района Архангельской области со структурами центрального типа в фундаменте и венд-кембрийском осадочном чехле // Тезисы докладов Пятой научно-практической школы-конференции молодых ученых и специалистов с международным участием, посвященной 150-летию со дня рождения академика В.А. Обручева. М.: ФГУП «ВИМС». 2013. С. 64-66.

17. 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». МГРИ-РГГРУ. 2016. С. 87-89.

18. 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 алмазонасной провинции // Материалы Пятой Российской молодежной научно-практической Школы с международным участием "Новое в познании процессов рудообразования". ИГЕМ РАН. 2015. С. 259-261.