

На правах рукописи



САМДАНОВ Дмитрий Александрович

**ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ
АСПЕКТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОРЕННОЙ
АЛМАЗОНОСТИ МУНО-МАРХИНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ
(ЯКУТИЯ)**

25.00.11 – геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых,
минералогия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Новосибирск - 2016

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук (ИГМ СО РАН), г. Новосибирск

Научный руководитель:

Афанасьев Валентин Петрович, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник ФГБУН Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН

Официальные оппоненты:

Зинчук Николай Николаевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик Академии наук Республики Саха (Якутия), председатель Западно-Якутского научного центра Академии наук Республики Саха (Якутия) (г. Мирный)

Костровицкий Сергей Иванович, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник ФГБУН Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН (г. Иркутск)

Ведущая организация:

ФГБУН Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН (г. Москва)

Защита состоится **25 мая 2016 г. в 14⁰⁰** на заседании диссертационного совета Д 003.067.03, созданного на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук, в конференц-зале.

Адрес: 630090, г. Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3;
факс: (383) 333-27-92;
e-mail: turkina@igm.nsc.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ИГМ СО РАН.
Адрес сайта: <http://www.igm.nsc.ru>, раздел «Образование»

Автореферат разослан 4 апреля 2016 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
д.г.-м.н.



О.М. Туркина

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. В 50-х годах прошлого века в Западной Якутии были открыты несколько среднепалеозойских алмазоносных кимберлитовых полей – Далдынское и Алаkitское в бассейне реки Марха и Верхнемунское в бассейне реки Муна. За последние 60 лет на всей остальной территории Муно-Мархинского междуречья периодически велись поиски коренных месторождений алмазов, но новых кимберлитовых полей выявлено не было. Было установлено, что данная территория характеризуется двумя типами поисковых обстановок. Тип первый: кимберлитовые тела выходят на дневную поверхность; существовавшие древние промежуточные коллекторы индикаторных минералов кимберлитов (ИМК) и алмазов размыты, а их минералы сброшены в современную гидросеть. В этом случае в аллювии смешиваются ИМК прямого сноса (неокатанных, без гипергенной коррозии, с физико-химически неустойчивыми минералами в шлиховой ассоциации) с кимберлитов (при наличии кимберлитов) и ИМК, переотложенные из более древних коллекторов (минералы имеют признаки гипергенных изменений в среднепалеозойской латеритной коре выветривания и повышенный механический износ). Тип второй: кимберлитовые тела погребены под терригенными отложениями, вмещающими ореолы индикаторных минералов кимберлитов. Для этого типа поисковой обстановки характерно наличие водораздельных юрских отложений, являющихся коллекторами ИМК, под которыми могут быть погребены кимберлитовые тела [Афанасьев В.П., 1989; Афанасьев и др., 2001; Афанасьев и др., 2010].

В аллювии рек Марха и Муна, в верхнем течении которых имеются алмазоносные кимберлитовые поля, присутствуют ИМК как прямого сноса, так и переотложенные. В аллювии других крупных рек Муно-Мархинского междуречья (Тюнг, Ханья и другие) пока обнаружены только переотложенные ИМК и алмазы. При отсутствии ИМК прямого сноса крайне сложно прогнозировать как само наличие, так и местоположение коренных источников ИМК, поскольку в результате неоднократного переотложения ИМК потеряли прямую связь со своими источниками.

Главным контролирующим фактором формирования современных потоков рассеяния кимберлитовых тел является активность современных эрозийных процессов, которая выражена в расчлененности рельефа. Активность эрозии определяет форму ореолов и дальность транспортировки минералов при современном сносе. В случае низкой активности эрозии кимберлитовое тело будет слабо разрушаться и, как следствие, будут формироваться малопротяженные, слабоконтрастные потоки рассеяния, содержащие ИМК прямого сноса. При несоответствующем данной ситуации подходе к минералогическим поискам – ИМК прямого сноса могут быть не обнаружены. В связи с этим актуальными становятся исследование геоморфологической

ситуации на данной территории, с точки зрения активности современной эрозии, а также решение вопроса о локальном прогнозе коренных источников алмазов путем привлечения данных по химизму ИМК для выявления неоднородности минералогического поля.

Цель и задачи работы. Целью работы является развитие геоморфологических и минералогических критериев прогнозирования коренной алмазоносности Муно-Мархинского междуречья.

Для достижения цели решались следующие задачи:

1. Разработка и применение методики геоморфологического районирования для оценки поисковой обстановки на кимберлиты и потенциальной результативности опробования на ИМК и алмазы;

2. Изучение ИМК из шлиховых проб аллювия Муно-Мархинского междуречья;

3. Создание базы данных по химическому составу гранатов Муно-Мархинского междуречья;

4. Совершенствование методики минералогического картирования и районирования центральной части ЯАП для идентификации перспективных на кимберлиты площадей и локализации местоположения коренных источников алмазов.

Фактический материал и личный вклад автора

В основу работы положены:

- Цифровая модель рельефа (ЦМР) центральной части Якутской алмазоносной провинции (ЯАП) с пространственным разрешением 200 м, построенная по векторной карте масштаба 1:1000000. ЦМР является основой для новой методики построения карт горизонтальной расчлененности рельефа для оценки поисковых обстановок на кимберлиты, разработанной автором совместно с сотрудниками Лаборатории геоинформационных технологий и дистанционного зондирования ИГМ СО РАН И.Д. Зольниковым и Н.В. Глушковой.

- Данные микрозондовых анализов гранатов из шлиховых проб аллювия Муно-Мархинского междуречья Лаборатории минералов высоких давлений и алмазных месторождений ИГМ СО РАН за многолетний период (всего 13721 анализ из 120 проб) и гранатов из кимберлитовых трубок Поисковая и Новинка Верхнемунского поля. Часть анализов гранатов из шлиховых проб (686 анализов) получены лично автором. Данные микрозондовых анализов после обработки автором были собраны в единую базу данных «Гранаты Муно-Мархинского междуречья», зарегистрированную в Федеральной службе по интеллектуальной собственности. База данных является основой для прогноза коренной алмазоносности Муно-Мархинского междуречья.

Методы исследования

1. Метод построения плотностных сеток. Этот метод позволяет считать суммы каких-либо объектов (в данном случае сумма линейно вытянутых групп пикселей, которые соответствуют максимальным перегибам рельефа, т.е. уступам) в скользящем окне определенного радиуса;

2. Отбор индикаторных минералов кимберлитов с помощью бинокулярного микроскопа МБС-10 из шлиховых проб и их физиографическое изучение;

3. Микрорентгеноспектральный анализ. Изучение элементного состава гранатов проводилось на приборе САВЕМАХ-МІСRО;

4. Парагенетический анализ гранатов пироп-альмандинового ряда по химическому составу. Метод позволяет определять парагенетическую принадлежность любого зерна граната из шлиховых проб. Данным методом была определена парагенетическая принадлежность каждого из 13721 зерна граната из проб, а также из кимберлитовых трубок;

5. Статистический метод. В работе использовался метод кластерного анализа для группировки проб по схожим наборам значений содержаний парагенетических типов гранатов, а также метод сравнительного анализа выборок – критерий Стьюдента, на основе которого сравнивались выборки гранатов из проб по бассейнам рек.

Научная новизна и практическая значимость

Впервые разработана методика оценки степени расчлененности рельефа на основе анализа цифровых моделей рельефа методом плотностных сеток. Данная методика позволяет выявлять области благоприятные для высокой эффективности применения шлихо-минералогического опробования при поисковых работах на алмазы. Применение полученной методики для Муно-Мархинского междуречья позволило скорректировать участки поисковых работ полевых отрядов ИГМ СО РАН. Эта корректировка способствовала выявлению совершенно нового для данной территории ореола индикаторных минералов кимберлитов в бассейне реки Мархара. Также впервые был применен метод парагенетического анализа для гранатов из шлиховых проб территории Муно-Мархинского междуречья для выявления неоднородности минералогического поля. На его основе было проведено минералогическое районирование, позволившее выделить площади, перспективные на обнаружение новых кимберлитовых полей. Таким образом, сочетание геоморфологического подхода с точки зрения продуктивного шлихового опробования и через него эффективности поисков, а также усовершенствованной методики минералогического картирования и районирования с использованием парагенетического анализа гранатов позволило локализовать перспективные алмазоносные площади. Такое сочетание является наиболее информативным для

Муно-Мархинского междуречья и применимо для любых алмазоносных площадей с аналогичными условиями поисков.

Апробация работы

По теме диссертации опубликовано 10 работ, в том числе 3 из них в рецензируемых журналах из списка ВАК.

Результаты работы были доложены и опубликованы в материалах и тезисах Международных и Всероссийских научных конференций и совещаний: Международной научной студенческой конференции «Студент и научно-технический прогресс» (Новосибирск, 2010, 2011); Пятой Сибирской международной конференции молодых ученых по наукам о Земле (Новосибирск, 2010); VII Всероссийском совещании по изучению четвертичного периода «Квартер во всем его многообразии. Фундаментальные проблемы, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований» (Апатиты, 2011); XV Международном симпозиуме студентов и молодых ученых им. академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоение недр» (Томск, 2011); The 6th International Siberian Early Career GeoScientists Conference (Novosibirsk, 2012).

База данных «Гранаты Муно-Мархинского междуречья» была зарегистрирована в Федеральной службе по интеллектуальной собственности (Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2013621023 от 28.08.13), а также опубликована в официальном бюллетене ФИПС «Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных схем».

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, 3 глав, заключения, списка литературы, словаря терминов и 6 приложений, общим объемом 141 страница. В работе содержится 40 рисунков и 11 таблиц. Список литературы состоит из 69 наименований.

В первой главе рассматривается геологическое строение и история формирования шлиховых ореолов индикаторных минералов кимберлитов Муно-Мархинского междуречья. В главе также приводится обзор истории поисковых работ на алмазы, которая начинается с 50-х годов прошлого века. Обсуждаются возможные причины неэффективности поисковых работ и предлагаются пути решения проблем с помощью анализа рельефа территории, как определяющего фактора формирования современных ореолов рассеяния индикаторных минералов кимберлитов. Вторая глава целиком посвящена геоморфологическим подходам к прогнозированию коренной алмазоносности. В главе приводится авторская методика анализа цифровых моделей рельефа при помощи Географических информационных систем для оценки поисковых обстановок на алмазы, рассматривается связь рельефа и характера ореолов индикаторных минералов Муно-Мархинского междуречья. В третьей главе приводятся результаты минералогического районирования Муно-Мархинского междуречья на основе парагенетического анализа гранатов из шлиховых проб. На основе

этих результатов дается прогноз новых кимберлитовых полей. В заключении приводятся основные результаты работы и выводы.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертация соответствует разделу 4 (Прогнозирование, поиски, разведка и геолого-экономическая оценка месторождений) паспорта научной специальности 25.00.11.

Благодарности

Автор выражает искреннюю благодарность за помощь, внимание и поддержку научному руководителю д.г.-м.н. В.П. Афанасьеву. За постоянную поддержку автор выражает свою признательность академику РАН Н.П. Похиленко. За неоценимую помощь и постоянное внимание при подготовке диссертации хочется поблагодарить д.г.-м.н. И.Д. Зольникова, к.т.н. Н.В. Глушкову, к.г.-м.н. Н.С. Тычкова. За ценные замечания при подготовке публикаций автор благодарен академику РАН Н.В. Соболеву. За ценные советы автор выражает признательность к.г.-м.н. В.В. Хлестову, к.г.-м.н. В.А. Минину, к.г.-м.н. М.А. Вавилову, к.г.-м.н. А.В. Головину, д.г.-м.н. А.В. Корсакову, д.г.-м.н. О.М. Туркиной, д.г.-м.н. А.В. Толстову, к.г.-м.н. Е.И. Николенко, к.г.-м.н. И.С. Бажану, Е.О. Егоровой.

ОБОСНОВАНИЕ ЗАЩИЩАЕМЫХ ПОЛОЖЕНИЙ

Территория Муно-Мархинского междуречья располагается в центральной части Якутской алмазоносной провинции, на сочленении трех крупных региональных структур Сибирской платформы – Анабарской антеклизы, Тунгусской синеклизы и Вилюйской синеклизы.

В 1950-х годах на Муно-Мурхинском междуречье на двух площадях – в верхнем течении реки Муна и верхнем течении реки Тюннг, отстоящих друг от друга на расстоянии 110-140 км, проводили поисковые работы на алмазы две стационарные партии с примерно одинаковым уровнем квалификации специалистов, материальным обеспечением (наличие обогатительной фабрики), использовавшими однотипную технологию и методику ведения поисковых работ. Партия, работавшая на реке Улах-Муна (приток реки Муна), нашла продуктивное кимберлитовое поле (Верхнемунское поле), тогда как партия, работавшая на реке Тюннг, добыла лишь 110 алмазов (с использованием обогатительной фабрики) на одном участке (Алексеевский) и даже не выявила контрастных ореолов индикаторных минералов [Афанасьев и др., 2012]. Дальнейшие работы 1990-х годов по реке Тюннг и ее притокам, благодаря использованию усовершенствованной технологии шлихового опробования, позволили обнаружить большое количество алмазов и ИМК [Афанасьев и др., 2001], что позволило резко повысить перспективность данной площади на коренную алмазоносность. Но остался открытым вопрос условий и потенциальной результативности поисков в бассейне реки Тюннг, поскольку

ИМК прямого сноса не были обнаружены. Одной из вероятных причин этого может быть различная активность современных эрозионных процессов, более активных в бассейне реки Муна и обеспечивающих более дальний и обильный снос индикаторных минералов, в сравнении с рекой Тюнг. Поэтому вопрос о существовании на данной территории коренных источников алмазов целесообразно решать с привлечением данных по химизму ИМК для выявления неоднородности минералогического поля.

Первое защищаемое положение. *Муно-Мархинское междуречье дифференцировано по степени горизонтальной расчлененности рельефа, определяющей активность современных эрозионных процессов. В бассейне реки Муна, с сильно расчлененным рельефом и активной эрозией, поисковая обстановка по выявлению кимберлитов является более благоприятной по сравнению с Ханья-Тюнгским междуречьем, где активность эрозионных процессов низкая.*

Одним из главных факторов, определяющих поисковую обстановку, является современная геоморфологическая ситуация и характер формирующих ее геологических процессов. От них в значительной мере зависят условия и результативность минералогических поисков месторождений алмазов, поскольку геоморфологическая ситуация определяет условия современной эрозии кимберлитов и более древних промежуточных коллекторов и, соответственно, эффективность шлихового опробования при прослеживании ореолов индикаторных минералов и алмазов.

Активность современных эрозионных процессов прямо связана со степенью расчлененности, контрастности рельефа. В разработанной методике для определения активности современной эрозии анализируется горизонтальная расчлененность рельефа. Под горизонтальной расчлененностью понимается не только плотность долинной сети [Тимофеев и др., 1977], но и плотность хребтов на водоразделах, что позволяет более полно охарактеризовать активность эрозионных процессов. Исходным материалом послужила ЦМР территории с пространственным разрешением 200 м, построенная по векторной карте масштаба 1:1000000. Первым этапом на основе ЦМР строится карта экспозиции склонов, на которой отображается морфометрическая характеристика пространственной ориентации элементарного склона, численно равная азимуту проекции нормали склона на горизонтальную плоскость, т.е. азимуту падения склона. Следующий этап заключается в построении на основе экспозиции склонов карты уступов рельефа. Карта уступов строится как градиент экспозиции склонов. Затем по карте уступов рельефа строится плотностная сетка. Полученная плотностная сетка с радиусом скользящего окна 50 км наиболее адекватна для выбранного масштаба исследований и отражает горизонтальную расчлененность рельефа (рис. 1). Плотностная сетка проклассифицирована по алгоритму естественных границ Дженкса (Jenks's

Natural Breakes), при котором границы между классами проводятся так, чтобы сгруппировать близкие значения, но чтобы между группами были максимальные различия. Основным преимуществом данной методики является то, что исходным материалом является только ЦМР, которая построена по векторной карте.

На полученной карте видно, что бассейн реки Муна и области к северу от него, река Марха на участке юго-восточного простираения долины расположены в области сильной расчлененности рельефа. К районам средней расчлененности относятся области верхних течений реки Марха, реки Ханья, бассейн реки Тюнг, небольшая область на правом берегу реки Марха. К районам со слабой расчлененностью относятся Ханья-Тюнгское междуречье и верхнее течение реки Мархара. Минимальные значения плотностной сетки приходятся на самое верховье реки Тюян. Таким образом, результаты геоморфологического

районирования показали, что бассейн реки Муна и реки Марха, в аллювии которых имеется смесь ИМК переотложенных и прямого сноса, находится преимущественно в области сильной горизонтальной расчлененности рельефа, тогда как Ханья-Тюнгское междуречье в целом характеризуется низкой горизонтальной расчлененностью рельефа и, соответственно, низкой эрозионной активностью водотоков, что и является причиной низкой эффективности современного сноса ИМК.

В бассейне реки Тюнг, несмотря на большие объемы опробовательских работ, до сих пор не удалось обнаружить минералы прямого сноса с кимберлитов, иначе кимберлитовые тела уже можно было бы найти. Следовательно, активность современных эрозионных процессов на данной территории ниже, чем в бассейне реки Муна, что отражается в слабой расчлененности рельефа. В областях пониженной расчлененности рельефа от

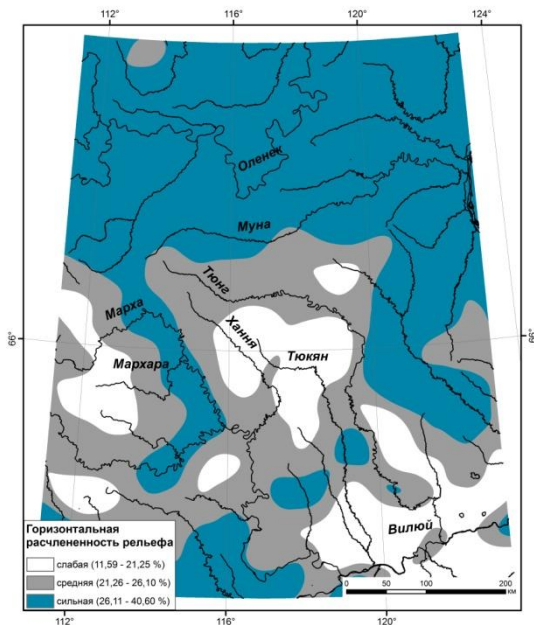


Рис. 1. Карта горизонтальной расчлененности рельефа Муно-Мархинского междуречья

возможных кимберлитовых тел, по всей видимости, формируются малопротяженные с пониженным фоном ИМК прямого сноса современные механические потоки рассеяния, которые практически невозможно уловить стандартными 20-литровыми пробами с большим шагом опробования.

По реке Муна ИМК прямого сноса от Верхнемунского поля 20-литровыми пробами можно проследить на расстояние не менее 30 км. В то же время опробование руслового аллювия реки Тюнг вниз по течению от карстовой воронки с ураганным содержанием переотложенных ИМК и алмазов показало, что шлейф разноса индикаторов от нее прослеживается 20-литровыми пробами лишь на 1,5 км. В результате можно предполагать, что одной из главных причин низкой результативности поисков в бассейне реки Тюнг и, более широко, на Ханья-Тюнгском междуречье, служит несоответствующий геоморфологическим условиям подход к минералогическим поискам кимберлитов. Выстраивается следующая цепочка причинно-следственных связей: низкая активность современных эрозионных процессов → слабая расчлененность рельефа → пониженный в целом фон индикаторных минералов → низкая результативность опробования → низкая результативность поисков. При этом, по минералогическим оценкам, на территории Муно-Мархинского междуречья имеются продуктивные кимберлитовые поля.

При изучении типового потока рассеяния ИМК от Верхнемунского поля по реке Муна, расположенных в областях сильной расчлененности рельефа, было установлено, что дальность транспортировки ИМК прямого сноса класса крупности $-1+0,5$ от россыпи Аэродромная коса (в 2 км ниже устья реки Улах-Муна) до устья реки Эгелинде составляет более 130 км. При этом объемы отбираемых проб увеличивались с 20 л до 600 л соответственно [Егорова и др., 2013]. Изучение механического износа оливинов, который служит надежным индикатором современного размыва кимберлитов (из-за физико-химической неустойчивости он не сохраняется в древних ореолах, прошедших среднепалеозойскую латеритную кору выветривания) показало, что в районе устья реки Эгелинде износ оливинов можно оценить как очень слабый, выражающийся лишь в слабом округлении контрастных элементов поверхности зерна (рис. 2).

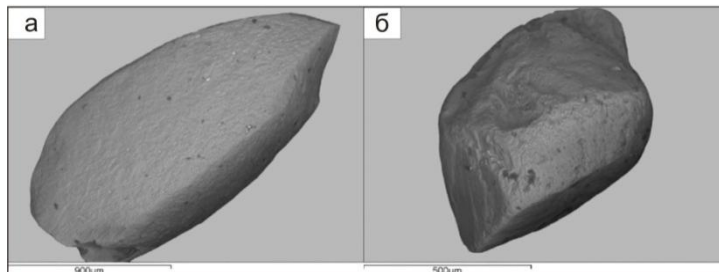


Рис. 2. Зерна оливина из шлиховых проб аллювия: а – из россыпи Аэродромная коса, в 2 км от устья реки Улах-Муна; б – из пробы МН-069, в 136 км от устья реки Улах-Муна

Таким образом, характер ореолов и дальность транспортировки индикаторных минералов зависят от рельефа, в первую очередь, от горизонтальной расчлененности, отражающей активность современных эрозионных процессов. Причина отсутствия ИМК прямого сноса на Ханья-Тюнгском междуречье кроется в несоответствующем геоморфологической ситуации подходу к ведению минералогических поисков. Поэтому отсутствие ИМК прямого сноса не является следствием отсутствия кимберлитов. В связи с этим при прогнозных построениях на таких территориях необходимо использовать всю имеющуюся информацию по химизму переотложенных ИМК.

Второе защищаемое положение. *Среди гранатов Муно-Мархинского междуречья выделены шесть парагенетических типов: глубинных лерцолитов, малоглубинных лерцолитов, эклогитов, мегакристовой ассоциации, гарцбургит-дунитов графитовой фации глубинности и гарцбургит-дунитов алмазной фации глубинности. Неоднородность их распределения по площади позволяет использовать распределение парагенетических типов в качестве критерия идентификации механических ореолов рассеивания кимберлитов.*

Прогноз кимберлитовых тел основывается на решении двух основных задач: 1 – идентификация ореола индикаторных минералов, т.е. установление принадлежности минералов (в данном случае гранатов) конкретному кимберлитовому телу (телам, кимберлитовому полю); 2 – локализация на площади искомого объекта [Афанасьев и др., 2010].

В кимберлитах присутствует смесь гранатов различных парагенезисов. При близости наборов парагенезисов кимберлиты различаются их количественным соотношением. Это позволяет использовать характер распределения парагенетических типов гранатов в механических ореолах рассеивания кимберлитов для их идентификации. Критерием идентификации при данном подходе будет являться неоднородность площади по распределению парагенетических типов гранатов.

Использованный алгоритм определения парагенезиса гранатов учитывает разновидности только мантийного происхождения и основан на ряде опубликованных ранее методик [Соболев, 1964; Соболев и др., 1969; Dawson & Stephens, 1975; Pokhilenko, Sobolev, 1995; Schulze, 1997; Schulze, 2003; Grütter et al., 2006; Тычков и др., 2008]. Схема разделения гранатов на парагенетические типы разработана Н.С. Тычковым при участии автора. Фактографической основой для ее использования служит база данных по химическому составу гранатов Муно-Мархинского междуречья («Гранаты Муно-Мархинского междуречья»). Гранаты мантийных пород подразделяются на типы, характерные для: эклогитов, мегакристовой ассоциации и перидотитов (по методике, предложенной [Schulze, 2003]). Среди перидотитов выделяются группы гранатов из лерцолитов, гарцбургит-дунитов графитовой фации глубинности и гарцбургит-дунитов алмазной фации глубинности (по методике [Pokhilenko,

Sobolev, 1995; Grütter et al., 2006]). Лерцолитовые гранаты разделены на типы, характерные для малоглубинных и глубинных гранатовых лерцолитов (по методике [Тычков и др., 2008]). Гранаты верлитового парагенезиса встречаются на исследуемых площадях крайне редко и не учитываются в данной работе. Гранаты из коровых пород могут содержаться в кимберлитах в качестве ксеногенной примеси и поступать из них в ореолы. Эти гранаты, как правило, удаляются в процессе подготовки проб к анализу. Поэтому коровые гранаты в работе не рассматриваются.

На рисунке 3 приводится схема разделения пироп-альмандиновых гранатов на парагенетические группы по составу. На схеме в прямоугольниках указаны оксиды и их значения. В случае, если определяемое значение больше значения оксида в прямоугольнике, то необходимо переходить по стрелке справа от значения, если меньше – слева. Если указана пара значений оксида, а определяемое значение попадает между ними, то необходимо перейти по стрелке между ними.

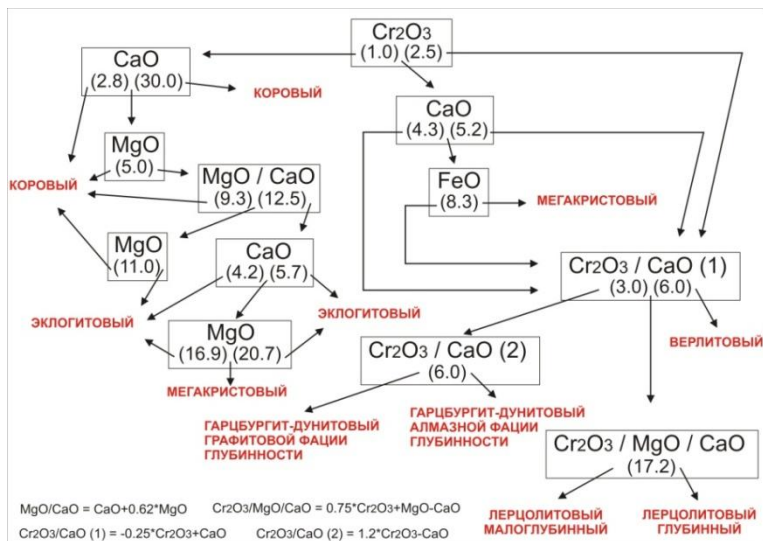


Рис. 3. Схема разделения гранатов на генетические группы по составу [по Соболев, 1964; Соболев и др., 1969; Соболев, 1971; Dawson&Stephens, 1975; Pokhilenko, Sobolev, 1995; Schulze, 1997; Schulze, 2003; Grütter et al., 2006; Тычков и др., 2008]

По данному алгоритму был определен парагенезис для каждого из 13721 зерна граната из шлиховых проб аллювия из базы данных «Гранаты Муно-Мархинского междуречья», созданной автором. В результате парагенетического анализа для каждой пробы установлены содержания доли каждого из шести парагенезисов гранатов. Дальнейший анализ распределений парагенезисов

гранатов в пробах по всей площади Муно-Мархинского междуречья показал, что их распределение в пробах крупных рек (Марха, Хання, Тюнг, Муна) различно (рис. 4). Это позволило объединить пробы в группы с близкими наборами парагенезисов для характеристики ореолов ИМК и локализации кимберлитов.

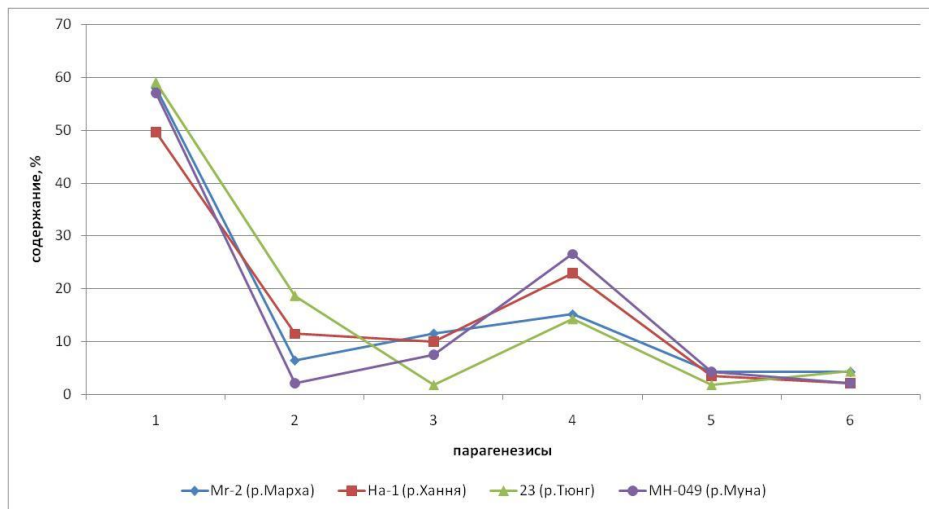


Рис. 4. Графики содержаний парагенетических типов гранатов в пробах из крупных рек Муно-Мархинского междуречья. Парагенезисы: 1 – глубинных лерцолитов, 2 – малоглубинных лерцолитов, 3 – эклогитов, 4 – мегакристовой ассоциации, 5 – гарцбургит-дунитов графитовой фации глубинности, 6 – гарцбургит-дунитов алмазной фации глубинности

Третье защищаемое положение. По распределению гранатов различных парагенетических типов в илловых пробах из аллювия на Муно-Мархинском междуречье выделено пять площадей, четыре из которых (Тюнгская, Ханнинская, Мархинская, Правобережная) перспективны на открытие новых кимберлитовых полей. Расположение неизвестных кимберлитовых полей, ответственных за ореолы Тюнгской и Ханнинской площадей, наиболее вероятно к северо-западу от них в Далдыно-Оленекской кимберлитоконтролирующей зоне разломов.

Выделение на Муно-Мархинском междуречье районов, однородных по распределению парагенетических типов гранатов в пробе, позволяет локализовать участки предположительного нахождения коренных источников. Данная задача решается в два этапа. На первом этапе вся совокупность проб разделена на относительно однородные группы. Для этого применен метод кластерного анализа по методу К-средних с предварительной стандартизацией. Оптимальным оказалось количество кластеров 7. На втором этапе проведено районирование, т.е. выделение площадей, на которых преобладает только один

кластер. Таким образом, на Муно-Мархинском междуречье было выделено пять площадей: Мунская, Тюнгская, Ханнинская, Мархинская и Правобережная. Площади охватывают бассейны рек и вытянуты вдоль них. Поэтому границы между площадями проведены по водоразделам, за исключением предполагаемой границы между Тюнгской и Ханнинской площадями, которая проведена частично по водоразделам, а частично на основе пространственного положения точек опробования.

При районировании не рассматривались два кластера: кластер 1, содержащий только одну пробу из ручья, дренирующего трубку Иреляхская Далдынского кимберлитового поля, и кластер 6, содержащий 5 проб, который присутствует практически во всех районах и является статистическим выбросом. На полученной схеме (рис. 5) видно, что районы бассейнов Ханья-Тюнгского междуречья, бассейна реки Муна, бассейна реки Марха и правобережья реки Марха различаются по распределению парагенетических типов гранатов, что свидетельствует о различии коренных источников в их пределах. Вместе с тем, учитывая масштабы выделенных площадей, изученные шлиховые пробы являются интегральными и отражают, наиболее вероятно, кимберлитовые поля.

Все выделенные площади перспективны на коренную алмазоносность,

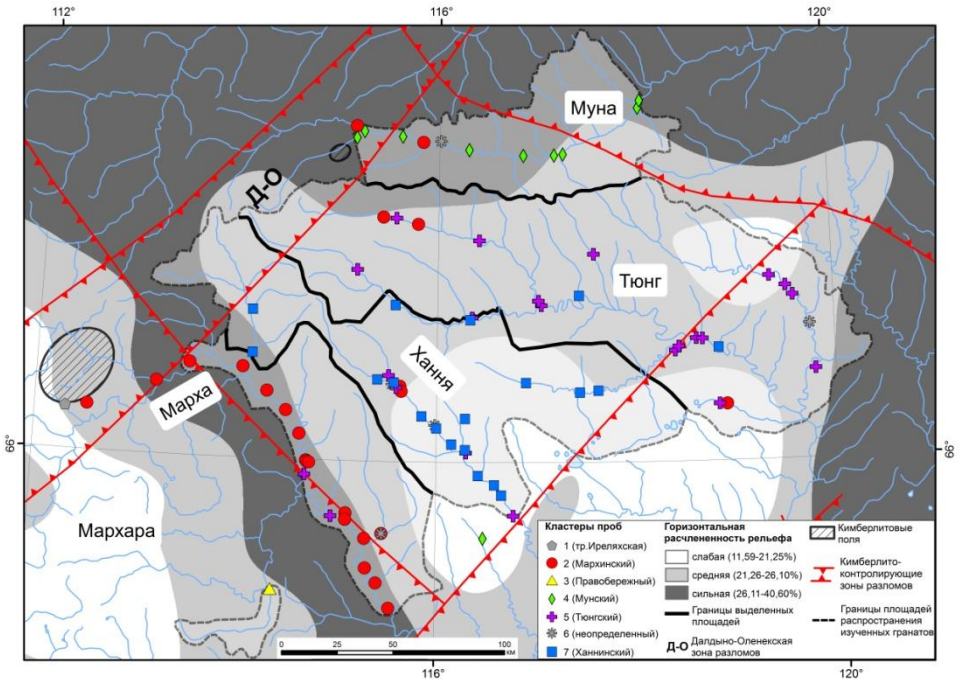


Рис. 5. Схема геоморфологического районирования, минералогического районирования и кимберлитоконтролирующих зон разломов Муно-Мархинского междуречья (зоны разломов по [Брахфогель, 1984; Горев, 1998])

поскольку на них найдены алмазы кимберлитового типа [Афанасьев и др., 2011] присутствуют гранаты алмазной ассоциации [по Соболев, 1971; Pokhilenko, Sobolev, 1995; Grütter et al., 2006]. Правобережная площадь выделяется особенно, поскольку в пробах полностью отсутствуют гранаты эклогитовых парагенезисов, а содержание гранатов гарцбургит-дунитов алмазной фации глубинности составляет 13,83% – самое большое из всех проб для данной территории и весьма оптимистичное для оценки потенциальной алмазоносности их коренных источников (рис. 6). На диаграммах CaO-Cr₂O₃ (рис. 7), построенных для гранатов каждой площади, видно, что пробы Тюнгской и Ханнинской площадей отличаются от проб всех остальных площадей по наличию тренда гранатов малоглубинных лерцолитов (верхняя ветвь «вилки» в распределении точек составов гранатов в лерцолитовом поле).

Мунская площадь, безусловно, является ореолом рассеяния Верхнемунского поля, поскольку интегральная проба Верхнемунского поля, которая взята из русла реки Улах-Муна сразу после последней трубки, попадает в один кластер с пробами Мунской площади. Также при сопоставлении

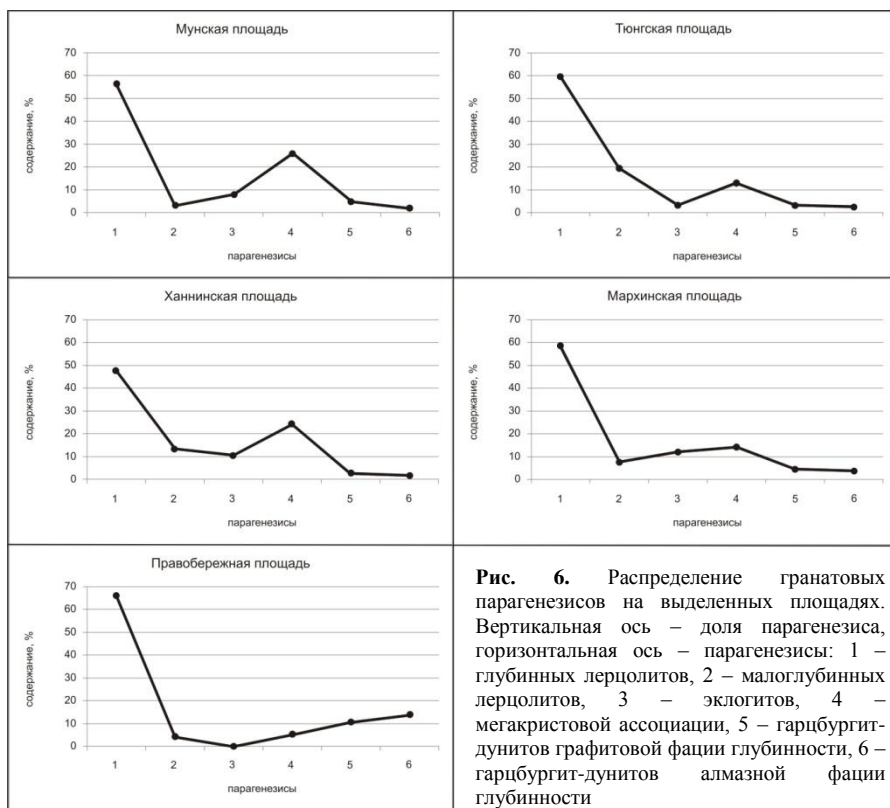


Рис. 6. Распределение гранатовых парагенезисов на выделенных площадях. Вертикальная ось – доля парагенезиса, горизонтальная ось – парагенезисы: 1 – глубинных лерцолитов, 2 – малоглубинных лерцолитов, 3 – эклогитов, 4 – мегакристовой ассоциации, 5 – гарцбургит-дунитов графитовой фации глубинности, 6 – гарцбургит-дунитов алмазной фации глубинности

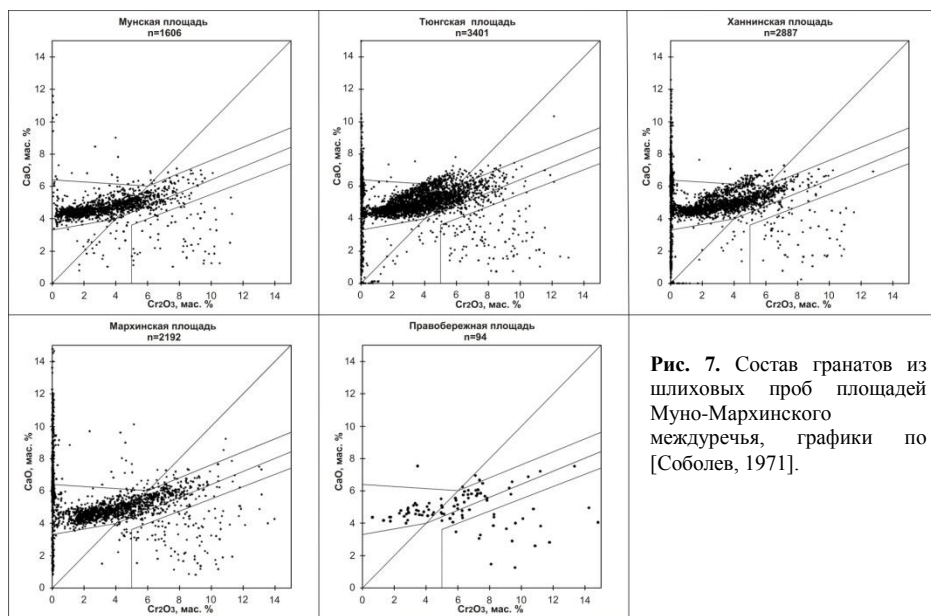


Рис. 7. Состав гранатов из шлиховых проб площадей Муно-Мархинского междуречья, графики по [Соболев, 1971].

содержаний парагенетических типов гранатов в пробах Мунской площади и кимберлитовых трубках Поисковая и Новинка Верхнемунского поля было установлено, что соотношения средних значений по площади и в трубках схожи.

Таким образом, из пяти выделенных площадей по результатам минералогического районирования, перспективными на открытие новых кимберлитовых полей являются четыре: Тюнгская, Мархинская, Ханнинская и Правобережная. Самой перспективной из них по результатам проведенных исследований является Правобережная.

Выделенные площади вытянуты в восточных, юго-восточных румбах, в соответствии с течением рек. Поэтому необходимо учитывать возможность смещения индикаторных минералов вниз по течению рек. О реальности такого смещения свидетельствуют результаты исследований карста Муно-Мархинской площади [Афанасьев и др., 2001]. Установлено, что в самых верховьях Тюнга (выше верхней пробы на рис. 5) в русловом аллювии отсутствуют в целом минералы тяжелой фракции. Весь типичный набор минералов присутствует лишь в реликтах карстовых депрессий. Генеральное направление перемещения определяется как юго-восточное, связанное с развитием Анабарской антеклизы наряду с развитием Вилюйской синеклизы. В этом процессе юрские отложения, занимавшие обширные территории, постепенно размывались, начиная с северо-западных флангов, а продукты размыва смещались в юго-восточном

направлении [Плотникова и др., 1963]. Из этого следует, что кимберлитовые тела могут быть и за пределами распространения ИМК в северо-западных румбах, поэтому границы площадей в этом направлении следует оставлять открытыми. К северо-западу на продолжении Ханнинской и Тюнгской площадей проходит Далдыно-Оленекская кимберлитоконтролирующая зона разломов [Брахфогель, 1984; Горев, 1998], которая контролирует положение Алаakit-Мархинского, Далдынского и Верхнемунского кимберлитовых полей. С большой долей вероятности можно предположить, что новые кимберлитовые поля располагаются в этой зоне на продолжении Ханнинской и Тюнгской площадей.

С точки зрения дальнейших поисковых работ важно, что эта зона находится в области повышенной расчлененности рельефа, следовательно, от возможных кимберлитов будут образовываться протяженные механические потоки рассеивания ИМК прямого сноса, которые можно обнаружить стандартными объемами опробования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований удалось усовершенствовать метод прогноза коренных месторождений алмазов Муно-Мархинского междуречья за счет сочетания геоморфологического и минералогического подходов. Геоморфологический подход основан на выделении областей с разной активностью современных эрозионных процессов, выраженной в степени горизонтальной расчлененности рельефа. В областях с сильно расчлененным рельефом и активной эрозией поисковая обстановка по выявлению кимберлитов является более благоприятной по сравнению с областями, где активность эрозионных процессов низкая. Минералогический подход основан на использовании распределения парагенетических типов гранатов в шлиховых пробах как критерия идентификации механических ореолов рассеивания кимберлитов.

Использование данного метода прогноза позволило впервые выделить на Муно-Мархинском междуречье пять площадей, для четырех из которых (Тюнгская, Ханнинская, Мархинская, Правобережная) источниками являются неизвестные алмазоносные кимберлитовые поля. Неизвестные кимберлитовые поля, ответственные за ореолы Тюнгской и Ханнинской площадей, располагаются, возможно, к северо-западу от указанных площадей, на их продолжении, в Далдыно-Оленекской кимберлитоконтролирующей зоне разломов, где большая часть этой области характеризуется сильной расчлененностью рельефа, следовательно, от возможных кимберлитов здесь будут образовываться протяженные механические потоки рассеивания ИМК прямого сноса, которые можно будет обнаружить стандартными объемами опробования.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК:

1. Афанасьев В.П., **Самданов Д.А.**, Зольников И.Д., Глушкова Н.В., Егорова Е.О. Поиски месторождений алмазов: роль рельефа в формировании поисковых обстановок // Отечественная геология. – 2012. – № 3. – С. 25-30.
2. Егорова Е.О., Афанасьев В.П., **Самданов Д.А.** Закономерности транспортировки индикаторных минералов при формировании механических ореолов рассеяния // Руды и металлы. – 2013. – № 6. – С. 35-39.
3. **Самданов Д.А.**, Афанасьев В.П., Тычков Н.С., Похиленко Н.П. Минералогическое районирование алмазоносных территорий: опыт применения парагенетического анализа гранатов из кимберлитов // Доклады академии наук. – 2016. – Т. 467, № 2. – С. 192-195.

База данных:

1. **Самданов Д.А.**, Похиленко Н.П., Афанасьев В.П., Тычков Н.С., Николенко Е.И., Черемных Л.В. Гранаты Муно-Мархинского междуречья (Республика Саха) // Свидетельство о регистрации Базы данных № 2013621023. Новосибирск: Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, 2013.

Материалы, тезисы конференций и совещаний:

1. **Самданов Д.А.** Комплексообразование тектонических и минералогических критериев локализации алмазоносных кимберлитов на примере Якутской алмазоносной провинции // Тезисы докладов XLVIII Международной научной студенческой конференции «Студент и научно-технический прогресс». Новосибирск: НГУ. – 2010. – С. 128-129.
2. **Самданов Д.А.**, Глушкова Н.В. Геоморфологическое районирование Муно-Мархинского междуречья (Якутия) с использованием ГИС // Электронный сборник тезисов докладов Пятой Сибирской международной конференции молодых ученых по наукам о Земле. Новосибирск: ИГМ СО РАН, ИНГГ СО РАН. – 2010.
3. Глушкова Н.В., Лямина В.А., Зольников И.Д., Добрецов Н.Н., Афанасьев В.П., **Самданов Д.А.**, Болдырев И.И., Семенова С.А. Использование цифровых моделей рельефа для решения задач четвертичной геологии и геоморфологии Сибири // Квартер во всем его многообразии. Фундаментальные проблемы, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. Т. 1 (А-К): Материалы VII Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода (г. Апатиты, 12-17 сент. 2011 г.). – Апатиты, 2011. – С. 131-134.
4. **Самданов Д.А.** Методика построения схем геоморфологического районирования алмазоносных территорий для оценки поисковых обстановок // Тезисы докладов XLIX Международной научной студенческой конференции «Студент и научно-технический прогресс». Новосибирск: НГУ. – 2011. – С. 84.

5. **Самданов Д.А.**, Глушкова Н.В. Анализ цифровых моделей рельефа при геоморфологическом районировании территории по степени расчлененности рельефа для оптимизации поиска алмазоносных россыпей // Тезисы докладов XV Международного симпозиума студентов и молодых ученых им. академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоение недр». Томск: ТПУ. – 2011. – Т. №1. – С. 461-462.

6. **Samdanov D.A.**, Tychkov N.S., Glushkova N.V. Structural-geomorphological zoning of Yakutian diamond province central part using GIS // Proceedings of “The 6th International Siberian Early Career GeoScientists Conference”, 9 – 23 June 2012, Novosibirsk, Russia, p. 240.

Подписано к печати 25.03.16 Формат 60x84\16

Усл. печ. л. 1 Тираж 120 экз. Заказ № 38

Отпечатано Омега Принт

630090, г. Новосибирск, пр. Ак.Лаврентьева,6

email: omegar@yandex.ru