

Виллюйская геологоразведочная экспедиция
Акционерная компания АЛРОСА (ПАО)



На правах рукописи

Иванов Дмитрий Вячеславович

**КРИТЕРИИ ЛОКАЛЬНОГО ПРОГНОЗА И ПРИЗНАКИ
КОРЕННОЙ АЛМАЗОНОСНОСТИ В АЛАКИТ-МАРХИНСКОМ
КИМБЕРЛИТОВОМ ПОЛЕ (СИБИРСКАЯ ПЛАТФОРМА)**

Специальность: 1.6.10 - Геология, поиски и разведка твердых
полезных ископаемых, минерагения

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель:
доктор геолого-минералогических наук,
академик АН РС(Я)
А.В. Толстов

Мирный – 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЙОНЕ	9
1.1. История изученности Далдыно-Алакитского района	9
1.2. Краткий физико-географический очерк	19
1.3. Геологическая характеристика района	22
1.3.1. Стратиграфия.....	23
1.3.2. Магматизм	34
1.3.3. Тектоника.....	40
1.3.4. Полезные ископаемые	45
2. СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ПРОГНОЗА КОРЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛМАЗОВ.....	48
2.1. Пликативные структуры.....	49
2.2. Разрывные нарушения	55
3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ПОИСКОВЫХ РАБОТ.....	60
3.1. Геофизические методы	60
3.1.1. Аэрогеофизические исследования	60
3.1.2. Наземные геофизические исследования.....	64
3.1.3. Геофизические исследования в скважинах	70
3.1.4. Петрофизические исследования	75
3.2. Ревизионно-поисковые маршрутные исследования.....	76
3.3. Горнопроходческие работы.....	81
3.4. Буровые работы	82
3.5. Минералогические исследования.....	85
3.6. Исследование химического состава кимберлитовых минералов..	85
3.7. Специализированные тектонофизические исследования по изучению трещиноватости.....	87
4. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ КИМБЕРЛИТОВОГО ТЕЛА ЯНВАРСКОЕ	90
4.1. Геологическое строение	92

4.2. Особенности химического состава ИМК	98
4.3. Результаты литохимического опробования.....	113
5. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИМК КИМБЕРЛИТОВЫХ ТЕЛ ЯНВАРСКОЕ, СТРУКТУРНОЕ, ТРУБКИ ЧУКУКСКАЯ И БЛИЗЛЕЖАЩИХ ОРЕОЛОВ.....	115
6. ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ КОРЕННОЙ АЛМАЗОНОСНОСТИ ПЛОЩАДИ ОБЪЕКТА.....	136
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	142
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	144

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. С момента открытия в Восточной Сибири первых якутских месторождений алмазов прошло более 60 лет, и, несмотря на открытие других алмазоносных провинций, основным районом алмазодобычи в России остается Якутская алмазоносная провинция (ЯАП). В границах провинции выделен ряд кимберлитовых полей, среди которых одним из наиболее продуктивных является Алаakit-Мархинское кимберлитовое поле (АМКП), вмещающее 66 кимберлитовых трубок, даек и жил, в том числе 6 коренных месторождений алмазов. Здесь были выполнены огромные объемы геологоразведочных работ – от поисковых маршрутов и шлихового опробования водотоков до проходки шурфов и скважин. В период с 50-х годов XX века до настоящего времени на территории АМКП было пройдено более 45000 буровых и горных выработок, большая часть которых имела поисковые задачи.

Территория поля охарактеризована с различной степенью детальности. Наиболее детально изучены площади, в пределах которых терригенно-карбонатные отложения нижнего палеозоя, вмещающие кимберлиты, обнажаются в современном эрозионном срезе. Таковыми являются площади открытых карбонатных полей (I геотип), изученные комплексом геолого-геофизических методов, не требовавших значительных материальных затрат. К настоящему времени приходится констатировать, что открытие здесь новых кимберлитовых тел, представляющих промышленный интерес, маловероятно.

С другой стороны, имеются закрытые территории, в пределах которых кимберлитовмещающие отложения перекрыты мощными толщами осадочных пород и траппового комплекса, суммарная мощность которых достигает 100-150 метров. Подобные территории наиболее сложны в поисковом отношении, особенно площади V геотипа, в пределах которых породы карбонатного цоколя перекрыты пластовыми интрузиями долеритов при отсутствии осадочных коллекторов. Наличие таких площадей, где традиционные поисковые методы оказываются бессильны, позволяют считать, что потенциал поля значительным.

Таким образом, закрытые части АМКП представляют прогнозно-поисковый интерес для геологоразведочных работ АК «АЛРОСА» (ПАО). Однако поиски погребенных месторождений здесь связаны со значительными сложностями и серьезными материальными затратами. Методика поисковых работ, традиционно применявшаяся вплоть до последнего времени, основана на поисковых признаках и предпосылках, среди которых первостепенное значение имеют структурно-тектонические предпосылки и минералогические признаки.

При значительных мощностях перекрывающего комплекса (свыше 100 и более м), наличия площадей, где осадочные коллектора полностью отсутствуют, а присутствующие породы траппового комплекса не позволяют в полной мере использовать комплекс геофизических методов, эффективных в открытых полях, зачастую единственным поисковым методом является площадное колонковое бурение скважин, что весьма затратно и мало эффективно. Для снижения затрат и повышения эффективности поисков кимберлитовых месторождений алмазов огромное значение приобретает научно обоснованный выбор площадей для постановки геологоразведочных работ, базирующийся на прогнозной оценке территорий, в основе которой лежит использование надежных прогнозных признаков и предпосылок. Вопросам повышения эффективности поисковых признаков и предпосылок, их совершенствования и посвящена данная работа.

Цель и задачи работы. Целью работы является актуализация методики поисков месторождений алмазов в пределах детально изученного района на основе совершенствования поисковых признаков и предпосылок с прогнозной оценкой перспектив коренной алмазоносности АМКП.

Для реализации поставленной цели решались следующие задачи:

- анализ применения поисковых методов на территории АМКП;
- изучение особенностей структурно-тектонического контроля кимберлитового магматизма;
- исследование геологического строения и вещественного состава кимберлитового тела Январское;

- сравнительная характеристика индикаторных минералов кимберлита (ИМК) тел Январское, Структурное и Чукукская с погребенными ореолами;
- прогнозная оценка локализации в пределах АМКП новых площадей, перспективных для обнаружения кимберлитовых тел по комплексу поисковых признаков и предпосылок.

Фактический материал. В основу диссертации положены результаты 11-ти лет исследований, проводившихся автором при поисковых, разведочных и тематических работах по АМКП в качестве рядового, ведущего геолога, заместителя начальника партии, руководителя проекта Амакинской (с 2017 г. – Вилуйской) ГРЭ. Автором лично выполнены:

- Документация керна поисковых и разведочных скважин по 4-м объектам на территории АМКП (задокументировал более 10 тыс. пог. м керна скважин);
- Специализированные стратиграфические и литолого-фациальные исследования керна (изучил более 3,5 тыс. пог. метров керна);
- Специализированное изучение тектонической трещиноватости пород в коренных естественных и искусственных выходах;
- Составление проектов и отчетов с использованием результатов минералогических, микрозондовых, спектральных, силикатных анализов шлиховых, шламовых, литохимических, керновых проб и образцов, отобранных из кимберлитов, вмещающих и перекрывающих пород, петрографических описаний прозрачных шлифов, специальных исследований алмазов.

Анализы выполнялись в специализированных сертифицированных лабораториях: ПАЛ АмГРЭ, ЦАЛ БГРЭ и НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО).

Научная новизна и практическая значимость:

1. Подтверждена связь кимберлитового магматизма с плекативными нарушениями в пределах АМКП.
2. Проанализированы методы поисков кимберлитовых тел, применяющихся в районе и даны рекомендации по их усовершенствованию.

3. Впервые выполнено подробное описание геологического строения и вещественного состава нового кимберлитового тела Январское.

4. Установлена связь погребенных шлиховых ореолов ИМК с известными коренными источниками – к.т. Январское, Структурное и трубкой Чукукская и оценена возможная связь с нескрытыми кимберлитовыми телами.

5. На основе комплексного анализа имеющихся поисковых признаков и предпосылок, проведенных палеореконструкций дан прогноз выявления новых кимберлитовых тел на территории Алакит-Мархинского поля.

Защищаемые положения

1. Дополнительными структурно-тектоническими критериями локального прогноза коренных месторождений алмазов в пределах Алакит-Мархинского кимберлитового поля (АМКП), помимо узлов пересечения Далдыно-Оленекской зоны глубинных разломов с тектоническими нарушениями северо-западного, субширотного и субмеридионального направлений, являются малоамплитудные депрессии, осложненные антиформами, которые контролируют размещение всех вновь выявленных кимберлитовых трубок.

2. Наличие в пределах АМКП участков с высококонтрастными ореолами индикаторных минералов кимберлита хорошей сохранности с фрагментами кимберлитового материала, отличающихся по химическому составу от близлежащих месторождений, позволяют считать АМКП перспективным на выявление новых объектов, что подтверждается открытием за последние годы кимберлитовых тел Январское и трубки Морозовых.

3. На основании комплекса структурно-тектонических критериев локального прогноза, минералогических признаков проявления кимберлитового магматизма и палеогеоморфологических реконструкций в пределах АМКП выделен участок Перевальный-север, перспективный на выявление коренных месторождений алмазов, рекомендуемый к первоочередному опоскованию.

Апробация диссертации. Результаты выполненных исследований отражены в 3-х производственных отчетах, в одном из которых автор являлся

ответственным исполнителем. Полученные выводы и отдельные положения диссертации освещались и обсуждались на заседаниях Научно-технического совета Амакинской ГРЭ АК «АЛРОСА» (ПАО). По теме диссертации сделаны доклады на всероссийских и международных конференциях: VII Всероссийской науч.-практ. конференции, посвященной 60-летию ИГАБМ СО РАН «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России» (Якутск, 2017); совещании, приуроченном к 60-летию Института геологии и геофизики СО АН СССР «Геология и минерагения Северной Евразии» (Новосибирск, 2017); IX Всероссийской петрографической конференции с международным участием «Петрология магматических и метаморфических комплексов» (Томск, 2017); седьмой Российской молодежной научно-практической школе «Новое в познании процессов рудообразования» (Москва, 2017); международной конференции, посвященной 110-летию со дня рождения академика В.С. Соболева «Проблемы магматической и метаморфической петрологии, геодинамики и происхождения алмазов» (Новосибирск, 2018); V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 50-летию Алмазной лаборатории ЦНИГРИ - НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО) «Эффективность геологоразведочных работ на алмазы: прогнозно-ресурсные, методические, инновационно-технологические пути ее повышения» (Мирный, 2018); XXIX молодежной научной школы-конференции «Актуальные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии» (Петрозаводск, 2018); VIII Межд. Науч.-практ. конференции «Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов» (Москва, 2018); VIII Всероссийской научно-практической конференции «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России» (Якутск, 2018); IX межд. науч.-практ. конференции «Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов» (Москва, 2019); XIII Всероссийской науч.-практ. конференции с междунар. участием, посвященной 30-летию Академии наук р. Саха и 40-летию Геологоразведочного факультета

СВФУ им. М.К. Аммосова «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России» (Якутск, 2023).

Публикации. Автором опубликовано 18 научных работ по теме диссертации, в том числе 4 в журналах из перечня ВАК.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав и заключения. Общий объем работы составляет 156 страниц, работа содержит 38 рисунков, 2 таблицы и список литературы, включающий 99 наименований.

Благодарности. За всестороннюю помощь и поддержку автор выражает глубокую благодарность своему научному руководителю д. г.-м. н., академику АН РС(Я) Толстову А.В. За внимание, консультации и ценные советы автор выражает искреннюю признательность к.г.-м.н. Иванову В.В., к.г.-м.н. Килижекову О.К. и эксперту ЭГЦ Вилюйской ГРЭ Салихову Р.Ф. Признательность адресуется и коллегам из Вилюйской ГРЭ Гурьяновой Е.Н., Морозовой Н.Е., Тершивскому А.А., Илларионову П.Н., Авдюшеву А.В., Григорьевой Н.А., Василенко С.Е., Кузьменко Л.В. за помощь в работе. За техническую помощь в работе автор благодарит Хабибрахманову А.Р.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЙОНЕ

1.1. История изученности Далдыно-Алакитского района

Находки алмазов на р. Вилюй (1949 г.) и р. Моркока (1951 г.) положили начало планомерному изучению Далдыно-Алакитского алмазоносного района, в том числе и исследуемой площади, с целью поисков коренных и россыпных месторождений алмазов.

В начале 50-х годов вся территория района была покрыта кондиционной геологической съёмкой масштаба 1:1 000 000 [Одинцов, 1953 ф], сопровождавшейся поисками коренных месторождений алмазов. Во второй половине 50-х годов вся территория Алакит-Мархинского кимберлитового поля, в том числе и район работ, была покрыта кондиционной геологической съёмкой масштаба 1:200 000 [Васильева, 1956 ф, 1957 ф; Выриков, 1958 ф; Покровский, 1958 ф]. По результатам геологосъёмочных работ были подготовлены к изданию,

а затем изданы листы Государственной геологической карты СССР масштаба 1:200 000 [Выриков, 1962; Васильева, 1960].

В 60-е и 70-е годы в исследуемом районе проводилась кондиционная геологическая съёмка масштаба 1:50 000 [Потуроев, 1962 ф, 1963 ф; Волотовский, 1967 ф; Ломакин, 1972 ф, 1975 ф]. В районе среднего течения реки Сохсолох проведены съёмочные работы масштаба 1:10 000 [Харькив, 1964 ф]. В процессе проведения геологосъёмочных работ выполнялось шлиховое и мелкообъёмное опробование аллювиальных и склоновых отложений, осуществлялась проходка шурфов и опробование на алмазы базальных горизонтов карбон-пермских отложений, а также заверка геофизических аномалий.

Было проведено стратиграфическое расчленение ниже- и верхнепалеозойских отложений, изучен характер допермского рельефа, установлены доверхнепалеозойские коры выветривания, выделены ледниковые отложения. По комплексу геолого-минералогических методов выделен ряд перспективных площадей и определено направление дальнейших работ. Установлено, что в пределах района работ эффективность геофизических методов поисков довольно низкая и основным критерием поисков является минералогический. Основным недостатком геологосъёмочных работ была слабая изученность нижнепалеозойских отложений на площадях, перекрытых верхнепалеозойскими образованиями и траппами.

Начиная с 1952 года, одновременно с геологической съёмкой, в районе проводились общие поиски масштабов 1:200 000 - 1:100 000 [Пуминов, 1953 ф; Баженова, 1953 ф; Крутойрский, 1955 ф; Крятов, 1956 ф; Меринов, 1958 ф; Сарычев, 1967 ф, 1969 ф], в результате которых была установлена алмазоносность аллювиальных отложений верхнего течения р. Мархи и её притоков, наличие индикаторных минералов кимберлита разной степени сохранности. В 1955 году было открыто первое в районе работ промышленное месторождение - трубка Сытыканская.

Параллельно с общими поисками в бассейне верхнего течения р. Мархи проводились комплексные геологические исследования масштабов 1:50 000 - 1:25 000, включавшие в себя маршрутные поиски, специализированное шлиховое опробование, поиски древних россыпей и кимберлитовых тел (в основном на площадях, перекрытых карбон-пермскими отложениями) с применением горно-буровых работ [Изаров, 1957 ф, 1958 ф, 1960 ф; Харьков, 1964 ф]. В результате этих исследований было открыто несколько кимберлитовых трубок, в том числе, в 1960 году – трубка Айхал, которая по содержанию алмазов является наиболее богатым месторождением в Далдыно-Алакитском алмазоносном районе. Кроме того, были выделены участки перспективные на обнаружение новых кимберлитовых тел.

Кимберлитовые тела Алакит-Мархинского поля большей частью перекрыты мощным покровом (до 100-150 м) терригенных отложений верхнего палеозоя и базитов трапповой формации, поэтому поиски их традиционными методами оказались малоэффективными. В этой связи с 60-х годов на «закрытых» территориях начались планомерные детальные поиски (1:50 000 и крупнее) кимберлитовых тел с большим объёмом колонкового бурения [Юркевич, 1970; Любимов, 1971 ф, 1977 ф; Богатых, 1972 ф, 1974 ф; Свиридов, 1975 ф; Кручек, 1977 ф; Контарева, 1980 ф, 1981 ф; Лелюх, 1981 ф; Сомов, 1984 ф, 1990 ф, 1992 ф; Устинов, 1984 ф, 1989 ф, 1991 ф, 1993 ф, 1996 ф, 1999 ф, 2002 ф; Чернов, 1987 ф; Серов, 1988 ф; Поляничко, 1995 ф, 2006 ф; Иванов, 2005 ф, 2008 ф, 2009 ф, 2010 ф; Цыбульская, 2012 ф; Тершивский, 2014 ф]. В результате этих работ на исследуемой территории было вскрыто несколько десятков кимберлитовых тел, в том числе месторождения алмазов – трубки Юбилейная (1975 г.) и Краснопресненская (1984 г.). Среди кимберлитовых тел, перекрытых отложениями верхнего палеозоя и траппами, четыре были вскрыты при заверке радиоволновых аномалий (трубки Радиоволновая, ЦНИГРИ, Амакинская и 30 лет Айхала). Остальные кимберлитовые тела были вскрыты скважинами при проведении поисковых буровых работ по сети 1000х500 м, 500х500 м, 500х250

м и детальнее на перспективных участках, выделенных на основании геологических данных, главным образом – структурно-тектонических и шлихоминералогических.

В 2000-е годы детальные работы с применением бурения проводились в бассейнах верхних и средних течений рек Алакит, Марха, Сохсолох на перспективных участках [Устинов, 2002 ф; Фолисевич, 2003 ф; Иванов, 2008 ф, 2009 ф, 2010 ф; Поляничко, 2006 ф; Цыбульская, 2012 ф; Тершивский, 2014 ф]. В результате, на исследуемой территории были выявлены новые погребённые кимберлитовые трубки Ноябрьская, Апрельская, Устинова, при заверке аэрогеофизических аномалий в открытых карбонатных полях вскрыты кимберлитовые трубки Сохсолохская, Кутузовой и Игорь Богатых; проведена разбраковка кимберлитового поля по перспективности площадей, дана их прогнозная оценка. При проведении поисковых работ в рамках объекта Сохсолох-Мархинский [Иванов, 2009 ф] в 2007 году на правом берегу р. Сохсолох вскрыта трубка Южная.

Наряду с поисковыми работами на алмазы в Алакит-Мархинском поле проводился большой объём разведочных работ на трубках Айхал, Сытыканская, Юбилейная, Краснопресненская и Заря, давших значительный фактический материал по структурно-тектоническому положению месторождений в структуре кимберлитового поля, гидрогеологии, морфологии, вещественному составу и алмазоносности месторождений.

В процессе промышленного освоения района осуществлялись мерзлотно-гидрогеологические и инженерно-геологические исследования, а также поисково-разведочные работы на строительные материалы [Корзилов, 1962 ф, 1969 ф; Рошин, 1979 ф; Контарева, 1982 ф; Шигимага, 1982 ф, 1983 ф; Гуйнов, 1985 ф, 2001 ф, 2003 ф; Черноус, 1985 ф, 1989 ф, 1991 ф, 1995 ф].

Большое внимание уделялось тематическим исследованиям по разным направлениям, касающимся алмазоносности, в которых были задействованы многие научно-исследовательские организации. Результаты этих работ

приведены в многочисленных отчётах и публикациях. Значительная часть исследований посвящена петрографии и минералогии кимберлитов, морфогенетическим особенностям алмазов и их парагенетических спутников [Сарсадских, 1958 ф; Бартошинский, 1959 ф, 1975 ф, 1980 ф; Харьков, 1961 ф, 1970 ф; Илупин, 1963 ф, 1969 ф, 1970 ф, 1978 ф, 1988 ф; Аргунов, 1973 ф; Суходольская, 1975 ф; Коптиль, 1978 ф, 1980 ф]. З. В. Бартошинским [1975 ф] разработана классификация алмазов, среди которых выделены 58 морфогенетических типов в 12-ти группах.

Геохимическим особенностям кимберлитов и возможностям применения геохимических методов для их поисков посвящены работы Ю. Н. Гомановской [1973 ф], В. А. Тимченко [1973 ф], Б. С. Ягнышева [1977 ф, 1988 ф, 1991 ф, 1992 ф, 1996 ф] и др.

Разработками и совершенствованием шлихоминералогических критериев прогноза и поисков алмазоносных месторождений занимались В. П. Афанасьев [1987 ф], В. Т. Подвысоцкий [1988 ф], А. А. Панкратов [1973 ф] и другие.

В 1991 году разработана «Опорная легенда Айхальской серии листов государственной геологической карты СССР масштаба 1:50 000» [Зуева, 1991 ф], а в 1993 году - «Опорная легенда Далдыно-Алакитского блока листов Государственной геологической карты масштаба 1:200 000 (новая серия)» [Фолисевич, 1993 ф].

В конце 80-х годов институтом «Якутнипроалмаз» был разработан проект районных (браковочных) кондиций для коренных месторождений алмазов Далдыно-Алакитского района [Щукин, 1989 ф]. Согласно действующим районным (браковочным) кондициям для Далдыно-Алакитского алмазоносного района, размеры потенциального минимального рентабельного коренного месторождения составляют в плане 5000 – 25000 м² (в среднем – 10 000 м²), погребённые под толщей перекрывающих пород мощностью до 200 м и при содержании алмазов в руде не менее 1 кар./т.

Из тематических работ, проведённых силами Амакинской ГРЭ, следует отметить также исследования по изучению стратиграфии, литологии и фациальных особенностей осадочных образований, а также особенностей проявления базитового магматизма [Фолисевич, 1996 ф; Убинин, 2001 ф]. В результате проведённых работ составлена и утверждена сводная легенда Айхальской серии листов Госгеолкарты-50, произведено посвитное и более подробное расчленение развитых на площади осадочных пород, разработана схема базитового магматизма.

В конце прошлого столетия силами Амакинской ГРЭ [Ломакин, 1997 ф] была проведена огромная работа по обобщению и анализу всех накопленных к этому времени геолого-геофизических материалов по районам деятельности АГРЭ, в т.ч. и Далдыно-Алакитскому. В результате были составлены каталоги геологической и геофизической изученности, полезных ископаемых и кимберлитовых тел с подробным их описанием и графическими приложениями; определены критерии локального прогноза на основе выявленных региональных закономерностей размещения месторождений алмазов; намечены пути дальнейшего изучения площадей.

Весьма значительная часть тематических работ была посвящена выработке критериев для поисков и прогнозирования алмазоносных кимберлитовых тел. Основой тому послужил богатый фактический материал, накопленный при проведении алмазопроисловых работ. Геологами различных организаций составлялись прогнозные карты масштаба 1:500 000 и менее [Крутойрский, 1961 ф; Зимин, 1971 ф; Мокшанцев, 1974]. М. А. Крутойрский [1961 ф] указывал на приуроченность кимберлитовых полей к зонам сочленения платформенных структур первого и второго порядков, а также к прогибам и узлам пересечения глубинных разломов внутри этих прогибов. Л. А. Зимин [1971 ф], в свою очередь, указывал, что кимберлитовые поля приурочены к локальным блоковым структурам в кровле фундамента, а закономерной зависимости местоположения

кимберлитовых тел от структур и разрывных нарушений осадочного чехла не наблюдается.

Представления о перспективах коренной алмазности Алакит-Мархинского кимберлитового поля отражены в ряде тематических отчётов [Гарашук, 1971 ф; Потуроев, 1974 ф, 1977 ф; Скосырев, 1976 ф; Файнштейн, 1977 ф; Хабардин, 1977 ф; Герасимчук 1988 ф; Крючков, 1988 ф; Лелюх, 1988 ф, 1992 ф; Милашев, 1979 ф, 1992 ф; Поляничко, 1995 ф; Шамшина, 1995 ф; Серов, Афанасьев, 1999 ф]. Авторами составлены схемы рудоконтролирующих и рудовмещающих дислокаций, определены геотектоническое положение и структурные границы Далдынского и Алакит-Мархинского кимберлитовых полей. В результате тематических исследований оценены остаточные перспективы Алакит-Мархинского кимберлитового поля и даны рекомендации по заверке шлиховых аномалий с учётом структурно-тектонической обстановки.

В конце 2003 года завершены работы по изучению остаточных перспектив Далдынского кимберлитового поля в рамках объекта Далдынский [Фолисевиц, 2003 ф]. В контуры объекта входили, в том числе и северо-восточные фланги Алакит-Мархинского поля. Кроме высокоточных геофизических исследований (как аэро-, так и наземных), были проведены космогеологические исследования, ревизионно-поисковые работы, большой объём колонкового бурения с целью заверки геофизических аномалий, а также картосоставительские работы.

В начале 2000-х годов проводились также картосоставительские работы по подготовке к изданию Госгеолкарты масштаба 1:200 000 на листы Q-49–XXI, XXII [Салихов, 2005]. В ходе работ проанализированы материалы геологосъёмочных, поисковых, разведочных и тематических работ. На основе современных компьютерных технологий проведена классификация траппового комплекса по петромагнитным свойствам, построена структурная схема кристаллического основания, дана прогнозная оценка алмазности территории листа с использованием алгоритмов статистического анализа и распознавания.

В период с 2004 по 2008 год в рамках объекта Подтрапповый проводились работы по доизучению структурно-тектонического строения территории Далдыно-Алакитского алмазоносного района с целью уточнения факторов контроля кимберлитового магматизма [Салихов и др., 2008 ф]. В результате работ были уточнены критерии прогнозирования кимберлитоперспективных объектов различного ранга и разработаны рекомендации по направлению поисковых работ на основе доизучения тектонического строения, структурно-вещественных комплексов осадочного чехла и верхов фундамента на базе современных высокоточных геофизических съёмок, компьютерных технологий обработки и интерпретации геолого-геофизической информации.

В начале 21 века были интенсифицированы работы по доизучению известных коренных алмазных месторождений с целью определения возможности их промышленной эксплуатации, а также вовлечения в отработку глубоких горизонтов уже разрабатываемых тел. Так, в период 2007-2009 гг. и 2009-2012 гг. были проведены поисково-оценочные работы на трубке Заря, по результатам которых выявлен центральный рудный столб с алмазоносностью близкой к промышленной [Поляничко, 2009 ф; Иванов, 2009 ф; Иванов, Тюрин, 2012 ф]. В период 2014-2016 гг. на трубке Заря проведены разведочные работы с подсчётом запасов до горизонта + 100 м [Салихов, Тюрин, 2016 ф].

С целью поддержания ресурсной базы Айхальского ГОКа в последние годы продолжались интенсивные крупномасштабные поиски новых источников алмазного сырья с применением колонкового бурения. В 2008–2010 гг. были выполнены поисковые работы по объекту Верхне–Чукукский [Иванов, 2010 ф]. В результате проведённых работ в 450 м и 500 м юго–восточнее тр. Кира вскрыты две кимберлитовые жилы (скв. 04106 и скв.1). Проведены поисково-оценочные работы на трубке Кира, а также доизучение вещественного состава и алмазоносности трубок Мархинская и Москвичка. Подтверждена убогая алмазоносность изученных кимберлитовых трубок. По результатам данных работ, на отдельных участках были закартированы локальные палеоподнятия,

потенциально перспективные на выявление кимберлитовых тел и рекомендованные для продолжения, в их пределах, дальнейших поисковых работ.

В 2009-2012 гг. проведены поиски коренных месторождений алмазов на территории южного и западного флангов Алакит-Мархинского кимберлитового поля в рамках объекта Подтрапповый-2 в пределах части поля, перекрытой терригенными карбон-пермскими отложениями, бронированными и инъецированными долеритовыми интрузиями. По результатам исследований на данной территории выделен ряд перспективных участков, в пределах которых рекомендовано продолжение поисковых работ. Также в этот период (2009-2012 гг.) были проведены поисково-оценочные работы на тр. Заря, Соболева, Радиоволновая, Файнштейновская, Восток, Молодость, Юность, [Иванов, 2012 ф]. Была изучена морфология рудных тел на глубину 100–300 м от их поверхности, вещественный состав и уточнена алмазоносность слагающих трубки кимберлитовых пород. На тр. Файнштейновская выполнен подсчёт прогнозных ресурсов алмазов, а на тр. Радиоволновая оценены запасы и ресурсы алмазов. Рекомендовано доизучение акватории озера Бадаран-Кюель и прилегающих к нему территорий.

В 2012-2014 гг. проведены поиски коренных месторождений алмазов на 8-ми поисковых участках в рамках объекта Сохсолох-Мархинский-2 [Тершивский и др., 2014 ф]. По результатам проведённого комплекса геолого-геофизических исследований уточнено районирование исследованной территории по условиям поисков погребённых кимберлитовых тел. Выделены перспективные участки, благоприятные по шлихоминералогическим и структурно-тектоническим поисковым критериям.

Проведённая комплексная реконструкция палеорельефа карбонатного цоколя позволила выделить локальные участки палеовозвышенностей, с которых в каменноугольное время предположительно происходил снос обломочного материала и к которым приурочены повышенные концентрации

ИМК, в том числе с кимберлитовыми примазками, находки алмазов, а также находки столь неустойчивых в гипергенных условиях оранжевых пиропов и оливина, что может свидетельствовать о пространственной близости их коренных источников. Параллельно с проведением поисковых работ на участках проведена заверка аномалий. В процессе заверки аномалии Ан. 01/10 было вскрыто новое кимберлитовое тело дайкообразной формы, залегающее ниже кровли карбонатного цоколя. Отобрано и обогащено 5 керновых проб, из которых извлечено 2 кристалла алмаза класса $-1+0,5$ мм общим весом 1,4 мг (0,007 карата).

Были проведены тематические исследования по оценке качества и полноты опоискования территории Алакит-Мархинского кимберлитового поля. Анализ надёжности опоискования площади методом прямого подсечения показал, что значительную часть АМКП можно считать практически не опоискованной на минимально-промышленные объекты.

На основании комплекса прогнозно-поисковых признаков и критериев, территория прогнозируемого Алакит-Мархинского кимберлитового поля разделена по степени перспективности на четыре категории площадей (А, Б, В, Г).

В соответствие с решением подсекции экспертизы и апробации прогнозных ресурсов секции геологии Учёного Совета ЦНИГРИ, по состоянию на 01.01.2011 года прогнозные ресурсы коренной алмазоносности категории РЗ в Далдыно-Алакитском алмазоносном районе (их открытие возможно фактически только в закрытой части Алакит-Мархинского поля) составляют 28,3 млн. карат.

В 2017-2020 гг. на юго-западном фланге АМКП был проведён комплекс ГРП в рамках объекта Южно-Тегюрюкский [Пирогов, 2020]. В результате проведённого комплекса ГРП было уточнено геологическое строение площади объекта Южно-Тегюрюкский, изучены особенности его структурно-тектонического строения, установлены и изучены ИМК из ореолов и шлиховых

аномалий, по своим характеристикам соответствующие таковым из потенциально алмазоносных коренных источников, выделены участки для постановки комплекса ГРР, направленных как на обнаружение непосредственно кимберлитовых тел (участки для постановки буровых работ), так и на выявление структурно-тектонических элементов геологического строения, перспективных на обнаружение кимберлитовых тел и их кустов. Для выделения участков для постановки дальнейших работ использовался и комплект тематических карт, характеризующих полноту опойскованности и степень её достоверности, а также отображающих неоднородности геологического строения, с которыми могут быть связаны кимберлитовые тела.

1.2. Краткий физико-географический очерк

Район работ расположен в северо-восточной части Среднесибирского плоскогорья в пределах территории Вилуйского траппового плато и принадлежит бассейнам верхних течений рек Марха и Сохсолох.

Территория района представляет собой слаборасчлененное, участками заболоченное плато с абсолютными отметками от 380 до 680 м. Поверхность плато и верхняя часть склонов долин, как правило, покрыты глыбовыми развалами и щебнем долеритов.

Современный рельеф района определяется его структурно-тектоническими особенностями, вещественным составом и морфологией распространенных на его территории магматических и осадочных пород, а также криогенными процессами. Выходы коренных пород на дневную поверхность, вследствие плохой обнаженности, отмечаются лишь в бортах речных долин (р. Марха и Сохсолох) и в небольших каньонах. Значительная часть территории задернована, а до 30% её площади – заболочено.

Реки района мелководны, несудоходны, характеризуются непостоянным режимом и смешанным питанием, зимой почти полностью перемерзают. В

период весеннего снеготаяния (конец мая – начало июня) на реках и ручьях уровень воды может повышаться на 1,5-2 метра. На долю весеннего стока приходится в среднем 71,5% годового. Меженный период начинается с конца июня – начала июля и прерывается периодическими паводками, вызванными атмосферными осадками.

Основными водными артериями района являются реки Марха и Сохсолох (рис. 1). Наиболее крупными притоками реки Марха являются ручьи Нагорный, Болотный, Кыллах и Глубокий. Среди крупных притоков реки Сохсолох следует выделить ручьи Конёк, Быстрый, Окаменелостей, Шумный (Унга-Сохсолох). Все вышеперечисленные водотоки в большей своей части мелководны и характеризуются непостоянным режимом, а зимой почти полностью перемерзают. Долины рек, в основном, имеют довольно пологие склоны (до 5-7°). Относительные превышения междуречий над тальвегами долин, как правило, составляют не более 100-250 м.

На всей территории района широко распространены термокарстовые озера (Кыллах, Байтах и другие), характеризующиеся незначительной (до 2-5 м) глубиной и сильной заболоченностью берегов.



Рис. 1. Река Марха в верхнем течении

Вода рек имеет незначительную минерализацию (до 0,5 г/л) и по составу относится к гидрокарбонатному типу. Реки и озера района могут служить источниками питьевого и технического водоснабжения.

Территория района принадлежит к субарктическому климатическому поясу. Климат района резко континентальный с продолжительной холодной зимой, умеренно жарким летом и кратковременными переходными периодами. По данным многолетних метеонаблюдений самая низкая температура воздуха (-65°) отмечалась в январе, а самая высокая ($+40^{\circ}$) – в июле. Среднегодовая температура составляет от -9° до -11°C . Период плюсовых среднесуточных температур продолжается 125-130 дней, однако, отрицательные температуры могут иметь место в любое время года. Средняя продолжительность безморозного периода равна 54 дням. Преобладают ветры северного, северо-западного и юго-восточного направлений. Скорость ветра изменяется от 0-2 м/сек до 2-5 м/сек.

Количество атмосферных осадков, как правило, не превышает 300 мм в год, причем до 70% из них приходится на весенне-летний период. Мощность снегового покрова колеблется от 30 до 45 см, а в понижениях рельефа – до 1 м. Снежный покров устанавливается в конце сентября и держится до конца мая.

Территория расположена в зоне развития многолетнемерзлых пород, мощность которых изменяется в пределах 340-450 м. Глубина сезонной оттайки колеблется от 0,5 до 2,5 м и зависит от состава грунтов, их влажности, характера растительности и экспозиции склонов.

Почвенный слой развит слабо, имеет незначительные мощности (до 0,1 - 0,25 м) и в значительной степени обогащён каменным материалом (дресва, гравий и щебень местных пород). По составу почвы дерново-подзолистые лесные, на заболоченных участках торфяно-болотные.

Растительность района бедна и представлена редкостойными лесами даурской лиственницы, по долинам рек встречается сибирская ель. Высота деревьев варьирует от 4 до 10 м (в среднем 8 м), а средний диаметр стволов составляет ~11 см. Среднее расстояние между деревьями – 6,5 м. Водораздельная часть территории покрыта угнетенным, низкорослым лесом с густыми зарослями кустарниковой растительности, представленной низкорослой ивой, ольхой и карликовой березой.

Животный мир беден. В небольшом количестве встречается северный олень, лось, волк, песец, соболь, заяц, но наибольшее распространение имеют популяции мелких грызунов. Из местных птиц обитают глухари, белые куропатки, совы, вороны, из сезонно-перелётных – гуси, утки, кулики. В реках в небольших количествах водятся хариус, ленок, сиг, в пойменных озёрах – щука, окунь, ёрш и гальян, а в водохранилище в верховьях р. Марха – пелядь.

1.3. Геологическая характеристика района

В региональном плане район работ располагается в зоне сочленения северо-восточного борта Тунгусской синеклизы с юго-западным крылом Анабарской антеклизы. По сложности геологического строения данная территория имеет простое строение (2 категория сложности).

1.3.1. Стратиграфия

В геологическом строении территории принимают участие палеозойские осадочные образования, относящиеся к двум циклам седиментации, вулканогенно-осадочные породы пермо-триаса, а также четвертичные отложения различных генетических типов.

Ниже приводится краткая характеристика вышеперечисленных отложений.

ОРДОВИКСКАЯ СИСТЕМА

Нижний отдел

Тремадокский ярус

О л д о н д и н с к а я с в и т а (O_{1ol}). На изученной площади вскрывается в долинах реки Марха и ручьев Чукука и Сытыкан. Разрез свиты детально изучен по керну гидрогеологических и структурно-картировочных скважин. Сложена свита сероцветными доломитами с прослоями и линзами мергелей и плоскогалечных конгломератов, реже известняков, песчаников, алевролитов, аргиллитов. Отмечаются прослои, прожилки, желваки и мелкая вкрапленность гипса. В верхней части разреза, на разных горизонтах, спорадически отмечается красноцветная окраска, присущая мергелям и аргиллитам. По литологическим особенностям и характеру ритмичности она делится на пять пачек.

Общая мощность свиты колеблется от 240 до 290 м.

Аренигский ярус

С о х с о л о х с к а я с в и т а (O_1sh). Вскрывается в тальвеге и на склонах долины реки Сохсолох, а также в верхних частях склонов долин реки Марха и ручьев Чукука и Сытыкан. Разрез свиты изучался по керну гидрогеологических, структурно-картировочных и поисковых скважин. Свита согласно залегает на отложениях олдондинской свиты. Отличительной особенностью её является наличие в низах разреза горизонта массивных глауконитовых доломитов, образующего в рельефе уступ высотой от 1 до 10 м и хорошо дешифрирующегося на аэрофотоснимках. По подошве этого горизонта проводится нижняя граница свиты. Сложена свита, в основном, светло-серыми, желтовато-серыми и серыми доломитами с прослоями известняков, конгломератов, реже алевролитов, мергелей, песчаников. По литологическим особенностям свита подразделяется на две пачки.

Общая мощность свиты 60 — 80 м.

Средний отдел

Лланвирнский — лландейловский ярусы

Киренско-Кудринский подъярус

С ы т ы к а н с к а я с в и т а (O_2st). На дневной поверхности вскрывается узкой полосой в верхних частях склонов долин рек Сохсолох и Марха, а также ручьев Чукука и Сытыкан. Залегает со стратиграфическим несогласием на отложениях сохсолохской свиты. Свита сложена неравномерно переслаивающимися светло-серыми песчанистыми известняками и кварцевыми песчаниками с прослоями мергелей и известковистых доломитов. Имеются единичные прослои органогенно-обломочных и органогенно-детритовых известняков. В основании свиты нередко наблюдается маломощный (10-20 см) прослой конгломератов, сложенных плоскими гальками известняков, мергелей, а также хорошо окатанными крупными зернами кварца.

Мощность свиты колеблется от 0 до 19 м.

Средний—верхний отделы
Карадокский - ашгиллский ярусы
Долборский подъярус

Кылахская свита ($O_{2-3}kl$). Породы кылахской свиты завершают разрез ордовикских отложений и обнажаются в верхних частях склонов долин рек Марха и Сохсолох и фрагментарно - в верхах долин ручьев Чукука и Сытыкан. Свита с размывом и стратиграфическим несогласием залегает на сытыканской свите, а на отдельных участках – на верхней пачке сохсолохской свиты. От подстилающих образований отличается пестроцветной окраской пород, глинистостью разреза и видовым составом органических остатков. Свита сложена пестроцветными мергелями с частыми прослоями известняков, глинистых известняков, глинистых, алевролитистых, реже песчанистых доломитов. Последние преобладают в нижней части разреза, известняки – в верхней. В основании разреза мергели зачастую содержат примесь песчаного материала, на отдельных участках в подошве свиты отмечаются прослой (до 5 см) сильно обохренного гравелита с гравием кварца и доломитов, сцементированным ожелезненным песчано-глинистым материалом. Иногда в основании свиты залегают серые песчанистые, реже алевролитистые, глинистые и органогенно-обломочные, тонко-, мелкозернистые плотные доломиты.

Мощность свиты колеблется от 17 м до 42 м.

СИЛУРИЙСКАЯ СИСТЕМА

Нижний отдел
Лландоверийский ярус
Мойероканский подъярус

Б а й т а х с к а я с в и т а (S_1bt). Картируется в виде узкой полосы на склонах долин рек Марха и Сохсолох. Разрез её изучен по керну структурно-картировочных и поисковых скважин, а также в карьерах. Отложения свиты залегают со стратиграфическим несогласием на различных горизонтах кылахской свиты. Разрез свиты представлен зеленовато-серыми тонкослоистыми мергелями с тонкими (от 2 до 20 см) прослоями светло-серых и серых глинистых известняков. В районе тр. Айхал в подошве свиты залегает прослой конгломератов с известняковой галькой, мощностью от 0,1 до 3,3 м. Мощность свиты 3 — 36 м.

Б а ш е н н а я с в и т а (S_1bs). На дневной поверхности картируется фрагментарно в долинах рек Марха и Сохсолох. Разрез свиты изучен по отдельным небольшим коренным выходам и керну структурно-картировочных и поисковых скважин. Свита залегает согласно на отложениях байтахской свиты. Сложена монотонной толщей светло-серых и кремовых криптозернистых известняков с прослоями серых комковатых глинистых известняков. В нижней и верхней частях разреза отмечаются редкие прослой желтовато-серых органогенно-обломочных известняков.

Мощность свиты колеблется от 40 до 60 м.

ДЕВОНСКАЯ СИСТЕМА, ВЕРХНИЙ ОТДЕЛ — КАМЕННОУГОЛЬНАЯ СИСТЕМА, НИЖНИЙ ОТДЕЛ

Коры выветривания среднепалеозойской эпохи гипергенеза (kvD_3-C_1).

Континентальный режим, установившийся в позднем девоне — раннем карбоне, способствовал корообразовательным процессам. В результате на карбонатных породах и кимберлитах получили широкое развитие каолинит-гидрослюдистые и монтмориллонитовые коры выветривания, впоследствии в процессе денудации, в основном, размытые.

Каолинит-гидрослюдистая остаточная кора выветривания развита на карбонатных породах нижнего палеозоя. По генетическому типу относится к незрелым остаточным корам сиалитного типа. Сохранились лишь нижние зоны коры, различающиеся на разных участках по своему составу в зависимости от субстрата. На участках карстообразования кора имеет повышенную мощность и двухчленное строение. Нижний горизонт сложен дезинтегрированными каолинизированными известняками, часто кавернозными и ожелезненными. Мощность горизонта от 0,2 до 7,5 м. Верхний горизонт представлен каолинит-гидрослюдистыми глинами, зачастую ожелезненными, с обломками и щебнем карбонатных пород. В верхней части горизонта отмечается незначительная примесь песчаного материала, гравия и гальки кварца. Мощность верхнего горизонта 0,1-0,5 м, на локальных участках – до 10 м.

Монтмориллонитовая остаточная кора выветривания развита на кимберлитах. Она относится к корам с начальной гидратацией и выщелачиванием. Низы разреза представлены интенсивно выветрелыми желтовато-серыми кимберлитами с трещинами, выполненными ожелезненной глиной. Верхняя часть коры сложена монтмориллонитовыми и монтмориллонит-гидрослюдистыми глинами, со значительным количеством мелких зерен ильменита и пиропы, а также выделений гетита и гидрогетита. Мощность коры колеблется от 0,4 до 2,4 м.

Возраст кор выветривания условно принимается как позднедевонский – раннекаменноугольный.

КАМЕННОУГОЛЬНАЯ СИСТЕМА

Средний отдел

Московский ярус

Конекская свита (C_2kn). Свита пользуется ограниченным распространением и развита преимущественно в северной и центральной частях

Алакит-Мархинского поля. На дневной поверхности практически не обнажается. Отложения свиты со стратиграфическим и литологическим несогласием залегают на различных горизонтах карбонатных пород нижнего силура, верхнего и среднего ордовика.

Свита сложена преимущественно олигомиктовыми, реже кварцевыми песчаниками и алевролитами с прослоями аргиллитов, углистых алевролитов и линзами углей. В основании свиты залегают базальные конгломераты и гравелиты в виде линз и прослоев, мощностью от 10 см до 1,5 м, изредка до 7 м. В составе галечного материала преобладают кремни, кварц, кварциты и окремненные карбонатные породы. По всему разрезу неравномерно рассеян растительный детрит. Окраска пород серая, иногда с сиреневым оттенком, буровато-серая, ржаво-коричневая.

Тяжелая фракция терригенных пород представлена в основном ильменитом, магнетитом, в меньшем количестве встречаются эпидот, альмандин и циркон. В единичных зернах присутствуют лейкоксен, рутил, сфен, турмалин, апатит, иногда глауконит и пирит. Кроме того, зачастую содержатся индикаторные минералы кимберлита – пироп, пикроильменит, хромит, реже оливин и хромдиопсид. ИМК распределены неравномерно как по вертикали, так и по латерали и, в основном, сконцентрированы в приподошвенном горизонте (конгломераты, грубозернистые песчаники) мощностью до 3-5 м. Только в непосредственной близости от кимберлитовых тел, часто в значительных количествах, они отмечаются и в верхних горизонтах свиты.

Мощность отложений свиты 0 — 30 метров.

Средний — верхний отделы
Московский — гжельский ярусы

А й х а л ь с к а я с в и т а (C_{2-3ah}) Развита практически повсеместно и залегают со стратиграфическим несогласием на различных горизонтах нижнего

палеозоя, согласно (на некоторых участках с местным перемывом) на отложениях конекской свиты.

По литолого-фациальным признакам слагающих пород свита подразделяется на две подсвиты: нижнюю и верхнюю.

Нижняя подсвита в своем основании представлена пачкой серых разных оттенков полимиктовых песчаников с прослоями алевролитов и конгломератов, в верхней части – углистой пачкой, объединяющей углистые алевролиты, аргиллиты с прослоями песчаников и линзами углей. Эта пачка является маркирующим горизонтом, к ней приурочены многочисленные отпечатки растений. Строение подсвиты ритмичное, иногда может наблюдаться до 3 — 5 и более мелких ритмов, не всегда полных.

В тяжелой фракции доминируют ильменит, магнетит и альмандин, а также встречаются индикаторные минералы кимберлита – пироп, пикроильменит и хромшпинелид. Кимберлитовые минералы в разрезе распределены неравномерно и, сконцентрированы, главным образом, в базальном горизонте, представленном конгломератами и песчаниками с галькой и гравием мощностью 1-2 м. Реже и в меньшем количестве они отмечаются и в верхних горизонтах подсвиты.

Мощность подсвиты 5 — 60 м.

Верхняя подсвита отличается от нижней меньшей углистостью и залегает на ней согласно. Сложена, в основном, серыми полимиктовыми песчаниками, алевролитами, аргиллитами с редкими прослоями углистых алевролитов и линзами углей, а также грубообломочных отложений, представленных гравелитами и конгломератами мощностью до 1-2 м, залегающими на разных горизонтах подсвиты.

В тяжелой фракции шлиховых проб при значительном содержании ильменита и альмандина отмечаются эпидот и сфен, а из индикаторных минералов кимберлита – пироп, пикроильменит и хромшпинелид.

Мощность подсвиты 0 — 75 м.

Общая мощность айхальской свиты может достигать 135 м.

ПЕРМСКАЯ СИСТЕМА

Нижний отдел

Ассельский — Кунгурский ярусы

А х т а р а н д и н с к а я с в и т а (P_{1ah}). Отложения свиты на территории района развиты фрагментарно и залегают на различных горизонтах айхальской свиты согласно, а на отдельных участках с размывом и стратиграфическим несогласием. В большинстве разрезов представлена толщей осадков ритмичного строения, сложенной преимущественно слабосцементированными серыми и желтовато-серыми разнотернистыми аркозовыми, реже полимиктовыми песчаниками с маломощными прослоями алевролитов, в том числе углистых, и аргиллитов, а также линзами углей и конгломератов. В основании свиты нередко отмечаются линзы гравелитов и конгломератов мощностью до 1 м.

Отличительной особенностью свиты является более грубая зернистость слагающих ее песчаников и меньшая угленосность пород, в сравнении с айхальской свитой.

В грубообломочных отложениях отмечаются ИМК — пироп, пикроильменит, хромшпинелид, различной степени сохранности.

Мощность свиты 0 — 75 м.

ПЕРМСКАЯ СИСТЕМА, ВЕРХНИЙ ОТДЕЛ — ТРИАСОВАЯ СИСТЕМА, НИЖНИЙ ОТДЕЛ, НЕРАСЧЛЕНЕННЫЕ

Татарский — Индский ярусы

А л а к и т с к а я с в и т а (P_2-T_{1al}). Возраст отложений свиты диагностирован М. М. Одинцовой, выделившей в тонкообломочных туфах бассейна р. Амбардах-Силин и Аллара-Сала (линии шурфов XVI и XIV [Ивлиев,

1980 ф]) споро-пыльцевые спектры, изучение которых и позволило ей предположить позднепермский возраст вмещающих пород, переходящий в раннетриасовый.

Вулканогенные образования свиты довольно широко распространены и залегают с размывом на разных горизонтах ахтарандинской и айхальской свит, изредка на карбонатных отложениях нижнего палеозоя. Часто образования свиты граничат с долеритовыми интрузиями.

Свита сложена серыми и буровато-серыми витро- и литокластическими разнообломочными туфами основного состава, реже туффитами, туфопесчаниками и туфоалевролитами с маломощными прослоями терригенных пород, почти не содержащих пирокластического материала.

Мощность свиты 0 — 120 метров.

ЧЕТВЕРТИЧНАЯ СИСТЕМА

Четвертичные образования развиты практически повсеместно. По генетическим признакам выделяются элювиальные и делювиальные, озерные и болотные, аллювиальные и техногенные отложения плейстоцена и голоцена.

К нерасчлененным четвертичным образованиям отнесены элювиальные и делювиальные, а также коллювиальные отложения [Мащак, 2002 ф].

Плейстоцен — Голоцен, нерасчлененные

Э л ю в и а л ь н ы е и д е л ю в и а л ь н ы е о б р а з о в а н и я (e,dQ) распространены повсеместно и покрывают сплошным чехлом разной мощности всю территорию района. Элювий формируется на плоских водораздельных пространствах. На траппах он представлен крупными глыбами с незначительным количеством мелкозёма, на туфах и осадочных породах — суглинками, иногда

супесями с дресвой и щебнем материнских пород. Мощность элювия 0,2 — 3 м. Делювиальные образования представлены суглинками, супесями и глинами с обломками материнских пород. Вблизи трапповых уступов, в поле развития делювиальных отложений, отмечаются коллювиальные развалы крупных глыб долеритов. Мощность делювия изменяется в пределах от 1 до 8 м.

Плейстоцен

Неоплейстоцен

Верхнее звено, третья - четвертая ступени

Аллювиальные образования второй надпойменной террасы (a^2Q_{III-4}), имеют распространение на юге изучаемой территории в долине р. Марха. Терраса цокольная, высотой 15-25 м. В основании террасы залегают галечники с прослоями и линзами песков и суглинков. Галька и гравий хорошо- и среднеокатанные, состоят из долеритов, реже из карбонатных пород. Встречаются кварциты, кремни, кварц. Верхняя часть разреза сложена разнозернистыми песками с редкими гальками и гравием, выше песков залегают буровато-серые супеси и суглинки с примесью гальки долеритов. В кровле террасы местами отмечаются линзовидные прослои торфянистого ила. Мощность террасовых образований 3 — 10 м.

Верхнее звено, четвертая ступень — Голоцен

Аллювиальные образования первой надпойменной террасы ($a^1Q_{III-н}$) развиты на юге изучаемой территории в долине р. Марха и на востоке в долине р. Чукука. Терраса аккумулятивная, высотой от 6 до 12 — 15 м. Разрез отложений террасы имеет двучленное строение. Верхняя часть разреза, мощностью 2 — 6 м, сложена буровато-серыми разнозернистыми

песками, супесями, глинами, суглинками. Нижняя часть разреза представлена галечниками, часто с валунами. Обломочный материал хорошей или средней окатанности, представлен долеритами, известняками, доломитами, кремнями, кварцитами. Мощность террасовых образований может достигать 10 м.

Голоцен

А л л ю в и а л ь н ы е о б р а з о в а н и я (aQ_H) представлены пойменными и русловыми разностями.

П о й м е н н ы е о б р а з о в а н и я развиты по всем водотокам района. Разрез верхней части поймы сложен торфяно-илистым материалом, суглинками и супесями с прослоями песка и рассеянными мелкими гальками и гравием. Мощность верхней части не превышает 1 метра. Нижняя часть поймы, мощностью 3 — 8 м, представлена гравийно-галечно-песчаными, реже валунно-галечными отложениями. Галька и гравий хорошо- и среднеокатанные, представлены долеритами, карбонатными породами, кварцитами, реже роговиками, кремнями, кварцем, песчаниками. Мощность пойменных образований изменяется от 3 — 5 до 5 — 10 м.

Р у с л о в ы е о б р а з о в а н и я отмечаются по всем крупным водотокам, слагая их русла и русловые косы. Представлены галечниками, часто с высоким содержанием валунов. Размер, окатанность и вещественный состав обломков зависят от крупности водотока, его гидродинамического режима, а также от литологического состава размываемых пород. По мере удаления от истоков крупность обломочного материала уменьшается. Так, в верховьях рек и ручьев аллювий состоит обычно из крупных полуокатанных валунов с незначительным количеством галечно-гравийного и глинисто-песчаного материала, доля которого ниже по течению постепенно возрастает. Вещественный состав обломков аналогичен составу обломков пойменных образований. Мощность руслового аллювия составляет от 0,5 до 4 — 6 м.

Озёрные и болотные образования (l, bQ_H) распространены ограниченно и приурочены к днищам озерных котловин. Представлены они илами серого цвета с примесью гумуса, редкими гальками траппов и маломощными прослоями супесей. В верхах разреза отмечаются буровато-серые суглинки с редкими обломками долеритов и линзовидными прослоями темно-бурового торфа. Мощность отложений 3-6 м.

Техногенные образования (tQ_H) представлены отвалами горных пород вокруг карьеров разрабатываемых месторождений алмазов и сохранными «хвостами» обогащения кимберлитов, расположенными в непосредственной близости от границ района работ. Отвалы сложены щебнисто-глыбовым материалом вмещающих и перекрывающих кимберлиты пород с примесью глинисто-песчаного материала, а «хвосты» – глинисто-песчаной фракцией кимберлитов. Площадь распространения и мощность техногенных отложений напрямую зависят от размеров и глубины разрабатываемых карьеров и достигает 40 м в районе месторождения Айхал.

1.3.2. Магматизм

Магматические образования, известные в районе работ, относятся к двум эпохам платформенного магматизма: позднедевонской-раннекаменноугольной (D_3-C_1) и позднепермской-раннетриасовой (P_2-T_1). С первой эпохой связана ультраосновная, с повышенной щелочностью, формация кимберлитов, слагающих трубки взрыва, дайки и жилы, со второй – внедрение магм основного состава: долеритов и габбро-долеритов трапповой формации, слагающих пластовые интрузии, штоки и дайки.

КИМБЕРЛИТОВАЯ ФОРМАЦИЯ

Далдыно-Алакитский кимберлитовый комплекс (iD_3-C_1da)

Породы кимберлитовой формации слагают трубки, дайки и жилы. В составе Алакит-Мархинского кимберлитового поля, расположенного в Далдыно-Оленекской зоне глубинных разломов, к настоящему времени насчитывается 66 кимберлитовых трубок и даек, 6 отторженцев и ряд жильных образований, среди которых часть жил (Фабричная, Межозерная, Сомнительная и др.) картируется обособленно от известных трубок.

Кимберлитовые породы представлены эруптивными кимберлитовыми брекчиями с массивной текстурой цемента, автолитовыми кимберлитовыми брекчиями и порфировыми кимберлитами. Наиболее часто в трубках встречаются первые две разновидности пород, порфировые кимберлиты отмечаются редко. В трубках с минимальным эрозионным срезом встречаются кимберлитовые туфы и туфобрекчии. Большинство кимберлитовых тел, как правило, имеют сложное строение и состоят не менее чем из 2-3 разновидностей кимберлитовых пород.

Расположение кимберлитовых тел в пределах поля контролируется разрывными нарушениями различных порядков и ориентировки, активизировавшимися в эпоху кимберлитового магматизма. Для Алакит-Мархинского кимберлитового поля факт приуроченности кимберлитовых тел к линейно вытянутым тектоническим зонам северо-восточного простирания в местах их пересечения с разломами меридиональной, северо-западной и субширотной ориентировки является одним из критериев, используемых в процессе оптимизации поисковых работ на закрытых площадях. К одной из таких тектонических зон (Центральной) приурочено 11 кимберлитовых трубок. В нижнепалеозойских породах осадочного чехла эта зона фиксируется повышенной трещиноватостью, зонами дробления и интенсивной закарстованностью.

Эрозионный срез большинства кимберлитовых трубок Алакит-Мархинского поля незначительный (200-350 м), поэтому в некоторых диатремах сохранились верхние элементы вулканических построек – раструбы (тр.

Юбилейная, тр. Краснопресненская), сложенные осадочными образованиями раннекарбонового возраста (тегюрюкская толща), кимберлитовыми туфами, туфобрекчиями и такситовыми кимберлитами.

Размеры трубок по площади колеблются от 2-3 га до 56 га. Форма тел в плане на уровне современного эрозионного среза весьма разнообразна. Преобладают округлые и овальные трубки, реже вытянутые, дайкообразные и неправильной формы. Все трубки имеют чёткую тенденцию к убыванию степени изометричности поперечного сечения с глубиной и переходу их корневой части в дайки, в связи с чем, по предложению В.А. Милашева, целесообразно различать две основные, связанные постепенными переходами морфологические группы диатрем: собственно, трубки взрыва (изометричные и овальные в плане) и трубчатые тела (сильно вытянутые и линзовидные в плане). У тел первой группы отношение короткой и длинной осей в плане составляет 1:1 - 1:3, у второй – 1:3 - 1:10 (рис. 2).

Возраст кимберлитовых трубок Алакит-Мархинского поля определён как поздний девон - ранний карбон.



Рис. 2. Кимберлитовая трубка Айхал (510х80 м)

ТРАППОВАЯ ФОРМАЦИЯ

Алакитский субвулканический комплекс (βP_2 - T_1al)

Породы трапповой формации имеют весьма широкое распространение в районе работ, поскольку он территориально расположен в северо-восточной краевой части обширного траппового плато Сибирской платформы.

Породы трапповой формации образуют пластовые интрузии (силлы) и даечные тела, внедрившиеся в терригенно-осадочные каменноугольно-пермские образования или же карбонатные породы нижнего палеозоя (рис. 3, 4).



Рис. 3. Коренные выходы долеритов на левобережье р. Сохолох



Рис. 4. Элювиальные глыбовые развалы долеритов в верховьях р. Чукука

Характерными особенностями интрузий являются: сочетание пологосекущего и согласного с напластованием залегания, невыдержанность мощности, как в плане, так и в вертикальном разрезе, переходы из одного гипсометрического уровня на другой. Мощности отдельных трапповых интрузий варьируют в широких пределах – от 0,5 – 0,6 м до 200 – 230 м. В пределах одной интрузии часто наблюдаются раздувы и пережимы.

Базитовый магматизм Сибирской платформы характеризуется сложностью состава и многообразием форм проявления. Пульсирующий характер магматизма обусловил не только его многостадийность во времени и пространстве, но и различия в химизме. Начиная с позднего палеозоя, магматическая активизация платформы связана с формированием трапповых синеклиз. По периферии синеклиз закладывались глубоко проникающие зоны разломов, к которым приурочены мощные поля интрузий основного состава. Изученная территория располагается на площади одной из таких зон, Вилюйско-Котуйской, проходящей вдоль восточного борта Тунгусской синеклизы.

Единой точки зрения по классификации базитов в исследуемом регионе на данный момент нет. Ранее разработанная М. Л. Лурье с соавторами [Лурье и др., 1962, 1973] схема расчленения интрузивных базитов на магматические

комплексы с изменениями и уточнениями легла в основу легенды Верхневилуйской серии листов [Дукардт, 2002 ф] и дополнений к ней [Машак, 2002 ф]. В соответствии с дополнением [Машак, 2002 ф], на территории Далдыно-Алакитского алмазоносного района проявлены только основные магматиты раннетриасового катангского и, возможно, среднеордовикского ботуобинского комплексов. Имеющиеся фактические геологические данные о возрастных взаимоотношениях на сегодняшний день не позволяют отнести какие-либо конкретные интрузии базитов к ботуобинскому долеритовому комплексу.

В ходе многолетнего выполнения петрохимического и петрофизического специализированного изучения базитов восточного борта Тунгусской синеклизы, куда входит и исследуемая площадь, было установлено, что базиты этого района могут быть разделены на три группы. Группы значительно различаются по петро- и геохимическим, а также петрофизическим характеристикам [Ивлиев и др., 1987; Олейников и др., 1973; Томшин и др., 2001; Убинин и др., 2001 ф и др.]. Кроме того, оказалось, что магматиты соответствуют трем самостоятельным фазам внедрения. Объем внедряющегося вещества в каждой из фаз был различен, но все группы долеритов на территории встречаются повсеместно.

По результатам крупномасштабного картирования в пределах восточного борта Тунгусской синеклизы, проведенного геологами Амакинской и Ботуобинской ГРЭ, сложно, а порой и невозможно отнести конкретные интрузии из выделенных трех групп к тому или иному комплексу. На это обращалось внимание в ряде работ [Виленский, 1967; Краковский, 1973; и др.]. Описаны случаи, когда одно и то же конкретное интрузивное тело отвечает сразу нескольким комплексам [Краковский и др., 1973; Олейников и др., 1973; Убинин, 2001 ф и др.; Коробков, 2001]. Ввиду сказанного, на геологической карте района работ, а также геологопоисковых планах деление базитов на магматические комплексы не производится, все они включены в состав нерасчлененной

позднепалеозойско-раннемезозойской трапповой формации и, в соответствии с рабочей легендой Айхальской серии листов Геолкарты-50, выделены в Алакитский субвулканический комплекс (β_1 P₂-T_{1al} - первая разновидность по ГИС).

Наиболее полное специализированное изучение интрузий основного состава на площади восточного обрамления Тунгусской синеклизы было проведено в работах М.Д. Томшина и С.Г. Убинина [Томшин и др., 2001; Убинин и др., 2001 ф].

Обобщенная информация по базитовому магматизму района приведена в отчете по объекту Подтрапповый [Салихов, 2008 ф].

1.3.3. Тектоника

В современном структурном плане Сибирской платформы территория района работ расположена в зоне сочленения северо-восточного борта Тунгусской синеклизы с юго-западным склоном Анабарской антеклизы. Граница между этими структурами проводится весьма условно. В пределах зоны сочленения выделяются два структурных этажа, различных по своему строению и времени формирования: кристаллический фундамент и перекрывающий его платформенный осадочный чехол (рис. 5).

Глубина залегания кристаллического фундамента в районе работ, по данным региональных геофизических исследований, составляет 2,0-3,6 км, что подтверждено бурением в районе пос. Айхал параметрической скважины (№ 706), вскрывшей породы фундамента – лейкократовые и меланократовые гнейсы на глубине 3093 м.

Слагающие фундамент породы входят в анабарский гранулитовый комплекс, представленный далдынской, верхнеанабарской и хапчанской сериями архея. Выделяемые серии определены по ксенолитам из кимберлитовых трубок

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

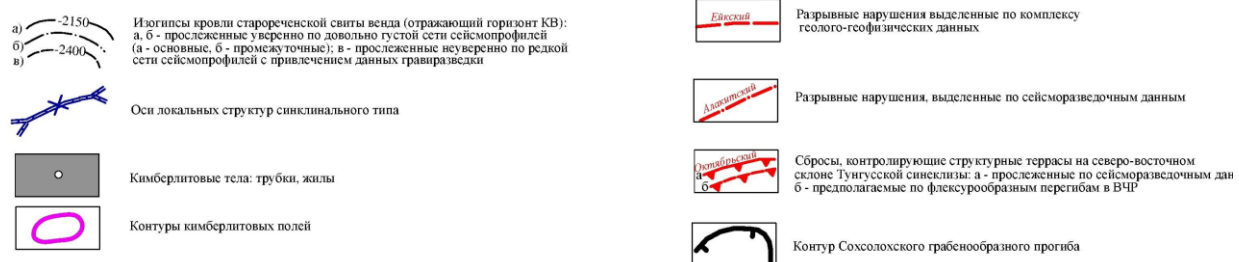


Рис. 5. Структурно-тектоническая схема Алакит-Мархинского кимберлитового поля

На основании интерпретации морфологических особенностей геофизических полей в фундаменте выделяется целый ряд разновозрастных глубинных разломов, обусловивших его блоковое строение. Глубинные разломы субмеридиональной ориентировки [Потуроев, 1977 ф] позднеархейского заложения активизировались в постраннепротерозойское время. Глубинные разломы раннепротерозойского заложения, являющиеся краевыми разломами шовных зон, трассируются в известные субмеридиональные шовные зоны Анабарского массива [Христич, 1971 ф].

Субширотная система глубинных разломов рифейского заложения прослеживается по всей территории Далдыно-Алакитского района. По разломам фиксируются смещения сдвигового и сбросо-сдвигового характера. Субширотная система разломов активизировалась в девон-карбоновое и постраннемезозойское время.

Сейсморазведкой [Подмогов, 1985 ф, 1986 ф, 1987 ф] установлены разломы субширотного, северо-западного и северо-восточного простирания, возраст заложения которых датируется поздним протерозоем [Герасимчук, 1988 ф]. Разломы северо-восточного простирания группируются в Далдыно-Оленекскую зону, включающую в себя Алакит-Мархинское поле.

В настоящее время, при крупномасштабном прогнозировании, проявления кимберлитового магматизма в районе рассматриваются в непосредственной связи с Далдыно-Оленекской зоной глубинных разломов северо-восточного простирания. На практике пространственное расположение уже выявленных кимберлитовых диатрем и их группировка в кусты свидетельствуют о более сложной сети разрывных нарушений фундамента (структурной «раме» рудного поля).

В строении осадочного чехла платформы, в пределах района работ, выделяются два структурных яруса: венд-нижнепалеозойский и верхнепалеозойский-нижнемезозойский, разделенные продолжительным перерывом в осадконакоплении и с характерными для каждого формациями.

Венд-нижнепалеозойский структурный ярус сложен карбонатной толщей отложений венда, кембрия, ордовика и силура, залегающих моноклинально с падением на юго-запад под углом до 1° . Моноклинальное залегание нарушается мелкими пологими брахискладками и рядом поднятий девон-карбонового этапа развития. Амплитуда колебаний рельефа поверхности нижнепалеозойского яруса 60-80 м.

По результатам сейсморазведочных и электроразведочных работ в нижнем структурном ярусе осадочного чехла выявлены разрывные нарушения девон-карбоновой активизации (Северо-восточный, Алакитский, Байтахский, Чукукский и другие разломы), протяженностью до нескольких десятков километров [Подмогов, 1988 ф]. Предполагается, что все эти нарушения носят унаследованный характер, являясь отражением позднепротерозойских разломов, и имеют сбросовый характер с амплитудой смещения 20-50 м. В карбонатной толще нижнего структурного яруса разломы представляют собой зоны повышенной трещиноватости и дробления, имеют сложное строение и проявляются по нескольким сейсмическим горизонтам.

Верхнепалеозойский-нижнемезозойский структурный ярус образован терригенными отложениями каменноугольно-пермского возраста, которые залегают на размытой поверхности нижнепалеозойского карбонатного цоколя, вулканогенно-осадочными образованиями позднепермского - раннетриасового возраста и породами трапповой формации. Современный структурный план платформенного чехла во многом определяется интрузивными телами пород трапповой формации, внедрившимися в позднепермское-раннетриасовое время. Площадное распространение пластовых интрузий сопровождается многочисленными дизъюнктивными и пликативными нарушениями, отторжением и перемещением крупных блоков как терригенных, так и карбонатных пород осадочного чехла.

Кимберлитовые тела Алакит-Мархинского поля, по данным региональных геофизических исследований, находятся в пределах Сохсолохского

грабенообразного прогиба и контролируются зонами разломов субширотного и северо-восточного простирания. Амплитуда прогиба достигает 250 м, в региональном гравитационном поле ему соответствует понижение значений силы тяжести от -22 до -30 мГал. Внутреннее строение Сохсолохского прогиба отличается от строения прилегающих структурных блоков преимущественным развитием пликативных и разрывных дислокаций северо-восточного простирания. Большая часть кимберлитовых тел приурочена к северо-восточному воздыманию прогиба, располагаясь на склонах сложнопостроенных локальных депрессий – Айхальской, Центральной и Алакитской. Цепочки кимберлитовых тел, как и большинство самих тел, вытянуты в северо-восточном направлении, тяготея к разрывным нарушениям того же плана.

1.3.4. Полезные ископаемые

Основными полезными ископаемыми в районе работ, представляющими практический интерес, являются алмазы и строительные материалы. Другие полезные ископаемые (поделочные и облицовочные камни) практической ценности не имеют.

Алмазы

В пределах Алакит-Мархинского кимберлитового поля, к настоящему времени, выявлено 66 кимберлитовых трубок и даек, более десятка кимберлитовых жил и 4 отторгнутых и перемещенных по латерали интрузиями долеритов кимберлитовых тела. Большинство из них характеризуется низким содержанием алмазов.

Коренными месторождениями алмазов являются кимберлитовые трубки Айхал, Юбилейная, Заря, Комсомольская, Краснопресненская и Сытыканская. Повышенные содержания алмазов отмечены в трубках Одинцова и Радиоволновая. В настоящее время Айхальским ГОКом разрабатываются трубки

Айхал и Юбилейная, в апреле 2001 года закончена отработка тр. Сытыканская, а в мае 2019 – тр. Комсомольская.

Россыпные проявления алмазов были открыты в 60-х годах 20 столетия в бассейнах рр. Сохсолох и Марха. Приурочены они к элювиально-делювиальным и аллювиальным образованиям четвертичного возраста. Россыпи с промышленным содержанием алмазов были сосредоточены вблизи трубки Айхал, где ранее были выявлены и разведаны законтурная делювиальная россыпь трубки Айхал и долинная россыпь руч. Мелкоильменитового. К настоящему времени указанные россыпи полностью отработаны промышленностью.

Других россыпных месторождений алмазов промышленного значения не установлено. Отмечаются лишь единичные находки алмазов в терригенных породах каменноугольно-пермского возраста (преимущественно в базальных горизонтах), а также в отложениях древних террас и аллювии современных водотоков.

Строительные материалы

В качестве сырья для производства строительных материалов в районе работ используются породы различного состава, генезиса и возраста: карбонатные породы нижнего палеозоя (известняки), пески и песчано-гравийные смеси каменноугольно-пермского возраста, изверженные породы трапповой формации (долериты) и вулканогенные образования (туфы). Подробные сведения о месторождениях строительных материалов приведены в отчетах Амакинской экспедиции [Шигимага, 1982 ф, 1983 ф; Гуйнов, 1985 ф, 2001 ф, 2003 ф; Черноус, 1985 ф, 1986 ф, 1989 ф, 1991 ф, 1995 ф].

Бурые угли

В 40 км к северо-западу от пос. Айхал на ручье Чёрный Ключ находится единственное в этом районе месторождение бурых углей «Чёрное», запасы по

которому утверждены в ТКЗ ЯАССР в 1963 году по категориям В и С1 и составляют 1,5 млн. тонн. Горнотехнические условия позволяют разрабатывать месторождение только подземным способом. Месторождение не разрабатывается.

Проявления бурых углей встречаются и на других участках, но из-за незначительной мощности пластов, практического интереса они не представляют.

Поделочные камни и облицовочные материалы

В качестве поделочных камней могут использоваться плотные, свежие разновидности кимберлитовых пород. В качестве облицовочных материалов могут также использоваться долериты и метасоматически измененные известняки силура. Однако целенаправленного изучения этих пород на предмет их использования в указанных целях до настоящего времени не производилось.

Для ювелирной промышленности могут использоваться индикаторные минералы кимберлита (пироп, хризолит) из некоторых разведанных кимберлитовых тел, расположенных за пределами района работ.

Содержания пиропов и хризолитов, пригодных для использования в качестве ювелирного сырья, в кимберлитовых трубках района незначительны. В россыпях района работ ИМК, пригодные для использования в ювелирной промышленности, практически отсутствуют.

Выводы по главе 1.

Описанная территория данной части Сибирской платформы обладает рядом структурно-тектонических факторов, благоприятных для проникновения кимберлитовой магмы в земную кору и образования месторождений алмазов.

2. СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ПРОГНОЗА КОРЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛМАЗОВ

Кимберлитовые образования АМКП и всего Далдыно-Алакитского алмазоносного района (ДААР) связаны со структурами фундамента и платформенного чехла, формировавшимися в палеозое. В региональном плане площадь располагается в переходной зоне между положительными и отрицательными структурами I порядка Сибирской платформы – Анабарской антеклизой и Тунгусской синеклизой.

Кимберлитовые тела Алакит-Мархинского поля находятся в пределах Сохсолохского грабенообразного прогиба секторного типа. Сохсолохский прогиб формировался по разломам субширотного и северо-восточного направлений (Безымянный, Чукукский и Мерчимденский), сходящимися к северо-востоку. Ось грабена ориентирована ортогонально простиранию региональных структур фундамента. В гравитационном поле грабену соответствует, отвечающий по морфологии минимум. Относительное понижение интенсивности гравитационного поля обусловлено, вероятно, не только прогибанием кровли кристаллического основания, но и разуплотнением пород фундамента на глубинных уровнях его залегания, что может быть связано с очагом проявления кимберлитового магматизма. С кимберлитовыми проявлениями могло быть связано или могло им предшествовать интенсивное развитие мелких дислокаций (разрывных и пликативных) в пределах грабена.

К региональным факторам контроля кимберлитового магматизма на Сибирской платформе относится Далдыно-Оленёкская зона глубинных разломов, с которой связывается формирование Далдынского, Алакит-Мархинского и ряда других кимберлитовых полей (рис. 6). Основываясь на результатах геофизических работ, можно говорить о непрерывной полосе (или зоне) глубинных разломов, прослеживающейся через кимберлитовые поля от Далдыно-Алакитского района через Верхне-Мунский, до Средне-Оленёкского.

Ширина зоны находится в пределах 80-90 км. Простираение её изменяется от 55°-60° на ю-з до 45°-50° на с-в.

Отмечено также отсутствие пространственно-генетической связи Далдыно-Оленёкской зоны глубинных разломов с вещественными комплексами или морфоструктурными элементами фундамента и платформенного чехла.

В пределах исследуемой территории выделена серия разрывных нарушений северо-восточного простираения. Разрывные нарушения картируются как в пределах кимберлитового поля, так и вне контуров распространения кимберлитовых тел, не укладываясь в зону определённой ширины (80 - 90 км). Среди разломов северо-восточного плана, прослеживаемых через всю площадь, по ряду отличительных признаков выделяются Ейский и Чукукский. Оба разлома проявлены в региональных геофизических полях, в зонах их влияния наблюдаются дугообразные загибы дайковых интрузий долеритов и изменение их простираений на ортогональное. Отчётливо проявлены также изменения структурных планов фундамента и платформенного чехла в блоках, разделённых названными выше разломами, а, кроме того, все выделенные на данный период времени кимберлитовые тела АМКП не выходят за пределы блока, ограниченного Ейским и Чукукским разломами.

Структурная позиция куста, цепочки или одиночно стоящего кимберлитового тела в пределах поля неоднозначна и весьма разнообразна. Вместе с тем отмечается ряд закономерностей, которые позволяют выделить отдельные факторы структурного контроля.

2.1. Пликативные структуры

В ходе исследований выполнены измерения расстояний между 60-ю кимберлитовыми телами (60 тел) и более 200 тектоническими нарушениями. Статистический анализ показывает, что кимберлитовые тела в АМКП размещаются на расстоянии ~ 2700 м от узлов пересечений пликативных структур (рис. 7). При этом от осей синформ (депрессий) они находятся в среднем на расстоянии 786 м и на 2130 м от осей антиформ (поднятий). То есть

тела к осям синформ располагаются, ориентировочно, в три раза ближе, чем к осям антиформ (рис. 8). Тектонофизически, объясняется это тем, что именно в отрицательных формах обеспечиваются благоприятные условия для локализации кимберлитов /Салихов, Иванов 2017/.

В синформных структурах поля тектонических напряжений распределены так, что в килевой части создается область растяжения, а в приповерхностной части – сжатия /Гзовский, 1963/, что благоприятствует быстрой транспортировке кимберлитового расплава-флюида в верхние горизонты платформенного чехла и обеспечивает сохранность алмазов в расплаве. Господствующее в верхней части разреза сжатие, с другой стороны, препятствует преждевременной потере расплавом летучих компонентов вследствие дегазации, и связанной с этим «мгновенной» кристаллизацией магмы на недоступных глубинах. Это обеспечивает замкнутость системы на период, необходимый для накопления энергии для формирования в последующем собственно кимберлитовой трубки взрыва.

Наблюдаемая приуроченность части кимберлитовых тел к бортам поднятий определяется особенностями процесса трещинообразования при формировании складок поперечного изгиба, к которым и относятся крупные пликативные дислокации платформенного чехла. Область крыла складки поперечного изгиба является местом с наибольшим снижением всестороннего давления и максимальным числом разрывов (рис. 9).

Это обеспечивает условия для формирования преимущественно тел жильной формы таких, как тр. Айхал (рис. 10).

Учитывая специфику формы тела тр. Айхал – дайковидное, с коэффициентом удлинения (длинная ось к короткой) 8.5, можно предположить, что в подобных аналогичных структурных обстановках, а именно – в месте перегиба крыла из синформы в антиформу или в антиклинальной его части, скорее всего, мы будем иметь дело с линейно вытянутыми телами кимберлитов.

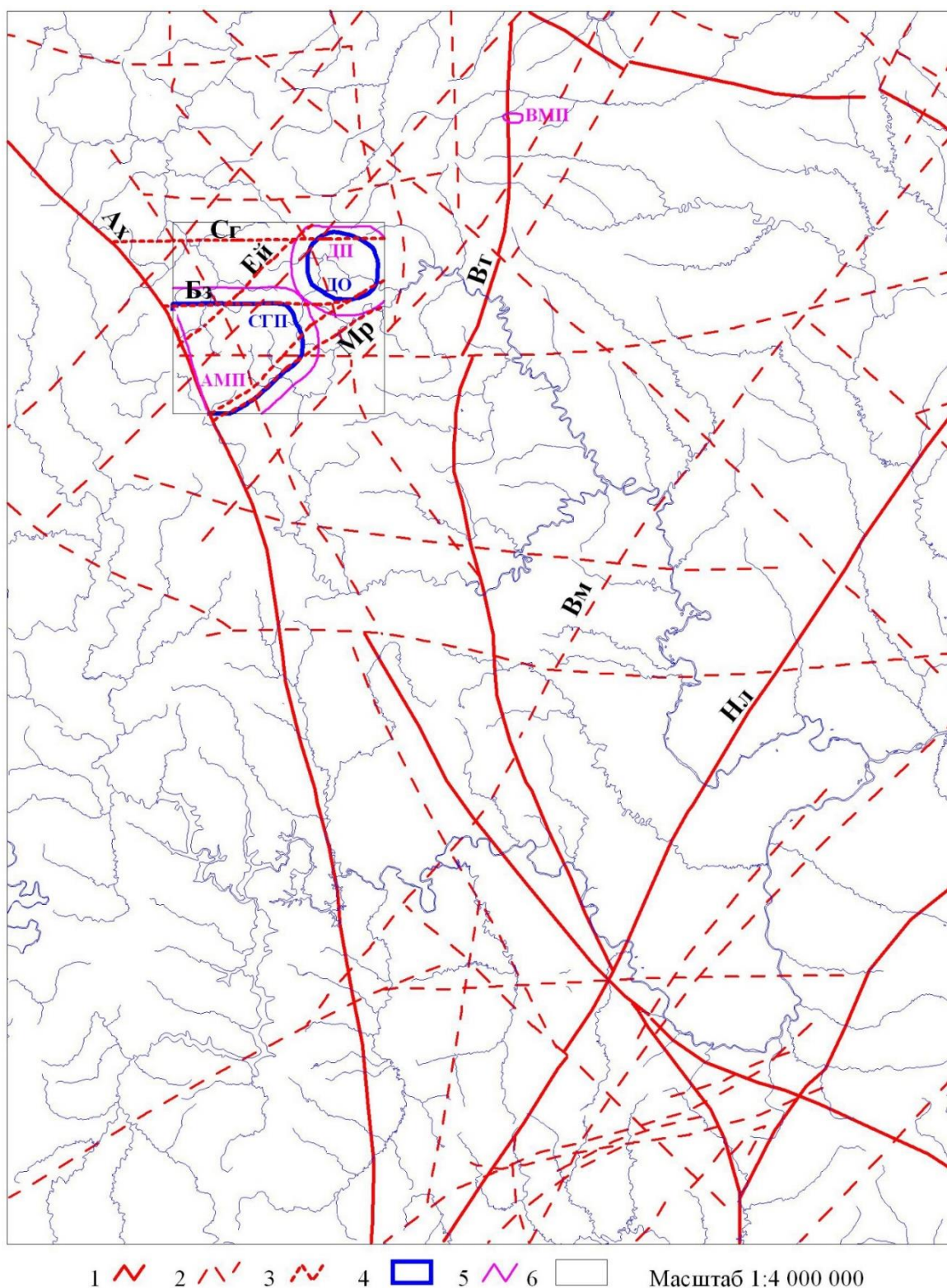


Рис. 6. Положение ДААР относительно региональных глубинных разломов /по Мокшанцеву, 1975/: 1 и 2 – региональных глубинные главные и второстепенные: Ах – Ахтарандинский, Вг – Верхне-Тюнгский, Нл – Нюйско-Линденский, Вм – Вилуйско-Мархинский. 3 – региональные разломы второстепенные на площади объекта: Сг – Сугунахский, Ей – Ейский, Бз – Безымянный, Мр – Мерчимдемский. 4 – региональные пликативные структуры: СГП – Сохолохский грабенообразный прогиб, ДО – Далдынская область мелких дислокаций. 5 – Кимберлитовые поля: АМП – Алакит-Мархинское, ДП – Далдынское, ВМП – Верхне-Мунское. 6 – ДААР

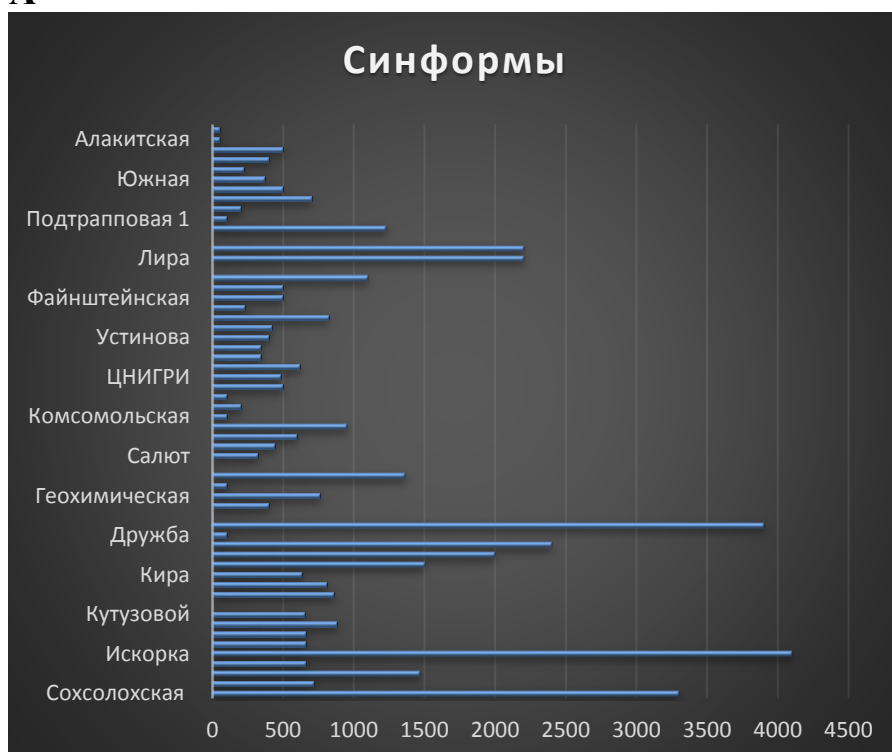


Параметры распределения, м:

Мин значение	0
Макс значение	12000
Среднее значение	2700

Рис. 7. Диаграмма распределения расстояний от кимберлитовых тел АМКП до узлов пересечения пликативных структур

А



Параметры распределения, м:

Мин значение	0
Макс значение	4100
Среднее значение	786

Б



Рис. 8. Диаграммы распределения расстояний от кимберлитовых тел АМКП до осей синформ (А) и антиформ (Б)

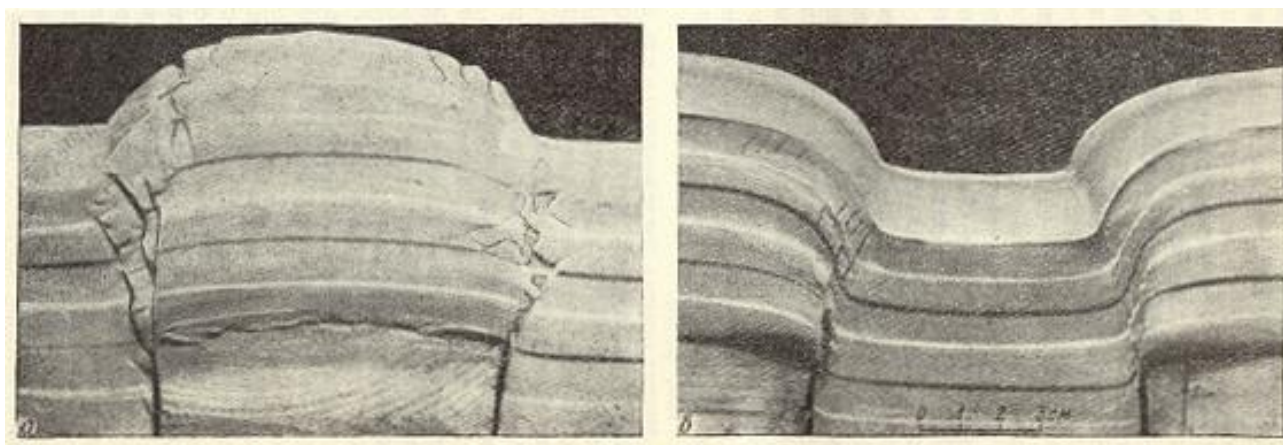


Рис. 9. Модели антиклинали (а) и синклинали (б) поперечного изгиба /по Гзовскому, 1963/

При общей выраженности контроля синформами кимберлитовые трубки, а особенно промышленные месторождения, вместе с тем, избегают их наиболее погруженных килевых частей или мульдообразных переуглублений. Трубка Юбилейная локализована на малоамплитудном «антиформном» перегибе осевой линии Центральной депрессии (рис. 11). В целом, ундуляции шарниров

синформных структур можно рассматривать, как результат наложения складчатых деформаций другого, ортогонального плана, обусловленного влиянием разломов фундамента северо-западной ориентировки. С этой точки зрения, положение указанных промышленных месторождений определяется узлами перекрестной складчатости. То есть в целом, можно говорить о контроле промышленных алмазоносных коренных объектов поперечными малоамплитудными осложнениями противоположного для основной пликативной структуры знака /Салихов, Иванов 2017/.

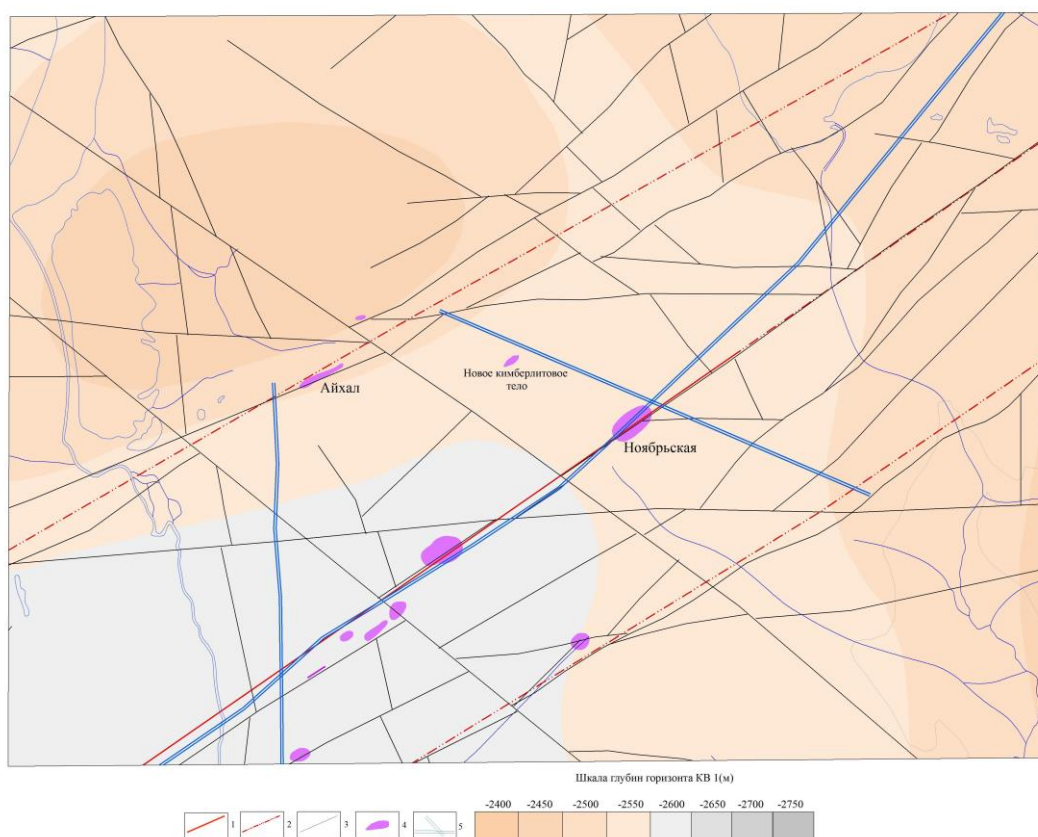


Рис. 10. Положение кимберлитовой трубки Айхал, Ноябрьская и нового тела в районе тр. Айхал относительно региональных пликативных и дизъюнктивных нарушений (2022 г, Иванов Д.В. по м-лам ВГРЭ): 1 – Осевые зоны рудовмещающих разломов (установленные); 2 – То же, предполагаемые; 3 – разрывные нарушения по геолого-геофизическим данным; 4 – кимберлитовые тела; 5 – оси структур синклиналичного типа (депрессий) и осложняющих поперечных пликативных дислокаций.

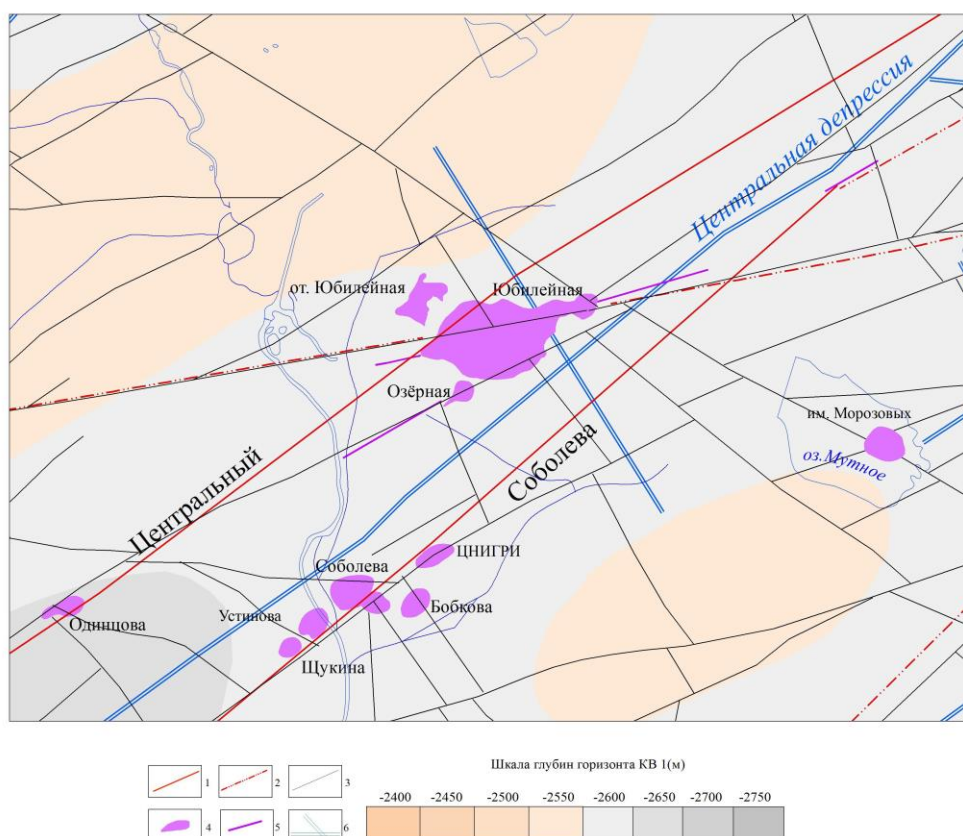


Рис. 11. Структурное положение тр. Юбилейная (составил Иванов Д.В. по материалам ВГРЭ): 1 – Осевые зоны рудовмещающих разломов (установленные); 2 – Осевые зоны рудовмещающих разломов (предполагаемые); 3 – разрывные нарушения, выделяемые по геолого-геофизическим данным; 4 – кимберлитовые тела; 5 – жилы; 6 – оси структур синклинального типа (депрессий) и осложняющих поперечных пликтивных дислокаций.

2.2. Разрывные нарушения

Значительная часть кимберлитовых тел приурочена к узлам пересечений кимберлитовмещающих тектонических нарушений Далдыно-Оленекской зоны глубинных разломов с-в ориентировки с разломами с-з и субширотного направлений, т.е. к участкам с наибольшей проницаемостью земной коры. Вместе с тем результаты статистической обработки показывают преимущественное размещение кимберлитовых тел не в самих региональных разломах, а в оперяющих нарушениях более низких порядков или же зонах трещиноватости на расстоянии ~310 м от осевой части регионального разлома (рис. 12). Этот парадокс объяснить легко, если вспомнить, что кимберлитовые

тела (а особенно месторождения алмазов) являются специфическим геологическим объектом – трубкой взрыва. Чтобы взрыв произошел и образовалась трубка, необходимо замкнутое, закрытое с дневной поверхности пространство.

Иными словами, кимберлитовый расплав должен для сохранности алмазов как можно скорее достичь поверхности земли и поэтому разломы в фундаменте и нижней части чехла должны быть хорошо проявлены и открыты для быстрого транспорта расплава. А с другой стороны, для того чтобы сформировалась трубка взрыва, расплав должен угодить в структурную ловушку, в которой на дневной поверхности должен находить блок слабо или незатронутых разрывными деформациями пород.

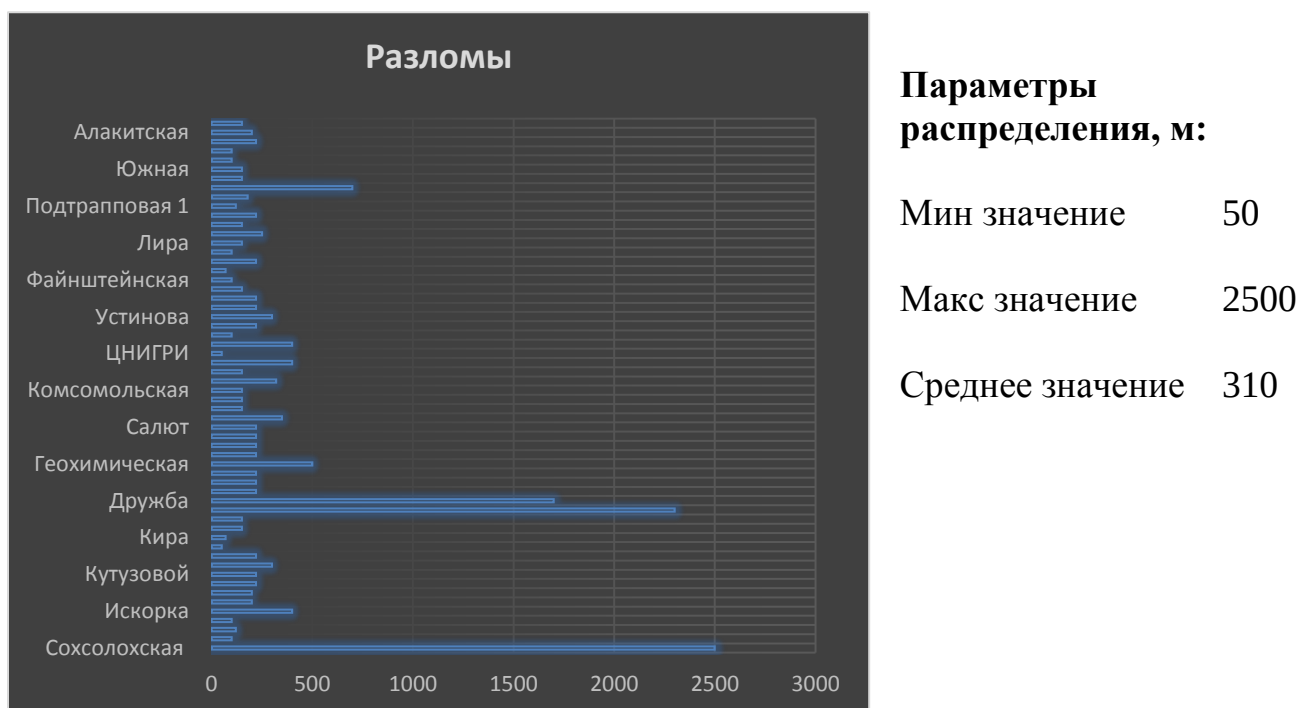


Рис. 12. Гистограммы распределения расстояний до региональных разломов для кимберлитовых тел АМКП

Выводы к главе 2.

Подтверждением предположения о приуроченности кимберлитовых тел к поперечным малоамплитудным осложнениям противоположного для основной

пликативной структуры знака и к узлам пересечений кимберлитовмещающих зон Далдыно-Оленекской зоны глубинных разломов с-в ориентировки с разломами с-з и субширотного направлений является пространственное размещение ранее открытых (30 Лет Айхала, Байтахская, Ноябрьская – рис. 13 и 10), а также недавно обнаруженных кимберлитовой трубки имени Морозовых на оз. Мутное (рис. 14), тела Январское (рис. 15) и нового тела в районе тр. Айхал (рис. 10). Данные диатремы локализованы в районе «антиформных» поднятий осевых линий депрессии в узлах пересечения оперяющих нарушений региональных разломов северо-восточного, северо-западного и субширотного простирания, что доказывает первое защищаемое положение:

Дополнительными структурно-тектоническими критериями локального прогноза коренных месторождений алмазов в пределах Алакит-Мархинского кимберлитового поля (АМКП), помимо узлов пересечения Далдыно-Оленекской зоны глубинных разломов с тектоническими нарушениями северо-западного, субширотного и субмеридионального направлений, являются малоамплитудные депрессии, осложненные антиформами, которые контролируют размещение всех вновь выявленных кимберлитовых трубок.

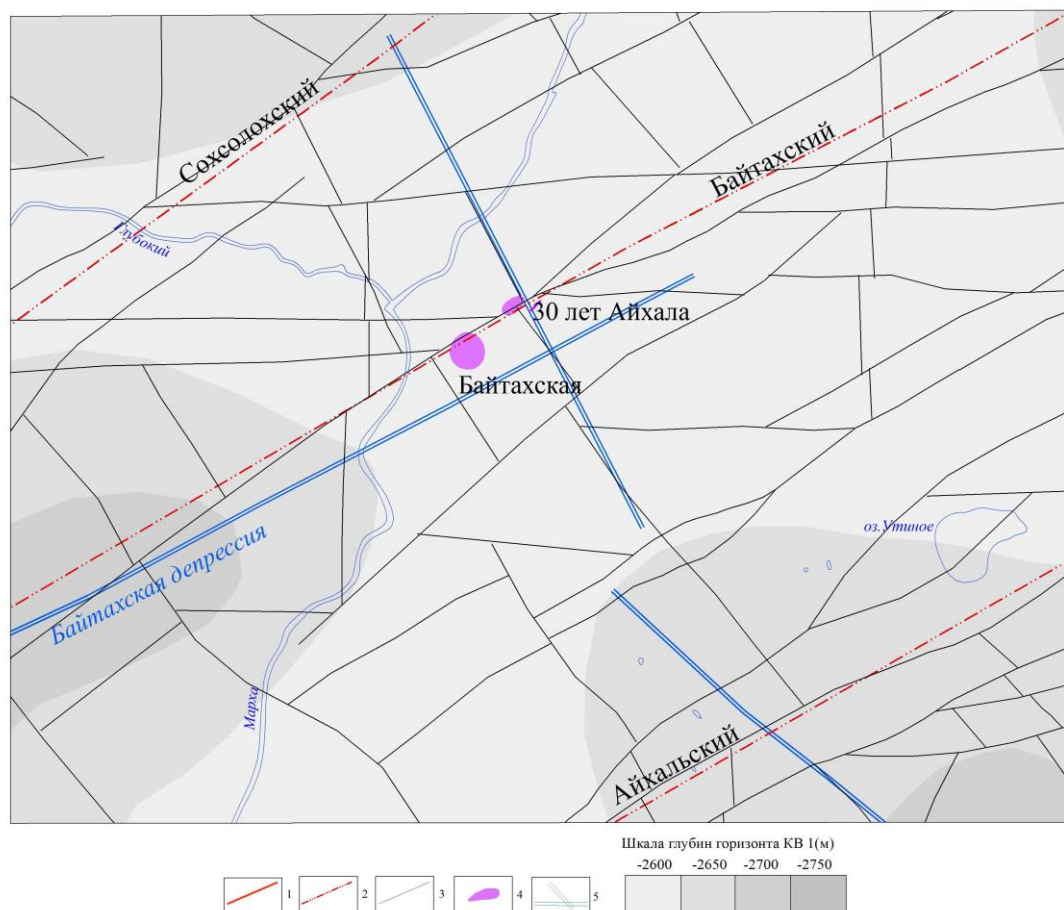


Рис. 13. Структурное положение тр. 30 лет Айхала и Байтахская (составил Иванов Д.В. по м-лам ВГРЭ): 1 – Осевые зоны рудовмещающих разломов (установленные); 2 – Осевые зоны рудовмещающих разломов (предполагаемые); 3 – разрывные нарушения по геолого-геофизическим данным; 4 – кимберлитовые тела; 5 – оси структур синклинального типа (депрессий) и поперечных пликтивных дислокаций.

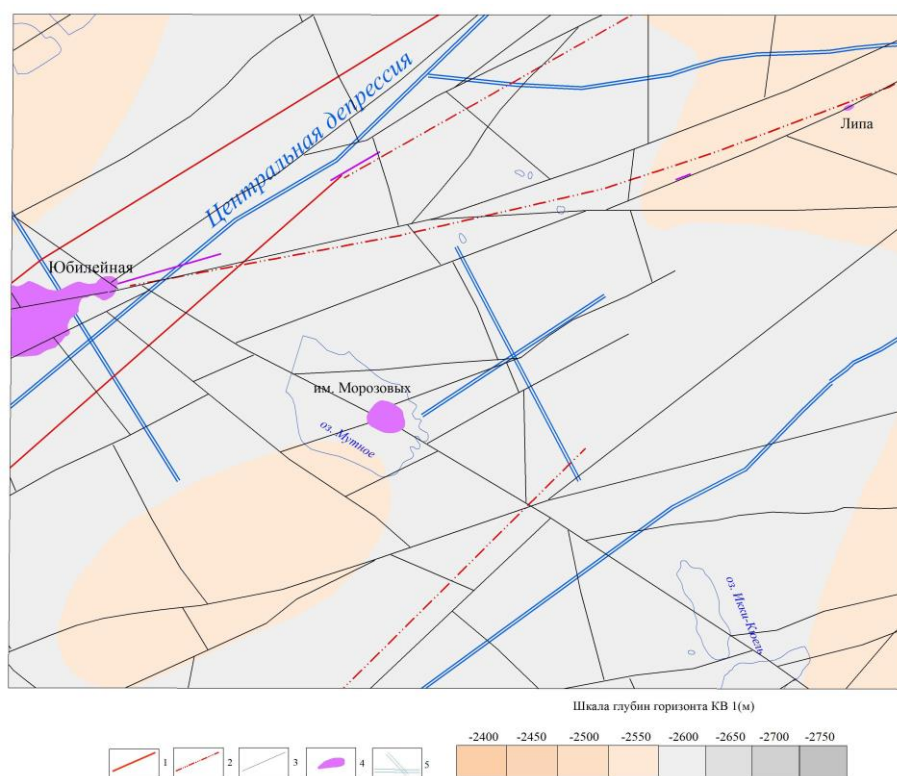


Рис. 14. Структурное положение тр. Морозовых (2021г, Иванов Д.В. по м-лам ВГРЭ): 1 - Осевые зоны рудовмещающих разломов (установленные); 2 - Осевые зоны рудовмещающих разломов (предполагаемые); 3 - разрывные нарушения, выделяемые по геолого-геофизическим данным; 4 – кимберлитовые тела; 5 – оси структур синклинального типа (депрессий) и осложняющих поперечных пликтивных дислокаций.



Рис. 15. Структурное положение тр. Комсомольская, Чукокская и тел Январское, Структурное (составил Иванов Д.В. по м-лам ВГРЭ): 1 – Осевые зоны рудовмещающих разломов (установленные); 2 – Осевые зоны рудовмещающих разломов (предполагаемые); 3 - разрывные нарушения по геолого-геофизическим данным; 4 – кимберлитовые тела; 5 – оси структур синклинального типа (депрессий) и поперечных пликтивных дислокаций.

3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ПОИСКОВЫХ РАБОТ

Применение отдельных геофизических или геологических методов поисков погребенных кимберлитовых тел зачастую оказывается недостаточно эффективным, что вызывает необходимость их комплексирования. В этих условиях поиски коренных месторождений алмазов на данной территории осуществляются комплексом геолого-геофизических методов, принятых в практике проведения поисковых работ на алмазы в Западной Якутии.

В этот комплекс входят: аэрогеофизические работы; наземные геофизические исследования (гравиразведка и электроразведка ЗМПП); скважинные геофизические исследования (ГИС, РВГИ); поисковые маршрутные исследования со шлиховым, мелко- и крупнообъемным опробованием; поисковые работы, включающие бурение скважин, ГИС и опробование по сети скважин 1000х500 м, 500х500 м, 500х250 м, 250х250 м, 250х125 м и детальнее; заверка всех выявленных в процессе работ кимберлитоперспективных аномалий. По результатам работ составляются карты геофизических полей, структурно-тектонические карты, геологические карты, геолого-геофизические разрезы, на основании комплексного анализа которых оцениваются перспективы территории на коренную алмазоносность, подсчитываются прогнозные ресурсы по категориям P_3 , P_2 и P_1 (в случае обнаружения кимберлитовых тел).

3.1. Геофизические методы

3.1.1. Аэрогеофизические исследования

Аэромагнитная съёмка масштаба 1:10 000

Целевым назначением аэромагнитной съемки является получение высокоточной основы аномального магнитного поля на изучаемой площади, используемой для решения структурно-картировочных задач, массовой

разбраковки ранее выделенных аэромагнитных аномалий и аномальных точек, попутного выделения аномалий трубчатого типа на участках отсутствия пород трапповой формации с их последующей детализацией.

Аэромагнитная съёмка выполняется с соблюдением технических и методических условий проведения аэромагнитных работ масштаба 1:10 000 в соответствии с действующими инструкциями по магниторазведке /Инструкция..., 1981/.

Съёмка выполняется на самолёте Ан-2 с использованием квантового аэромагнитометра AeroMaster – VN. Магниточувствительный блок (датчик SC-2) расположен в выпускной гондоле на трос-кабеле длиной 40 м, чувствительность - 0,001 нТл, дискретность измерений - 10 изм/сек.

Измерения модуля полного вектора индукции магнитного поля регистрируется в цифровой форме на жёстком диске бортового компьютера и синхронизируется с другими измеряемыми параметрами.

Для текущего контроля высоты полёта и соблюдения требований технического задания по высотной привязке результатов измерений используется радиолокационный высотомер Terra-3500 с погрешностью измерений 5-7 м для базовых высот съёмки, цикл 10 изм/сек.

Вожделение съёмочного самолета по заданному курсу, сбор информации по всем каналам осуществляется с помощью программно-аппаратного комплекса «Лощман».

Для наблюдения магнитных вариаций Земли используются магнитовариационная станция (MBC) BaseMag – VN - 2000, синхронизированная по GPS-времени с аэромагнитометром самолёта.

Все бортовые данные в процессе съёмочного полёта записываются на жёсткий диск бортового компьютера и после съёмки сразу же передаются для оперативного контроля качества первичных данных и обработки на полевой обрабатывающий комплекс, который включает в себя IBM-совместимый компьютер, оснащённый устройством записи-чтения CD-R-дисков, USB-флеш-

диском. В качестве базового программного обеспечения используется пакет программ GEOSOFT (Канада).

Ежегодно перед началом полевых работ аэромагнитометр проходит метрологическую поверку в Институте метрологии им. Д.И. Менделеева г. Санкт – Петербург.

Съёмочные полёты производятся по системе параллельных маршрутов с обтеканием генеральных форм рельефа. Направление маршрутов меридиональное (0° - 180°), межмаршрутные расстояния 100 м. Длина съёмочных маршрутов от 20 км до 119 км. Высота полёта самолёта 100 м. Средняя скорость самолёта на маршрутах 160 км/час, интервалы между точками измерений составляют 4.44 м.

Для внутренней увязки магнитного поля используется сеть опорных маршрутов, пройденных через 2 км на рабочей высоте съёмки под углом близким 90° к рядовым маршрутам. Для определения точности съёмки пройдены диагонально-секущие маршруты.

Контроль за качеством полевого материала проводился с использованием программы контроля качества – QC пакета Geosoft с составлением карты контроля качества, прилагаемой к актам приёмки полевых материалов.

Обработка и интерпретация материалов аэромагнитной съёмки

По результатам обработки материалов аэромагнитной съёмки масштаба 1:10 000 строятся следующие карты:

- Карта изолиний аномального магнитного поля (ΔT), масштаб 1:50 000
- Карта локальной составляющей магнитного поля (ΔT), масштаб 1:50 000
- Схема расположения маршрутов аэромагнитной съёмки, масштаб 1:50 000
- Сводная карта изолиний аномального магнитного поля (ΔT), масштаб 1:200 000
- Сводная карта локальной составляющей магнитного поля (ΔT), масштаб 1:200 000

Комплексная интерпретация материалов АМС-10, гравиразведки и сейсморазведки проводится для решения следующих задач:

1. Выделение локальных магнитных аномалий, перспективных на обнаружение кимберлитовых тел, анализ и разбраковка старых аномалий.
2. Картирование структурно-вещественных комплексов (СВК), слагающих верхнюю часть фундамента и составление геолого-геофизической модели строения верхней части разреза кристаллического фундамента.
3. Картирование магматических образований, инъецирующих кристаллический фундамент и осадочный чехол.
4. Картирование разрывных нарушений и составление структурно-тектонической карты осадочного чехла.

Для решения этих задач используются интегрированные компьютерные системы интерпретации Geosoft, Sigma 3D, Coscad 3D, Magint 2D, Singular2D, Pipe, WinLessa, GM-SYS, наиболее адаптированные при решении задач классификационного и статистического районирования территории, картирования тектоники, магматизма, выявления локальных объектов и моделирования.

В процессе интерпретации дополнительно привлекаются карты аномального магнитного поля масштаба 1:200 000, данные гравиметрических съёмок масштаба 1:200 000, 1:50 000, сейсморазведки, результаты предшествующих аэромагнитных съёмок, сведения по выявленным локальным аномалиям и результатам их заверки, сведения о физических свойствах горных пород района. Также учитываются результаты тематических работ предшественников, занимавшихся структурно-тектоническим районированием и прогнозом коренной алмазности территории района.

Основными исходными материалами, используемыми при интерпретации, являются материалы проведённой аэромагнитной съёмки масштаба 1:10 000 – карты изолиний аномального магнитного поля, локальной составляющей магнитного поля в графиках и изолиниях, результаты детализации

аэромагнитных аномалий наземной магнитной съёмкой, а также карты различного рода трансформаций аномального магнитного поля: карты горизонтальных градиентов по различным направлениям, карты, полученные в результате разделения поля на частотные составляющие, карты классов. Для выявления закономерностей регионального плана и прослеживания структур на глубину анализируются не только исходные поля, но и их отдельные составляющие, выделенные методом спектрального анализа с использованием двумерного преобразования Фурье. Это позволяет получить дополнительную информацию об изменении характера структуры поля с глубиной и уточнить особенности глубинного строения территории на основе анализа соответствующих погоризонтных срезов.

3.1.2. Наземные геофизические исследования

Целевым назначением наземных геофизических исследований является картирование кимберлитовмещающих тектонических зон разломов, выявление аномалий, перспективных на обнаружение коренных месторождений алмазов.

3.1.2.1. Гравиразведка

Площадные гравиметрические работы масштаба 1:25 000

Гравиметрические исследования проводятся по предварительно подготовленной сети пунктов наблюдений 200×50 м с использованием гравиметров Scintrex модели AUTOGRAV CG5 №№ 40967, 40969 и Lacoste&Romberg модели D №№ 232, 233, 230. Измерения выполняются относительно пунктов наблюдений каркасной (КОС) и заполняющей (ЗОС)

опорных сетей; наблюдения на опорных и рядовой сетях выполняются согласно «Инструкции по гравиразведке».

Опорная сеть создана по двухступенчатой схеме.

Опорные пункты каркасной гравиметрической сети располагаются на вырубленных, либо на естественных площадках размером не менее 50×50 м, закреплены столбами, оформленными по типу временного репера, и отмечены металлическими табличками. На пунктах каркасной опорной сети наблюдения выполняются на уровне грунта, для чего в снегу выкапываются ямы, и, таким образом, наблюдения выполняются на уровне колышка, к которому отнесена высотная отметка пункта. Перемещение приборов между пунктами производится на вертолете МИ-8.

Пункты заполняющей опорной сети располагаются с шагом 400 м на магистралях и совмещены с магистральными пикетами. Значения наблюденного поля силы тяжести на них передается относительно пунктов КОС, как правило, одним - двумя операторами с одним прибором каждый, в двух - трех рейсах, с пешим передвижением между пунктами. Рейсы на заполняющей опорной сети начинаются и заканчиваются на пунктах каркасной опорной гравиметрической сети. Продолжительность рейсов при создании опорной сети достигает 2,5 – 4,0 часов.

Рядовая площадная съемка выполняется по сети 200×50 м, по однократной методике, одним оператором с одним прибором, по предварительно подготовленной сети наблюдений с пешим передвижением. Рядовые рейсы опираются на пункты опорной сети, их продолжительность не превышала 6 – 9 часов.

Для объективной и независимой оценки качества контрольные измерения производятся в средней части гравиметрических звеньев, теоретически являющейся наиболее слабым местом. Дрейф нуль-пункта, как правило, не превышает первых сотых долей мГал за час. Поправки за приливные вариации поля силы тяжести, в соответствии с § 104 «Инструкции по гравиразведке», не

вводятся ввиду их малых значений – в пределах первых мкГал. На пунктах рядовой съемки в зимне-весенне-осеннее время измеряется высота снежного покрова в точке измерения, при обработке значения наблюдаемого поля силы тяжести приводятся к уровню земной поверхности; данная опция предусмотрена в пакете программ Oasis Montaj.

При работе на акватории озер и водохранилищ определяется глубина дна путем бурения скважин ледобуром в точке наблюдения и промером с помощью металлической мерной ленты, поправки за влияние слоя воды вводятся на стадии вычисления аномалий Буге, операция также реализуется в пакете программ Oasis Montaj.

Обработка и интерпретация материалов гравиразведочных работ

Первичная обработка полевых гравиметрических материалов включает в себя:

- вычисление наблюдаемых значений силы тяжести на опорных пунктах;
- вычисление наблюдаемых значений силы тяжести на рядовых пунктах;
- учет нормального поля по формуле Гельмерта 1901-1909 гг.;
- введение поправок за высоту и влияние промежуточного слоя;
- вычисление аномалий силы тяжести в редукции Буге.

Все вычисления проводятся с помощью пакета программ «Oasis montaj». Данные гравиметрических рейсов из полевых журналов вводятся в компьютер с клавиатуры, затем вычисляются наблюдаемые значения поля силы тяжести с учетом смещения нуль-пункта по каждому звену рейса. Составляются ведомости наблюдений на опорных сетях и ведомости контрольных наблюдений на рядовой сети, качество получаемого материала постоянно контролируется. До получения координат и высотных отметок геофизических пунктов периодически выполняется построение карты наблюдаемого поля силы тяжести в условных координатах для оперативного выявления грубых «промахов» и возможных

профильных «затяжек». В пакете программ «Oasis montaj» реализуется учет глубины снежного покрова (значения G_n приводятся к дневной поверхности) и учет влияния водного слоя при измерениях на поверхности водоемов.

По мере поступления координат и высотных отметок гравиметрических пунктов формируется каталог, содержащий наименование гравиметрического пункта, его координаты, высоту в Балтийской системе, наблюдаемое значение поля силы тяжести. После этого вычисляются аномальные значения силы тяжести в редукциях Фая и Буге, на первом этапе - без учета влияния рельефа местности, и выполняется построение карт гравитационного поля в электронном виде.

В камеральный период выполняются следующие работы:

- составление цифровых моделей рельефа и гидросети;
- вычисление поправок за влияние рельефа местности;
- определение плотностных характеристик горных пород, плотности промежуточного слоя;
- вычисление аномалий силы тяжести с плотностями промежуточного слоя, равными $2,67 \text{ г/см}^3$ и $2,50 \text{ г/см}^3$, с учетом поправок за влияние рельефа;
- составление каталогов опорных и рядовых гравиметрических пунктов;
- составление карт гравитационного поля в редукции Буге с различными плотностями промежуточного слоя;
- составление карточных каталогов каркасных опорных гравиметрических пунктов.

Вся обработка материалов и построение гравиметрических карт выполняется при помощи пакета программ «Oasis montaj».

Учет поправок за влияние рельефа местности выполняется в пакете программ «Oasis montaj». Для вычисления поправок создаются цифровые модели рельефа местности путем оцифровки топографических карт масштаба 1:25 000 и 1:50 000 в программе «Easy Trace».

3.1.2.2. Электроразведка ЗМПП

Методика полевых электроразведочных работ

Участки электроразведочных работ труднодоступны и сложны для проезда и работы в летнее время, так как большей частью расположены на трапповых плато, осложненных крупноглыбовыми развалами, с врезанными долинами ручьев, что делает проведение работ в летний период практически невозможным. Поэтому работы выполняются в зимний (80% от общего объема исследований) и в весенне-осенний периоды (20%), при наличии снежного покрова.

Электроразведочные работы методом ЗМПП (зондирование методом переходных процессов) проводятся незаземленными совмещенными петлями, с размерами 200×200 м по сети 200×200 м. Выбор совмещенной установки обусловлен тем, что в сложных геологических условиях она характеризуется повышенной чувствительностью к неоднородностям геоэлектрического разреза, стабильным спадом электромагнитного поля, большей глубиной изучения разреза и большей производительностью по отношению к другим модификациям. В процессе геофизических работ применяется цифровая электроразведочная аппаратура «Цикл-7» (изготовитель ООО НПФ Эльта-Гео-2, г. Новосибирск).

Размер установки определяется, исходя из мощности перекрывающих терригенных отложений пермо-карбона и пород трапповой формации, которая в пределах АМКП достигает 100 - 130 метров и более. Из курса индуктивной электроразведки известно, что глубина исследования прямо пропорциональна стороне генераторной петли $L_{гп}$ и составляет $2L_{гп}$ от ее размеров. ($H_{исс.} = 2L_{гп}$). Выбранный шаг съемки с достаточной степенью достоверности позволяет выделять вертикальные неоднородности в разрезе и определять положение границ тектонических зон.

Для приемного и генераторного контуров применялся провод ГПМП с сопротивлением 3 Ом на километр. В качестве источника питания генераторного контура, аппаратуры, компьютера, используются аккумуляторы емкостью 60 – 90 А·час. Весь измерительный блок размещается в салоне вездехода. Для обеспечения стабильного сигнала в приемном контуре, параллельно генераторной петле устанавливается шунт с сопротивлением 300 Ом. Переходный процесс регистрируется на 150-200 задержках с 0,4 микросекунды до 40 миллисекунд. Наблюдения проводятся на 2-х токах с амплитудами 1 А и 20 А, на фиксированных временах с повторными измерениями на каждом токе до полного затухания переходного процесса.

Для оценки качества полевых исследований на всех участках, согласно п. 3.3.8.2.21 инструкции по электроразведке, выполняется контроль в размере 5% от общего объема зондирований с равномерным распределением контрольных зондирований по площади. Работоспособность аппаратуры проверяется ежедневно на эквивалентной петле с записью измерений в компьютер.

Обработка и интерпретация материалов электроразведочных работ ЗМПП

Обработка электроразведочных материалов проходит в несколько этапов. При первичном редактировании полевых данных «сшиваются» значения ЭДС на первом и втором токе и удаляются несколько первых значений ЭДС (как неинформативные вследствие аппаратурных помех и ограничения сигнала).

Далее проводится фильтрация первичных значений графиков ЭДС с помощью пакета программ Подбор (разработка СНИИГГиМС, г. Новосибирск) и поинтервальный расчет проводимости, глубины, удельной проводимости и удельного сопротивления для каждой точки зондирования, устранение влияния явлений вызванной поляризации (программа Reson-M, Жандалинов и др.). Далее, в процессе камеральных работ, нормированные значения ЭДС пересчитывается в трансформации кажущегося сопротивления ρ_t , проводимости

S_t , эффективной глубины $H_{эфф}$, дифференциальной проводимости dS/dH с использованием программного пакета обработки данных ЗСБЗ «МПП» и «Полигон» (разработка СНИИГГиМС, г. Новосибирск).

Определяемые величины носят характер кажущихся или эффективных параметров и отображают истинный геологический разрез с некоторой погрешностью, так как являются сложной функцией удельных сопротивлений пород, мощностей, глубин и условий залегания слоёв и размеров включений геоэлектрического разреза.

На следующем этапе с использованием пакетов программ Surfer и Oasis Montaj отстраиваются геоэлектрические разрезы и срезы кажущегося сопротивления, дифференциальных параметров проводимости от эффективных глубин и времени.

Целью интерпретации данных электроразведки в модификации ЗМПП является:

- выявление локальных вертикальных геоэлектрических неоднородностей обоих знаков, возможно, обусловленных кимберлитовыми телами;
- выделение линейных зон повышенной проводимости, предположительно отвечающих тектоническим нарушениям.

Для разбраковки аномалий, разделения толщи пород, выделения линейных тектонических зон в полях сопротивлений и проводимости по признакам изменения характера поля используются программы Полигон, COSCAD 3D и др.

3.1.3. Геофизические исследования в скважинах

3.1.3.1. ГИС

Геофизические исследования в скважинах проводятся с целью решения следующих задач:

- литолого-стратиграфическое расчленение разрезов скважин;
- корреляция разрезов скважин;
- определение физических свойств горных пород в естественном залегании;
- опосредованное межскважинное пространство с целью выделения магнитных объектов.

Поставленные задачи решаются с помощью поискового комплекса ГИС:

- спектрометрический гамма-каротаж (СГК);
- каротаж магнитной восприимчивости (КМВ);
- скважинная магниторазведка (СМ);
- индукционный каротаж (ИК).

Спектрометрический гамма-каротаж (СГК) выполняется аппаратурой ГКС-У-90, ЦСП-ГК-С-90 с регистрацией радиоактивного излучения ЕРЭ и интегрального излучения (ГК) для литолого-стратиграфического расчленения разрезов скважин.

Каротаж магнитной восприимчивости (КМВ) проводится аппаратурой КМВ-Ц-48 с целью выделения магнитных пород в разрезах скважин.

Скважинная магниторазведка (СМ) выполняется аппаратурой МСП-Г для изучения околоскважинного пространства с целью выявления нескрытых скважинами магнитных тел, которые могут иметь кимберлитовую природу, со 100% контролем (2 записи) для учета короткопериодных вариаций.

Индукционный каротаж (ИК) проводится аппаратурой ИК-42 с целью выявления природы электроразведочных аномалий.

Для контроля стабильности работы каротажной аппаратуры, выбора необходимого диапазона записи и масштабов визуализации в процессе работ используется контрольно-градуировочная скважина (КГС), расположенная в 15 км от п. Айхал (тр. Байтахская). Геофизические исследования комплектом каротажной аппаратуры на КГС проводятся не реже 1 раза в квартал, а также после каждого ремонта приборов.

Для записи кривых каротажа применяются цифровые регистраторы «ГЕКТОР» и «ВУЛКАН», бортовые компьютеры с соответствующим программным обеспечением.

Весь комплекс ГИС выполняется согласно «Технической инструкции по проведению геофизических исследований в скважинах» [Инструкция..., 2001].

Для оценки качества геофизических исследований в скважинах, отбраковки не удовлетворяющих техническим условиям материалов, результаты измерений подвергаются тщательному контролю. В 6,5 % от количества скважин проводятся контрольные измерения другим оператором на другой станции (взаимоконтроль), в каждой скважине с интервалом в 20 м проводятся повторные измерения СГК, КМВ и ИК, скважинная магниторазведка выполняется со 100% контролем для учета короткопериодных вариаций.

Методика интерпретации материалов ГИС

Основными задачами метода спектрометрического гамма-каротажа является литолого-стратиграфическое расчленение и корреляция вскрытых скважинами пород, которые основаны на постоянстве мощностей и физических характеристик реперных пластов, прослеживающихся на большие расстояния. Определение литолого- стратиграфической принадлежности того или иного пласта (пачки) проводится на основе построения сводных геофизических разрезов изучаемых площадей. Сводные геофизические разрезы представляют собой обобщенную геофизическую модель территории, по которой определялась литолого-стратиграфическая обстановка на том или ином участке.

Любое нарушение корреляции геофизических реперов (сходимости кривых ГИС) по отдельным скважинам по сравнению со сводными разрезами свидетельствует о наличии аномальной области в околоскважинном пространстве (зона тектонического нарушения, карстовые образования, близость кимберлитового тела и пр.)

По данным КМВ для сравнительной характеристики пород разреза по магнитным свойствам определяется магнитная восприимчивость (χ). Величина магнитной восприимчивости χ зависит, в основном, от содержания ферромагнитных минералов (магнетит, титаномagnetит и др.) и гидроокислов железа, концентрирующихся в трещиноватых породах карбонатного цоколя, а также входящих в состав цемента перекрывающих терригенных отложений. По данным ИК определяется электропроводность горных пород с выделением зон повышенной проводимости во вмещающих породах, связанных вторичным изменением пород.

Результаты скважинной магниторазведки (СМ) интерпретируются только на качественном уровне. Определяется, является ли аномальной полученная кривая. Так, увеличение значений магнитного поля к забою скважины указывает на то, что магнитный объект находится ниже забоя и необходимо продолжить бурение скважины. Увеличение магнитного поля с определенной глубины, а затем понижение его по амплитуде свидетельствует о наличии «боковой» аномалии СМ. В таких случаях определяется морфология аномального объекта, расположенного в околоскважинном пространстве, оценивается его перспективность на выявление кимберлитового тела и даются рекомендации о дальнейшем изучении аномального объекта.

На основании комплексного анализа материалов ГИС проводится литолого-стратиграфическое расчленение разрезов скважин, выделяются реперные пласты с последующей их корреляцией по профилям, определяются геофизические характеристики пород. Для построения геологических карт и планов по данным ГИС определяются вскрытые остаточные мощности вмещающих отложений сохолохской, сытыканской, кылахской, байтахской и башенной свит ордовик-силурийской системы до кровли отложений олдондинской свиты ордовика (до кровли ГИС-пласта 7), для отражения на литолого-геологических планах палеорельефа поверхности карбонатного

цоколя. Вычисляются суммарные мощности долеритов по скважинам для построения карт изомощностей трапповых интрузий.

Графические приложения оформляются на основе Las – файлов с помощью специализированной программы Log Plot, в программах Adobe Photoshop и Corel DRAW.

3.1.3.2. Радиоволновая геоинтроскопия межскважинного пространства (РВГИ)

Радиоволновая геоинтроскопия (РВГИ) основана на изучении интенсивности поглощения энергии радиоволн породами, расположенными на трассе распространения волны от излучателя к приемнику поля. Анализ совокупности данных, получаемых путем многократного просвечивания объема горных пород радиоволновым полем дипольного источника, позволяет определять электрические свойства пород в естественном залегании и их распределение в изучаемом объеме среды. Породы, обладающие более низкими значениями эффективных сопротивлений ($\rho_{эф}$), характеризуются более высоким поглощением радиоволн.

В методе РВГИ в одну из скважин погружается излучающее устройство, в другую приемное устройство. Измерения РВГИ проводятся веерным (томографическая съемка) или синхронным способом. При веерном способе положение излучателя в одной скважине фиксируются, а в другой скважине, где находится приемник, производятся измерения с заданным шагом по всему рабочему интервалу. Затем излучатель перемещается в следующий пункт, фиксируется в нем, и повторяются измерения по 2-й скважине. На каждой точке измерения в файл записывается величина, пропорциональная осевой компоненте напряженности поля, а на каждой стоянке излучателя - ток на входе излучающей антенны. Это дает возможность после объединения файлов излучателя и

приемника привести все результаты измерений к одному току (одним условиям излучения).

Методика радиоволновых измерений в скважинах определяется поисковой задачей и конкретными геоэлектрическими и технологическими условиями. Методика выбирается по результатам опытных работ на участке и обеспечивает обоснованный выбор:

- рабочей частоты для заданной сети скважин;
- параметров скважинной измерительной установки;
- способа измерений;
- оценку геологических и технических помех.

3.1.4. Петрофизические исследования

Петрофизические работы проводятся с целью обоснования природы выявленных геофизических аномалий. Основным объектом петрофизических (лабораторных) исследований являются аномалеобразующие объекты (АОО), выделенные по результатам геофизических съемок.

Основу лабораторных петрофизических работ составляют коллекции образцов отобранных из керна АОО и кимберлитовых пород.

Лабораторные петрофизические работы осуществляются в два этапа: первичный и детальный. Особенностью первого этапа является то, что он проводится по образцам, не требующих специальной пробоподготовки – керну скважин и сколам: измерения объемной плотности, магнитной восприимчивости. Далее, после распиловки ориентированных штуфов на кубики, проводится этап детализации: измерения векторов естественной остаточной намагниченности и фактора Q .

3.2. Ревизионно-поисковые маршрутные исследования

Проведение ревизионно-поисковых маршрутных исследований предусматриваются с целью доизучения ранее выявленных и выявления новых ореолов рассеяния ИМК высокой степени сохранности на площадях I-II геотипа, а также локальных участков выноса ИМК с признаками ближнего переноса. Комплекс исследований включает в себя поисковые маршруты, шлиховое, детальное, крупнообъёмное и мелкообъёмное опробование.

Поисковые маршруты в пределах предусматривают решение основных задач, которыми является:

- уточнение геологического строения площади;
- установление и прослеживание нижней границы осадочных коллекторов ИМК (базальные горизонты айхальской свиты среднего-верхнего карбона) для их дальнейшего шлихового и мелкообъёмного опробования.

Заложение маршрутов проводится исходя из геологического строения территорий в пределах конкретных участков, прогнозно-поисковой информации предыдущих исследований, результатов предварительного дешифрирования аэрофотоснимков. Густота маршрутов и их направление на каждом конкретном участке определяются сложностью его геологического строения и поставленными задачами. На площадях широкого развития разновозрастных отложений при наличии интрузивных и эффузивных образований, тектонических нарушений, а также потенциальных вторичных коллекторов алмазов маршруты проводятся как вкрест простирания геологических границ, так и вдоль их.

Маршруты проводятся с использованием АФС, путём непрерывного наблюдения, изучения и детальной документации геологических образований, тектонических и геоморфологических элементов. На задернованных участках предусматривается копушение для изучения состава обломочного материала в делювиально-элювиальных образованиях. Описание точек наблюдения

производится через каждые 0,5 - 1,5 км (в среднем через 1 км) с отбором проб и образцов на различные виды анализов.

Особое внимание при проведении маршрутов уделяется находкам обломков магматических пород (долеритов, туфов и кимберлитов).

Шлиховое опробование является основным видом опробования. Предусматривается, в зависимости от решаемых задач и поисковой обстановки, проведение следующих видов шлихового опробования:

- ревизионное (выборочное) шлиховое опробование аллювия водотоков;
- детальное шлиховое опробование склоновых образований;
- крупнообъёмное ($V_{пр.}=100$ л) опробование разновозрастных образований;
- детальное шлиховое опробование на аэрогеофизических аномалиях;
- контроль шлихового опробования разновозрастных образований.

Объём рядовых шлиховых проб составляет 20 литров ($0,02 \text{ м}^3$), крупнообъёмных – 100 л ($0,1 \text{ м}^3$). Материал проб отбирается из копуш глубиной 0,2 - 0,6 м, промывается на лотке сибирского типа, с доводкой до «серого» шлиха и просматривается в полевых условиях на алмазы, ИМК и другие полезные минералы. Гранулометрия, степень износа, морфология и другие характерные особенности индикаторных минералов кимберлита описываются в полевых дневниках. Места отбора шлиховых проб выносятся на аэрофотоснимки, планы, карты.

Ревизионное шлиховое опробование проводится лишь на отдельных участках гидросети, где по данным ранее проведённых работ в русловом аллювии были установлены ИМК. Основной задачей этого вида опробования является выявление кимберлитовых минералов в аллювии водотоков для выделения потоков их рассеяния и изучение степени сохранности ИМК. Конечной целью данного вида работ является выделение ореолов ИМК, участков их повышенных концентраций и выбор точек для отбора мелкообъёмных проб.

Детальное шлиховое опробование склоновых образований выполняется вдоль выходов промежуточных коллекторов базального горизонта айхальской свиты среднего-верхнего карбона.

Для подсечения потока выноса ИМК в отложениях склонов и аллювии водотоков ниже по склону параллельно от предполагаемой границы базального горизонта каменноугольных отложений задается профиль шлихового опробования. Отбор шлихов по профилю предусматривается через каждые 125 м (8 проб на 1 п. км). В каждом конкретном случае сеть шлихового опробования может варьировать в зависимости от результатов опробования и геолого-геоморфологической обстановки.

Детальное шлиховое опробование на аэрогеофизических аномалиях, выделенных по материалам предшествующих работ, предусматриваются только в пределах площадей I геотипа – открытых площадей с мощностью делювиального чехла до 0,5-4 метров (площади благоприятные для шлиховых поисков). Конечной целью этих работ является возможное определение природы аномальных объектов и оконтуривание ореолов МИК хорошей сохранности для постановки на них дальнейших работ (м/о опробования, отбора проб-протолочек). Отбор шлиховых проб осуществляется из копушей глубиной 0,2-0,4 м в днищах деллей, «медальонах» протаивания, буграх пучения, по профилям вкрест направления сноса терригенного материала от аномалии.

Крупнообъемное шлиховое ($V_{пр.}=100$ л) опробование разновозрастных образований предусматривается проводить на участках (точках), где по оперативным данным шлихового опробования будут выявлены «вспышки» повышенных содержаний ИМК хорошей степени сохранности, а также для наработки представительного количества ИМК. Из опыта работ количество крупнообъемных шлиховых проб обычно составляет 5% от общего количества шлиховых проб, отбираемых по объекту. Выбор (определение) мест отбора данных проб осуществляется только после окончания рядового шлихового опробования на участке. Крупнообъемное опробование элювиально-

делювиальных отложений проводится с целью установления достоверной информации по содержанию и сохранности ИМК, а также для наработки представительного количества ИМК в точке отбора м/о пробы.

Контроль шлихового опробования разновозрастных образований проводится с целью подтверждения достоверности всех операций опробования, согласно методике работ, посредством сравнения результатов анализа контролируемых и контрольных проб.

Кроме обязательного шлихового опробования, которое должно выполняться на всех участках поисковых работ в течение всего периода, необходимо систематически проводить оперативный геологический контроль рядового опробования в объёме, достаточном для анализа обработки полученных результатов.

Фактические и присвоенные номера контролируемых шлиховых проб вносятся в журналы опробования с указанием точки отбора и описания пробы. При выявлении систематических, а также более значительных случайных погрешностей, необходимо выяснить их причины и оценить степень влияния на достоверность опробования. Сравнению, при оперативном контроле, подлежит не менее 5% всех шлиховых проб.

Если в процессе контроля отбора проб выявляется несоответствие методики отбора проб (шаг отбора и равномерность, объём материала, качество отбора), пробы по участку работ отбираются заново.

Качество опробования оценивается по результатам контрольного опробования и систематически контролируется в течение всех этапов поисковых работ.

Мелкообъёмное опробование. В зависимости от решаемых задач, поисковой и геологической обстановок, предусматривается мелкообъёмное опробование объёмом 2 м^3 и 1 м^3 в рыхлой массе с коэффициентом разрыхления 1,4. Основная часть проб отбирается из элювиально-делювиальных образований склонов, единичные – из руслового аллювия.

Основной задачей мелкообъёмного опробования является установление алмазоносности аллювиальных и элювиальных-делювиальных отложений района проектируемых работ.

Мелкообъёмные пробы объёмом 2 м³ отбираются из руслового аллювия в точках максимальной концентрации ИМК или минералов тяжёлой фракции. По опыту поисковых работ на алмазы в Амакинской экспедиции, а также согласно методическим рекомендациям (Минорин, 1988), расстояние между пунктами отбора мелкообъёмных проб на водотоках, в пределах площадей I-II геотипов, на участках долин средних рек (протяженностью от 10 до 50 км) колеблется от 8 до 12 км. На водотоках протяженностью менее 10 км отбирается одна проба при наличии повышенного содержания ИМК, или при наличии ИМК хорошей сохранности, а также если на склонах этих водотоков широко развиты отложения вторичных коллекторов.

Мелкообъёмные пробы объёмом 1 м³ предусматривается отбирать из склоновых (элювиально-делювиальных) образований, где по результатам детального шлихового и крупнообъёмного опробования будут установлены точки максимальной концентрации индикаторных минералов кимберлита или минералов тяжёлой фракции.

Методика отмывки данных проб будет аналогична применяемой для м/о проб объёмом 2 м³, лишь будут скорректированы объёмы затрат труда и времени.

Категория промывистости, согласно «Временных норм АГРЭ...», для мелкообъёмных проб, отбираемых из элювиальных-делювиальных образований, содержащих свыше 40% глинистого материала, принимается как трудная (III категория). Нарботанный материал подвергается мокрому грохочению (рассеву) на ручном шейкере с разделением классов +8 мм, –8+4 мм, –4+2 мм, –2+1 мм, –1 мм. Класс +8 мм после визуального просмотра на крупные алмазы выбрасывается в отвал. Классы –8+4, –4+2 и –2+1 мм отсаживаются на ручном концентраторе. Обогащенный концентрат указанных классов после предварительного визуального извлечения алмазов и отбора представительного

количества ИМК затаривается в мешки, этикетуруется и отправляется на ОФ № 10 Вилуйской ГРЭ (пос. Айхал) для просмотра на рентгеновской установке и проведения жировой сепарации. Класс –1 мм (шлих-поддон) весь отмывается на лотках.

Из материала каждой мелкообъемной пробы отбираются пробы на гранулометрический и петрографический анализы.

Целью крупнообъемного опробования является уточнение оценок содержания и гранулометрического состава алмазов и наработка представительной партии алмазов для изучения ситового состава и качества камней.

Работы проводятся по результатам предусмотренного проектом комплекса опробования аллювиальных образований, а также с учётом результатов работ предшественников (находок алмазов).

Методика соответствует методике мелкообъемного опробования. Объем каждой пробы составляет 10 м³.

3.3. Горнопроходческие работы

Горнопроходческие работы проводятся посредством проходки шурфов. Задачей данного вида работ является изучение строения вскрытых продуктивных горизонтов, установление их алмазоносности, вещественного и минерального для последующего изучения типоморфизма минералов-индикаторов кимберлита и наработки представительного количества ИМК из базальных и внутриформационных грубообломочных горизонтов средне-верхнекаменноугольных отложений (айхальская свита) и кор выветривания, развитых по породам карбонатного цоколя.

Размещение шурфов на профиле выполняется по результатам маршрутных поисковых работ и бурения картировочных скважин, направленных на

определение на местности границ отложений среднего – верхнего карбона и нижнего силура.

Длина профиля расположения горных выработок составляет 16 п. км. Шурфы проходятся вдоль простирания склона, при вскрытии базального горизонта средне-верхнекаменноугольных отложений в пределах проектной глубины. Последующие шурфы корректируются по результатам пройденных шурфов и проходятся вдоль и выше границы пород карбона и силура. Расстояние между выработками до 200 м, углубка в коренные карбонатные породы – 0,1-0,2 м, сечение – 1,25 м².

Проходка шурфов сопровождается наработкой проб «песков» для последующего обогащения их на алмазы.

Горнопроходческие работы осуществляются в зимний период специализированной горной бригадой, укомплектованной оборудованием и инструментом для проходки шурфов методом на буровзрыв. Проходка, крепление, вентиляция шурфов проводится в соответствии с типовыми паспортами.

После окончания проходки выполняется ликвидация горных выработок путем засыпки их оставшимся грунтом с последующим перекрытием устья шурфов сплошным накатником с установкой треноги и штаги с информацией о горной выработке.

3.4. Буровые работы

Решение геолого-поисковых задач осуществляется посредством проходки вертикальных скважин механического вращательного бурения колонковым способом с отбором кернового материала по сети скважин 100х500 м, 500х500 м, 500х250 м, 250х250 м; 250х125 м и, местами, детальнее. Кроме того, бурение осуществляется на известных и вновь выявленных кимберлитовых трубках, а также на аномалиях.

Бурение проводится буровыми станками СКТО-65, УБ-3,5 и УРБ-2-Д-3, LF-90.

Для обеспечения достаточного объема кернового материала на различные виды опробования применяются колонковые трубы диаметром 108 мм с твердосплавными коронками типа СМ или СА диаметром 112 мм с наваренными расширителями до внешнего диаметра 132 мм (СКТО-65). При проходке скважин на озерах используется буровая установка «Boart Longyer» LF-90 с комплексом подъема керна ССК (WIRE-LINE) и коронками диаметром 122 мм. При бурении скважин на кимберлитовых трубках используются коронки диаметром 172 мм с наваренными расширителями до внешнего диаметра 186 мм (СКТО-65).

Очистка забоя от шлама и охлаждение бурового наконечника при бурении скважин, расположенных за пределами озер, производится с помощью сжатого воздуха (СКТО-65) и солевого раствора (LF-90), а при бурении скважин на озерах – с помощью солевого раствора (LF-90).

Выход керна, в зависимости от поисковой информативности вскрываемых пород и технических возможностей применяемого оборудования составляет (не менее):

- | | |
|---|-------|
| – по современным элювиально-делювиальным отложениям | – 85% |
| – по терригенным карбон-пермским отложениям, а также древним корам выветривания карбонатных пород | – 85% |
| – по карбонатным породам | – 75% |
| – по долеритам и туфам (LF-90) | – 70% |

Бурение скважин на озерах производится колонковым способом с полным отбором керна. В скважинах, расположенных за пределами озер, породы трапповой формации (долериты и туфы) проходятся без отбора керна с применением пневмоударников П-130 (СКТО-65) на участках, где геологические разрезы уже изучены в достаточной степени, либо с полным отбором керна (LF-90). Контакты долеритов и туфов с другими породами корректируются по

данным ГИС. Бурение по остальным типам пород производится с полным отбором керна.

Поисковые и заверочные (на аномалиях) скважины проходятся с углубкой в породы карбонатного цоколя на 20 м, а скважины, предназначенные для проведения РВГИ – на 60 м.

В зонах повышенной трещиноватости или нарушенного (дислоцированного) залегания карбонатных пород проходка скважин осуществляется с полным отбором керна до вскрытия монолитных горизонтов с ненарушенным (нормальным) залеганием и проходки по ним 20 м.

Во всех скважинах выполняется комплекс ГИС и опробование керна. Опробованию (в поисковых и заверочных скважинах) подлежат наиболее информативные на ИМК базальные (подошвенные) горизонты средне - позднекаменноугольного возраста, внутриформационные гравелиты, конгломераты и другие грубообломочные разности, а также древние коры выветривания карбонатных пород. Проходка скважин по ним (0,5 - 6 м, в зависимости от участка) проводится в сложных геологических условиях: укороченными рейсами со слабой продувкой (1-2 атм.) сжатым воздухом или “всухую” с обязательным порейсовым отбором шламового материала на контакте с карбонатными породами.

В скважинах, пройденных с целью оценки алмазности и вещественного состава кимберлитовых тел отбирается весь керн кимберлитовых пород.

По окончании проходки, устья скважин плотно закрываются маркированными деревянными штагами, исключая попадание в скважину атмосферных осадков.

После выполнения в отбуренных скважинах комплекса ГИС в них производится ликвидационный тампонаж.

3.5. Минералогические исследования

Из комплекса используемых при алмазопроисковых работах лабораторных исследований ведущим считается минералогический анализ шлиховых проб. Основной его целью является изучение индикаторных минералов кимберлитов (ИМК) для решения прогнозных задач. Использование минералогических критериев алмазности позволяет целенаправленно планировать детальные поиски с применением больших объемов буровых работ.

В ходе минералогического анализа решаются следующие задачи:

1. Установление в геологических пробах индикаторных минералов кимберлитов;
2. Детальное изучение всей ассоциации ИМК, с отображением получаемых результатов в информационных массивах с внесением в базу данных ИСИХОГИ;
3. Определение взаимосвязей ИМК с различными типами литолого-фациальных обстановок, а также их приближенности к коренным источникам на основе изучения степени сохранности кимберлитовых минералов.

Предварительно все пробы, в зависимости от выполняемого метода минералогического анализа, подвергаются фракционированию с применением тяжелых жидкостей (трибромметан) и с использованием магнита Сочнева, в соответствии с утвержденными схемами обработки.

Минералогический анализ выполняется с использованием стереомикроскопов MZ 12.5 (Leica), все результаты анализов заносятся в корпоративную базу данных ИСИХОГИ. Отдельные зерна фотографируются на стереомикроскопе M205 A (Leica).

3.6. Исследование химического состава кимберлитовых минералов

В основу принятой методики было положено формирование из всего массива данных анализов однородных выборок, которые учитывают

индивидуальные особенности геологического строения каждого участка. При этом используются характеристики собственно ИМК (классы сохранности и крупности), современное географическое положение выделенных шлиховых ореолов, их расположение на палеорельефе и так далее.

Интерпретация проводится на основе классических, преимущественно бинарных, диаграмм с дополнением их элементами стандартной математической статистики в виде таблиц содержаний тех или иных компонентов. При необходимости используются дополнительные характеристики: средние, максимальные и минимальные содержания основных минералообразующих оксидов, вариации их химических составов и т.д., которые позволяют уточнить некоторые, возникающие при анализе материалов вопросы.

Необходимо особо подчеркнуть, что данные, приводимые в статистических таблицах, являются в значительной мере условными, как по выделяемым группам, так и по их количественным характеристикам и, ни в коей мере, не могут претендовать на абсолютную точность. Тем не менее, подобный подход позволяет, в первом приближении, оценить полученную на бинарных диаграммах информацию в виде числового ряда, что существенно облегчает ее восприятие и позволяет проводить дальнейший анализ более корректно.

Обработка материалов проводится по следующей схеме:

1. Для каждого участка приводится стандартная характеристика выделенных шлиховых ореолов (при наличии достаточного количества определений). Используются преимущественно зерна ИМК I-II классов сохранности.
2. Сравнивается химизм ИМК ореолов между собой и с рядом расположенными кимберлитовыми трубками.
3. В обязательном порядке используются имеющиеся в базе данных результаты микронзондовых определений ИМК по ранее проведенным работам.

3.7. Специализированные тектонофизические исследования по изучению трещиноватости

Комплексные тектонофизические исследования проводились на участке Структурный в рамках объекта «Подтрапповый» и в его непосредственном обрамлении на восточном фланге Алакит-Мархинского кимберлитового поля. Они включали в себя проведение полевых работ по специализированному изучению тектонической трещиноватости пород в коренных естественных и искусственных выходах с последующей камеральной обработкой полученных материалов в программном комплексе Structure ver.3.4. В результате проведенных работ стало возможным получение необходимых данных для определения преобладающих систем трещиноватости в поверхностном слое верхней части разреза платформенного чехла, определение кинематики разрывных нарушений, картирования полей палеотектонических напряжений верхней части разреза чехла по латерали и оценки их возможной роли в локализации кимберлитовых тел.

Полевые исследования. Выбор рационального комплекса полевых методов структурного картирования производился исходя из условий обнаженности и возможности прямых измерений элементов залегания разрывных нарушений и трещин. На основе анализа карт фактического материала по геосъемочным работам масштаба 1:50 000, анализа МАКС на площади уч. Структурный и его обрамления были определены участки концентрации естественных коренных выходов. Далее, на основе анализа карт разрывной тектоники предыдущих исследований были намечены необходимые площадки-станции для характеристики максимального количества дизъюнктивов.

На каждой станции проводился комплекс однотипных наблюдений, что дало возможность в дальнейшем обработать полученную информацию по единой схеме. Описывались главные системы трещин, присутствующие в обнажении. Кроме элементов залегания тщательно документировались их

взаимоотношения друг с другом, что могло свидетельствовать о более молодом (или древнем) возрасте одной системы трещин по отношению к другой или их сопряженности (т.е. совместном образовании). Особое внимание при изучении уделялось местам сочленения трещин друг с другом.

Затем на каждой станции производился массовый замер элементов залегания трещин. Измерялись все трещины в пределах произвольно выбранного участка обнажения и/или стенки горной выработки с обязательным указанием их генетической разновидности (сколовая, отрывная или неясная). Особое внимание при документировании искусственных обнажений обращалось на выявление трещин, которые возникли в процессе проведения взрывных работ: в массовый замер они не должны были включаться. Общее количество измеряемых трещин менялось от станции к станции в зависимости от сложности конкретной ситуации в обнажении и, прежде всего, его размеров и в целом выдерживалось в рамках 60 – 120 замеров.

Кроме перечисленных характеристик, фиксируемых для всех без исключения дислокаций, для некоторых проводились специальные наблюдения, связанные с наличием признаков перемещения блоков горных пород по поверхности трещины. В этом случае обязательно документировались не только ориентировки штрихов (или борозд) и давалось описание самой поверхности скольжения (морфология, распределение заполнителя по плоскости и т.д.), но также определялся, по возможности, знак смещения по трещине.

Особое внимание уделялось получению количественных характеристик трещинной сети. Для этого выполнялся подсчет числа трещин (длиной более 0,1 м) в круге площадью 1 м², оценивалось среднее расстояние между трещинами соизмеримой длины для каждой из систем, фиксировались параметры отдельных трещин (длина, зияние, амплитуда смещения) и другие характеристики.

Далее на точке наблюдения проводилось изучение дизъюнктивных структур более крупного по отношению к трещинам масштаба, т.е. локальных

разрывных нарушений, если таковые имелись в обнажении. Они тщательно документировались с указанием элементов залегания, особенностей вещественного и структурного заполнения, морфологии сместителей. Обязательно фиксировались все количественные параметры, которые можно определить в каждом конкретном случае (видимая мощность, амплитуда смещения, расстояние между сместителями, если их несколько, и другие).

Кроме дизъюнктивных структур, на точке наблюдения описывались (в случае их наличия) такие широко известные структурные проявления микротектоники, как складки, будины, линейность и т.д. Их изучение проводилось в той мере, в которой это необходимо для выяснения особенностей разрывной тектоники в пределах конкретной станции.

Камеральная обработка. Включала в себя обработку полевых материалов, полученных в процессе специализированных исследований по изучению трещиноватости на площади уч. Структурный. Первичные замеры трещиноватости обрабатывались в пакете Structure ver.3.4. В состав камеральной обработки входили:

- ввод данных;
- построение различных типов структурных диаграмм: роз-диаграмм, массовых замеров (в точечном варианте и в изолиниях), сопряженных трещин с определением ориентировки направлений тектонических напряжений по преобладающим или выбранным системам трещин, при наличии поясов трещин – направлений перемещений по методу В. Н. Даниловича;
- определение преобладающих палеотектонических напряжений и типа поля в районе площадки-станции;
- определение кинематики и направлений перемещений по выбранному разлому в интерактивном режиме методом подбора параметров.

Полученные диаграммы масштабировались и выносились на основу, совмещенную с картой фактического материала. Результаты определения

морфологического и кинематического типов разрывных и пликтивных нарушений, их структурных парагенезисов служили в дальнейшем каркасом для создания геологических карт, а также определения их роли в размещении и локализации кимберлитовых тел при прогнозировании.

Выводы по главе 3.

Перечисленные выше поисковые методы, применяемые на протяжении многих лет, показали свою высокую эффективность, о чем свидетельствует обнаруженные на территории АМКП 66 кимберлитовых тел.

4. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ КИМБЕРЛИТОВОГО ТЕЛА ЯНВАРСКОЕ

При проведении поисковых работ по сети скважин 250х125 м на севере участка Перевальный-север в рамках объекта Верхне-Чукукский-2 16 января 2016 года скважиной 5071Л/4, в 150 м к востоку от трубки Чукукская, под долеритовой интрузией было вскрыто новое кимберлитовое тело Январское.

Для оконтуривания и изучения кимберлитового тела было пройдено 3 профиля скважин: один по длинной оси трубки и два – вкрест ее простираения по сети 40х40 м. Всего было пробурено 7 вертикальных скважин общим объемом 1118,5 п. м, 2 из них (5071Л/4 и 03) вскрыли кимберлитовое тело, 5 скважин законтурные. Скважиной 01 в интервале глубин 96,0 - 96,6 м вскрыта кимберлитовая жила. Комплекс ГИС выполнен во всех скважинах. Отобрано 9 керновых проб суммарным весом 1120 кг.

Поскольку кимберлитовое тело было вскрыто всего двумя скважинами и судить о его истинных параметрах весьма сложно, для оценки размеров тела использовался принцип интерполяции, согласно которому границы тел проводятся посередине расстояния между скважинами, вскрывшими тело и

законтурными скважинами, вскрывшими вмещающие его породы. Исходя из сказанного имеем, что в плане кимберлитовое тело Январское имеет овально-вытянутую форму с ориентировкой длинной оси в северо-восточном направлении $50 - 55^\circ$. Размеры кимберлитового тела под перекрывающими породами - 90×45 м, площадь 2836 м^2 , что, согласно «Инструкции по применению классификации запасов к коренным месторождениям алмазов» [Инструкция..., 1984], позволяет отнести его к классу мелких тел (рис. 16).

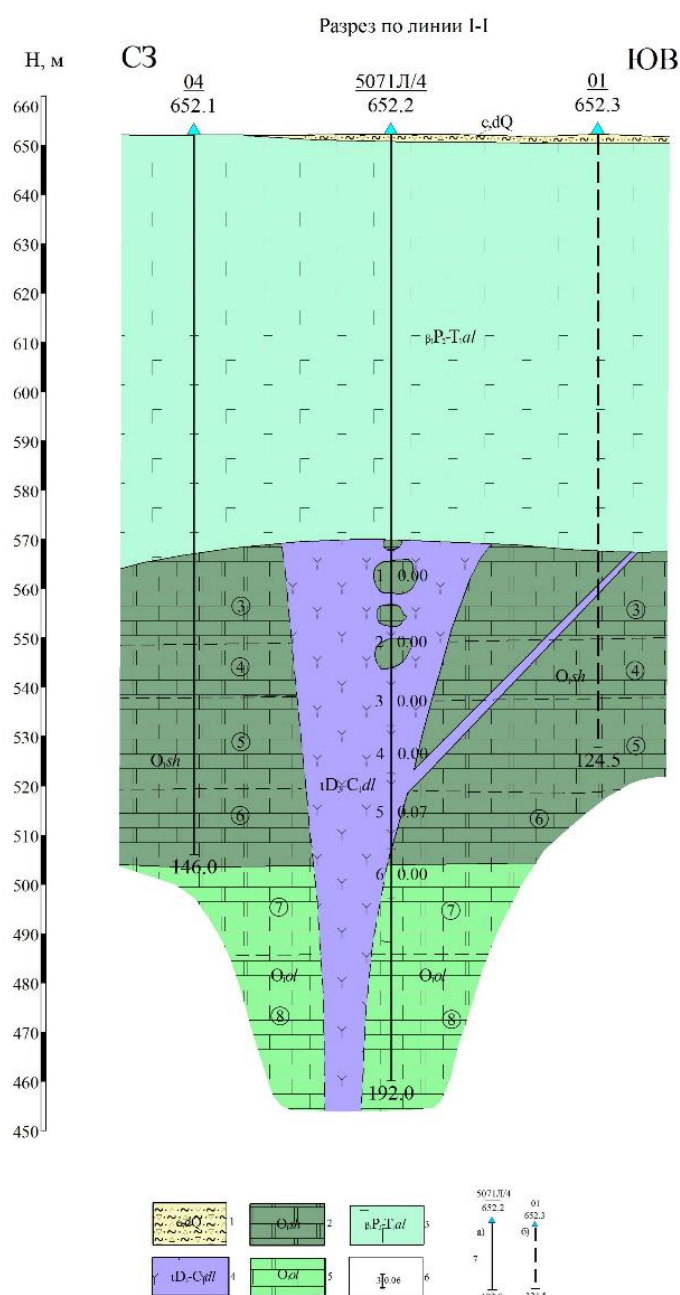


Рис. 16. Геологический разрез кимберлитового тела Январское (Иванов Д.В. по м-лам ВГРЭ): 1 – Делювиальные суглинки, супеси, глины, элювий материнских пород; 2 – песчанистые и глинистые доломиты, известняки; 3 – долериты; 4 – кимберлиты; 5 – песчанистые, известковистые доломиты; 6 – керновые пробы, слева – номер пробы, справа – содержание алмазов, карат/м; 7 – скважины, их номера, абсолютные отметки устья и глубины: а – скв. в плоскости разреза; б – скв. спроецированные в плоскость разреза

4.1. Геологическое строение

Поверхность кимберлитового тела достаточно ровная, в эпицентральной части выпуклая. В продольной проекции кимберлитовое тело неправильной воронкообразной формы, с чашеобразным расширением в юго-западной и северо-восточной части тела (рис. 17). Кимберлитовое тело изучено на глубину 67,2 м от его поверхности.

Кимберлитовое тело Январское полностью перекрыто долеритовой интрузией мощностью от 81,0 м (скв. 5071/4) до 88,6 м (скв. 05). Терригенно-осадочные породы скважинами не вскрыты.

Долериты представлены серыми, мелко-тонкокристаллическими, массивными разностями первой разновидности по ГИС, бронирующими кимберлитовое тело. Их вскрытая мощность в среднем составляет 83,8 м.

Вмещающие породы, вскрытые поисково-оценочными скважинами, представлены карбонатными породами нижнего ордовика. Наиболее древними являются серые, зеленовато- и желтовато-серые тонкозернистые, слоистые доломиты олдондинской свиты нижнего ордовика ГИС пластов 7-8. Вскрытая мощность свиты 40-65 м.

Выше по разрезу залегают серые разных оттенков, тонко-скрытозернистые, слоистые доломиты сохсолохской свиты (пласты 3-6 по ГИС). Вскрытая мощность свиты колеблется от 5 до 45 м.

На контакте с долеритовой интрузией карбонатные породы скарнированы (первые см), что выражается в их зеленоцветной окраске. Вблизи контакта с кимберлитовым телом вмещающие породы трещиноваты, иногда брекчированы и закарстованы, а также изменены под воздействием гидротермальных процессов, что выражается в кальцитизации и ожелезнении. В скважине 01 вблизи контакта с кимберлитовым телом в карбонатных породах отмечается кимберлитовая жила мощностью 0,6 м.

Тело сложено порфировыми кимберлитами (ПК) желтовато-бурого и светло-зеленого цвета, сильно измененными, рассеченными многочисленными субвертикальными трещинами, заполненными кальцитом. Структура породы порфировая, текстура массивная (рис. 18 А, Б).

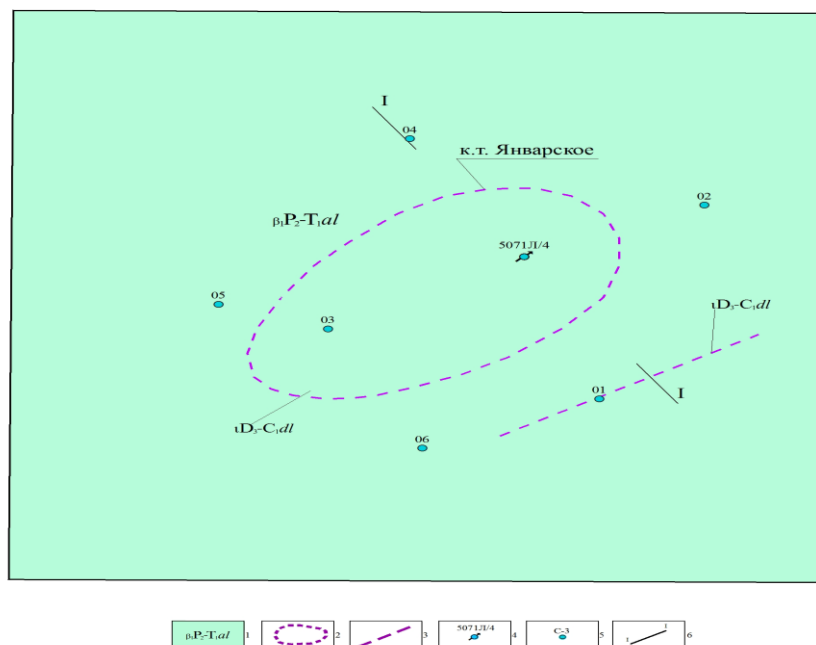


Рис. 17. Контур кимберлитового тела Январское на геолого-поисковом плане (Иванов Д.В. по м-лам ВГРЭ): 1 –долериты; 2 – контур погребенного кимберлитового тела; 3 – контур погребенной кимберлитовой жилы; 4 – скважина РВГИ; 5 – поисково-оценочные скважины; 6 – линия геологического разреза



А)



Б)

Рис.18. Кимберлитовое тело Январское: а) Сква. №5071Л/4, глубина 139,0 м. Порфировый кимберлит, б) Сква. 03, гл. 146,2 м. Порфировый кимберлит

В верхних горизонтах кимберлиты интенсивно выветрены, карбонатизированы и ожелезнены, вплоть до полного уничтожения первичных структур и текстур. С глубиной породы более плотные и монолитные. На отдельных участках отмечаются зоны интенсивной трещиноватости и дробления, по которым фиксируются разнонаправленные прожилки кальцита, содержание которых иногда может достигать 10% объема породы.

По данным ГИС кимберлитовые породы обладают естественной радиоактивностью в пределах 2,5 – 14,0 мкР/ч, содержание тория изменяется от 3,5 до 12,0х10⁻⁴ %, урана – от 1,5 до 5,0х10⁻⁴ %, калия – от 0,1 до 1,9 %, магнитная восприимчивость колеблется от 20 до 950х10⁻⁵ ед. СИ, удельная электрическая проводимость - от 4 до 18 мСм/м. Кимберлитовые породы, по данным ГИС, преимущественно слабомагнитные (от 20 до 100х10⁻⁵ ед. СИ), с высоким содержанием ксеногенного материала.

Физические свойства кимберлитовых пород представлены в таблице 1.

Таблица 1

Физические свойства кимберлитовых пород к. т. Январское

Разновидность породы	γ , мкР/ч	σ , мСм/м	χ , х 10 ⁻⁵ ед. СИ	Содержание радиоактивных элементов		
				Th, х 10 ⁻⁴ , %	U(Ra), х 10 ⁻⁴ , %	K, %
ПК	2,5–14,0	4,0–18,0	20,0–50,0	3,5 – 12,0	1,5 – 5,0	0,1–1,9

По данным петрофизических исследований магнитная восприимчивость варьирует в пределах от 2 до 60х10⁻⁶ ед. СГС, изредка повышаясь до 300х10⁻⁶ ед. СГС, что может быть обусловлено неравномерным распределением в породе ксеногенного материала, а также магнетита. То же самое можно отметить и в отношении естественной остаточной намагниченности и фактора Q, что может свидетельствовать о плохой сохранности первичных рудных минералов.

Плотностные характеристики кимберлита весьма неоднородны и колеблются от 2,05 до 2,63 г/см³. Разуплотнение отмечалось в трещиноватых

породах, а также в породах, претерпевших вторичные преобразования. Повышенные значения плотности отмечались у пород, претерпевших карбонатизацию.

Содержание ксеногенного материала в кимберлитах варьирует от 3-5% до 15-20% объема породы. Форма обломков угловатая, угловато-округлая, размеры варьируют в пределах 0,5-4-5 см. Представлены обломки, в основном, породами карбонатного цоколя - доломитами, известняками, мергелями и, изредка (1-2%), породами кристаллического фундамента (кристаллические сланцы, гнейсы).

Вкрапленники представлены псевдоморфозами по оливину размером 0,2-3 мм (единичные – 2-4 мм), пластинами хлоритизированного флогопита размером 0,8-2,8 мм (~2-3%), округлыми и овальными зернами шиповидного пикроильменита в «рубашке» размером 0,2-2,4 мм (~0,5-1%), трещиноватым гранатом размером до 1 мм в широкой желто-бурой келифитовой оболочке (ед. зн.) с сохранившимся кристаллографическим очертанием, отмечаются также микрозерна разложенного рудного минерала. Псевдоморфозы по оливину выполнены кальцитом, реже серпентином, монтмориillonитом и/или кварцем с тонкой рудной каемкой (рис. 19).

Основная масса сложена хлорит-кальцитовым тонкозернистым агрегатом, разномзернистым вторичным кальцитом, на небольших участках сохранился первичный тонкозернистый кальцит. В основной массе отмечаются редкие чешуйки и таблички флогопита (1-2%), в т. ч. хлоритизированного (0,02-0,2 мм), микрозерна окисно-рудных минералов в количестве 2-3%. В качестве акцессорной примеси установлен апатит. Многочисленные прожилки в породе выполнены вторичным кальцитом, реже – кварцем. По трещинам развит магнетит, часто разложенный до гематита.

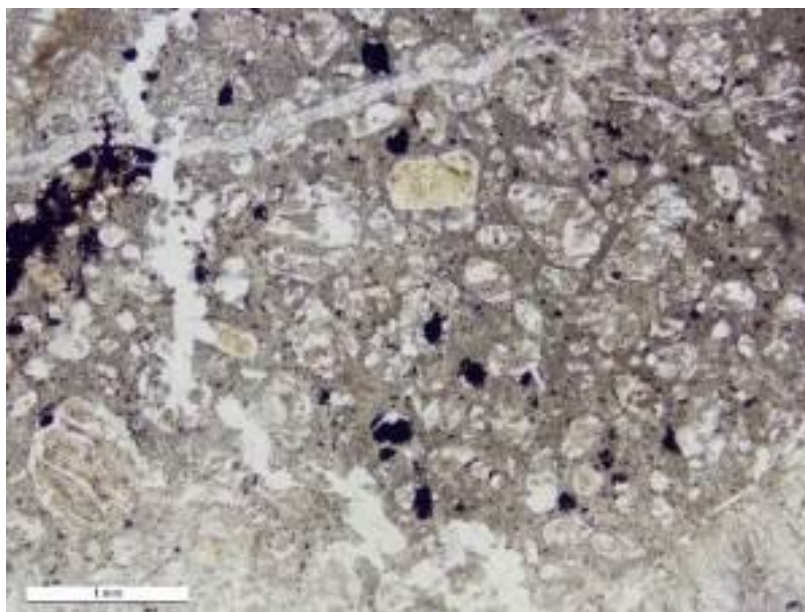


Рис. 19. К.т. Январское. Скв. 5070Л/4. Обр. 4, глубина 125,0 м. ПК (шлиф, без анализатора)

По данным изучения протолочных проб, проведенного в отчетный период, в порфировых кимберлитах из индикаторных минералов кимберлита в весовых количествах зафиксированы пикроильменит, пироп и флогопит.

Пикроильменит преобладает, составляя 78% от общего количества ИМК. Представлен всеми классами крупности (-2+1 мм, -1+0,5 мм, -0,5 мм). Содержание пикроильменита в пробах варьирует в широких пределах – от единичных зерен до 31,82 кг/т (скв.5071Л/4, пр.6) и в среднем составляет 11,11 кг/т.

Пикроильменит представлен угловатыми, угловато-округлыми, изредка округлыми зёрнами 0-I класса сохранности.

Практически все зёрна с шероховатой поверхностью, реже матированные, бугорчатые. На отдельных зернах видны следы тонкой первичной коррозии. Примазки представлены измененным глинисто-карбонатным материалом коричневых оттенков и часто содержат серовато-зеленые и голубовато-зеленые включения серпофита. На отдельных зернах фиксируются мелкие чешуйки флогопита.

Пироп. Представлен зернами всех классов крупности. Его среднее содержание составляет 1,46 кг/т (10,5% всех ИМК), варьируя в пределах от единичных зерен до 5,06 кг /т (скв. 5071Л/4, пр.6) и в среднем составляет 1,46 кг/т.

Пироп представлен угловатыми, реже округло-угловатыми и округлыми зёрнами 0-I класса сохранности, а также обломками и осколками.

Первичные поверхности матированные, реже тонкошероховатые. На зёрнах часто отмечается тонкое растворение, шелковистый блеск.

Примазки сложены карбонатным и карбонат-серпофитовым материалом, серпофитом серовато-голубого и серовато-зеленого цветов. На отдельных зернах пироба отмечают келифитовые каймы и флогопит в виде тонких чешуек, а также включения рудного минерала.

По цветовой гамме преобладают фиолетовые зерна (91%), красные, оранжевые и розовые пиробы составляют соответственно 5%, 3% и 1%.

Флогопит представлен зернами всех классов крупности, но наиболее представлен класс -2+1 мм. Встречается в количестве от редких зерен до весовых процентов. Среднее содержание составило 0,64 кг/т (11,5% всех ИМК), а максимальное - 13,5 кг/т (скв. 5071Л/4 пр.8).

Цвет золотисто-желтый, зеленовато-коричневый. Форма зерен бочонковидная, чешуйчатая.

Хрошпинелид встречен в количестве редких зерен всех классов крупности. Форма зерен октаэдрическая, неопределенная и вицинальная. Зёрна вицинальной формы с развитыми в разной степени гранями, на отдельных зернах они зеркально-гладкие, на большей части - матированные со следами первичного растворения. Зерна, в основном, целые.

Октаэдры с незначительным искажением, целые и с незначительными сколами. Контур резкий, местами вершины сглажены за счёт растворения. Поверхности (грани) зеркально-гладкие, отдельные с незначительными неровностями, большая часть - матированные со следами первичного (эндогенного) растворения.

Зерна, отнесённые к неопределённым, угловатой неправильной формы. Поверхности имеют неровные скульптуры, матированные, с первичным

растворением. На единичных зернах присутствуют комбинированные гипергенные поверхности.

Хромдиопсид представлен единичными зернами различной размерности. Форма зерен угловатая, округло-угловатая, реже округлая. Цвет зёрен изумрудно-зеленый, от светлых до насыщенных оттенков. Примазки представлены изменённым карбонат-серпофитовым материалом серовато-зеленоватого цвета. В корках на единичных зернах отмечаются включения тёмного рудного минерала.

Оливин. Встречается в виде единичных зерен класса -0,5 мм. Форма зерен угловатая, округло-угловатая. Цвет бледно-желтый с зеленоватым оттенком. Зерна прозрачные и полупрозрачные. Примазки представлены измененным карбонат-серпофитовым материалом коричневого цвета.

Из других минералов в тяжелой фракции в весовых количествах отмечен лимонит – 3,58 кг/т, магнетит - 0,12 кг/т, сидерит – 0,36 кг/т, альмандин - 0,27 кг/т, пироксен – 0,04 кг/т, гроссуляр - 0,04 кг/т, в единичных зернах – ильменит, лейкоксен, эпидот, турмалин, циркон, анатаз, рутил, сфен, сфалерит, дистен, апатит, шпинель, пирит, барит, перовскит, муассанит, ставролит.

В лёгкой фракции встречены обломки кимберлитовых и карбонатных пород, а также серпофита.

4.2. Особенности химического состава ИМК

По кимберлитовому телу Январское было проанализировано 174 зерна гранатов, 194 зерна пикроильменитов, 91 зерно хромшпинелидов, 2 зерна оливинов, 100 зерна хромдиопсидов и 25 микрообломков кимберлитов. Ниже приводится характеристика химических составов ИМК кимберлитового тела Январское.

Гранат. Положение фигуративных точек гранатов кимберлитового тела в координатах $\text{Cr}_2\text{O}_3 - \text{CaO}$ [Соболев, 1971] приведено на рисунке 20. Гранаты

характеризуются преобладанием лерцолитового (65,5%) парагенезиса, зерна дунит-гарцбургитового состава определены в количестве 20,7%, верлитового – 13,8%. Гранаты эклогитового парагенезиса, к которому условно были отнесены зерна с содержанием Cr_2O_3 менее 0,5 мас.%, не зафиксированы. Обнаружено 19 зерен пиропов (10,9%) ультраосновного парагенезиса алмазной ассоциации.

Средние содержания основных оксидов: Cr_2O_3 – 5,38 мас.%, CaO – 5,34 мас.%, MgO – 20,19 мас.%, FeO – 8,20 мас.%. В среднем, гранаты высокохромистые, с преобладанием хромистости в интервале 2-5 мас.% (33,9%), умереннокальциевые, умеренномагнезиальные, умеренножелезистые.

Пикроильменит. Положение фигуративных точек пикроильменитов кимберлитового тела в координатах TiO_2 – MgO [Хмельков, 2008] приведено на рисунке 20. Пикроильмениты характеризуются преобладанием (73,7%) зерен с содержанием гематитового минала в интервале 10-20 мол.%. Доля зерен с содержанием Fe_2O_3 в интервале 5-10 мол.% составляет 24,7%, 0-5 мол.% – 0,5%, а зерен с содержанием Fe_2O_3 в интервале >20 мол.%, – 1,0%. Средние содержания основных оксидов: TiO_2 – 49,81 мас.%, MgO – 10,68 мас.%, Cr_2O_3 – 1,51 мас.%, FeO – 36,37 мас.%. В среднем, пикроильмениты высокохромистые, умеренномагнезиальные, низкожелезистые. Максимум магнезиальности зафиксирован в интервале 9-12 мас.% (61,3%).

Хромшпинелид. Положение фигуративных точек хромшпинелидов кимберлитового тела в координатах Cr_2O_3 – Al_2O_3 приведено на рисунке 20. Распределение фигуративных точек образует два тренда: перидотитовый, вдоль линии хромит-алюмохромит-хромпикотит и слабовыраженный пикритовый, вдоль линии хромит-ульвошпинель-титаномagnetит [Харьков, 1995]. Преобладают собственно хромиты (51,6%), доля алюмохромитов составляет 23,1%, измененных зерен – 24,2%, ульвошпинель зафиксирована в количестве 1,1%. Хромиты алмазной ассоциации составляют 3,3%. Средние содержания основных минералообразующих оксидов: Cr_2O_3 – 49,14 мас.%, Al_2O_3 – 11,75 мас.%, FeO – 23,14 мас.%, MgO – 12,18 мас.%, TiO_2 – 1,82 мас.%.

Оливин. По кимберлитовому телу Январское, на сегодняшний день имеются результаты 2 определений оливинов. Средние содержания основных минералообразующих оксидов: MgO – 48,74 мас.%, FeO – 9,98 мас.%, Na₂O – 0,01 мас.%, SiO₂ – 37,21 мас.%, Al₂O₃ – 0,02 мас.%, CaO – 0,04 мас.%.

Хромдиопсид. По кимберлитовому телу Январское имеются результаты 100 определений хромдиопсидов. Средние содержания основных минералообразующих оксидов: MgO – 15,04 мас.%, Na₂O – 2,93 мас.%, SiO₂ – 51,70 мас.%, CaO – 18,22 мас.%, Cr₂O₃ – 2,93 мас.%.

Микрообломки кимберлитов. Ниже приводится заключение по результатам изучения 25 микрообломков кимберлитов ведущего петрографа ЦАЛ БГРЭ Т.С. Старковой.

В ЦАЛ БГРЭ было проведено изучение состава 25 микрообломков кимберлитов из трех проб скважины 5071Л/4. Каталог изученных микрообломков приведен в таблице 2.

Таблица 2

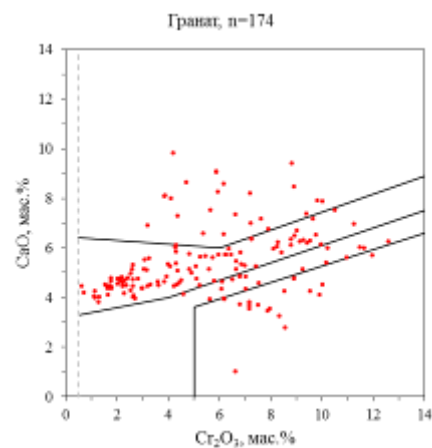
Кимберлитовое тело Январское. Каталог изученных микрообломков

№ п/п	№ скважины	№ пробы	Интервал опробования		Название породы	Возраст	№№ пакетов	Кол-во зёрен	Наименование минералов	Морфологическая характеристика	
			от	до						размер зёрн.	класс сохр.
1	5071Л/4	6	117,0		кимб. брек.	iD ₃ -C ₁ dl	7/1	20	обл.кимбер-та	+1,0	
2		7	124,0		кимб. брек.	iD ₃ -C ₁ dl	7/2	4	обл.кимбер-та	+1,0	
3		8	141,0		кимб. брек.	iD ₃ -C ₁ dl	7/3	1	обл.кимбер-та	+1,0	
ИТОГО ОБЛ. КИМБЕРЛИТА							3	25			

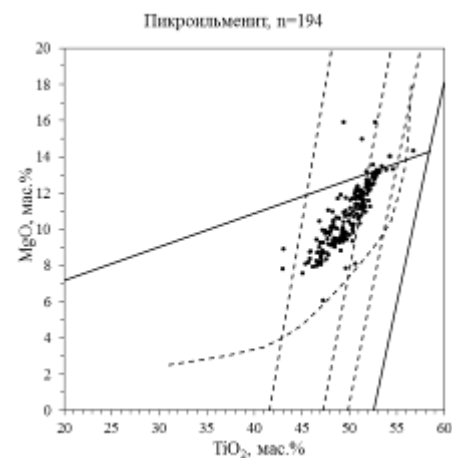
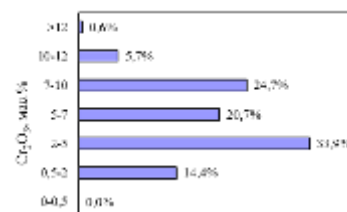
Инструментальная диагностика микрообломков проведена в режиме СЭМ на микроанализаторе JXA-8800R (Jeol) с использованием энергодисперсионной приставки Link (Oxford), результаты анализов – в приложении 30. Далее приведена характеристика микрообломков отдельно по каждой пробе.

Проба №6 (гл.117,0)

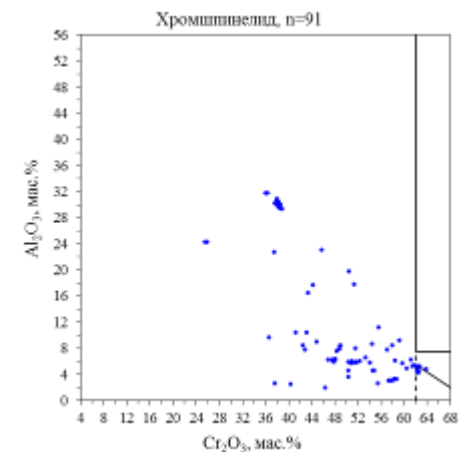
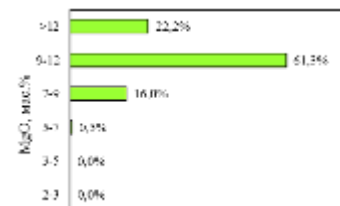
Количество микрообломков в данной пробе составляет 20 зн., все микрообломки характеризуются гранулометрическим классом -2+1 мм.



Парагенезис	%	к-во зерен
Дунит-гарцбургитовый	20,7	36
Лерцолитовый	65,5	114
Верлитовый	13,8	24
Сумма	100,0	174
Эклогитовый	0,0	0
Алмазная ассоциация	10,9	19
Средние содержания, мас. %		
Cr ₂ O ₃	5,38	
CaO	5,34	
MgO	20,19	
FeO	8,20	



Парагенезис	%	к-во зерен
1. Ультраосновной	100,0	194
гематитовая составляющая:		
0 - 5%	0,5	1
5 - 10%	24,7	48
10 - 20%	73,7	143
>20%	1,0	2
2. Пикритовый	0,0	0
3. Базальтоидный	0,0	0
Среднее содержание, вес %		
TiO ₂	49,81	
MgO	10,68	
Cr ₂ O ₃	1,51	
FeO	36,37	



Компоненты минеральных парагенезисов и ассоциаций	%	к-во зерен
Алломохромит	23,1	21
Хромит	51,6	47
Ульвошпинель	1,1	1
Титаномагнетит	0,0	0
Измененные разности	24,2	22
Сумма	100,0	91
Алмазная ассоциация	3,3	3
Среднее содержание, мас. %		
Cr ₂ O ₃	49,14	
Al ₂ O ₃	11,75	
FeO	23,14	
MgO	12,18	
TiO ₂	1,82	

Рис. 20. Химические составы гранатов, пикроильменитов и хромишпинелидов кимберлитового тела Январское

Обломки визуально однотипные, грязно-серовато-зеленого цвета, угловатой формы (рис. 21).



Рис. 21. Кимберлитовое тело Январское. Фотография под биноклем представительных микрообломков кимберлитов пробы №6 (г. 117,0 м)

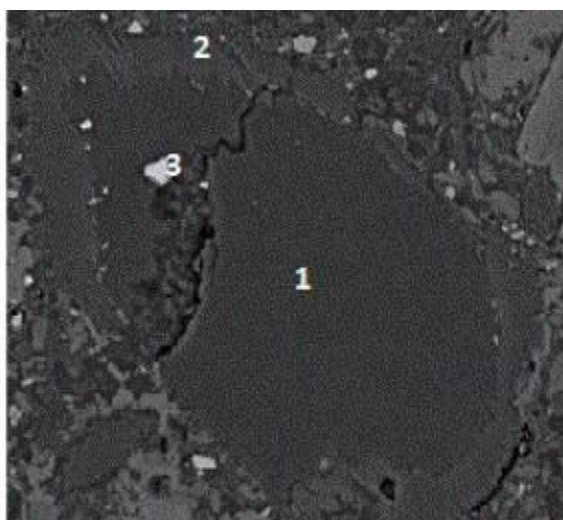
По результатам изучения минерального состава микрообломков, все они практически идентичны. Строение преобладающего большинства микрообломков мелкопорфировое, единичные обломки представляют собой отдельные сравнительно крупные псевдоморфозы серпентин-кальцитового состава по оливину. Вкрапленники псевдоморфоз по оливину в микрообломках выполнены серпентином двух разновидностей, более магнезиальным в центральной части и более железистым – по периферии. Средние соотношения основных породообразующих окислов в них следующие: серпентин центральной части псевдоморфоз - SiO_2 – 42,9 мас.%, MgO – 39,5 мас.%, FeO – 2,3 мас.%, Al_2O_3 – 0,6 мас.%, серпентин краевой части псевдоморфоз - SiO_2 – 42,2 мас.%, MgO – 38,5 мас.%, FeO – 4,9 мас.%, Al_2O_3 – 0,9 мас.%. Кальцит в составе псевдоморфоз по оливину встречается в переменных количествах, также нередко кальцитовые каймы вокруг псевдоморфоз. Вокруг некоторых псевдоморфоз наблюдаются тонкие пленки магнетита, чаще всего частичные. В составе единичных псевдоморфоз отмечается также высокомагнезиальный (MgO – 22,8 мас.%) флогопит с повышенными содержаниями примесей титана (TiO_2 – 2,4 мас.%) и хрома (Cr_2O_3 – 0,9 мас.%).

В качестве включений в псевдоморфозах диагностированы хромит, рутил, пикроильменит, магнетит, в одной псевдоморфозе – пентландит. Включения располагаются как правило в краевых частях, либо близко к краю псевдоморфоз.

Хромит во включениях (рис. 22) в псевдоморфозах по оливину представлен идиоморфными зернами, которые характеризуются следующим составом: Cr_2O_3 – 40,9-46,2 мас.%, FeO – 27,2-35,4 мас.%, MgO – 8,7-10,5 мас.%, Al_2O_3 – 3,9-6,1 мас.%, TiO_2 – 4,7-5,3 мас.%.

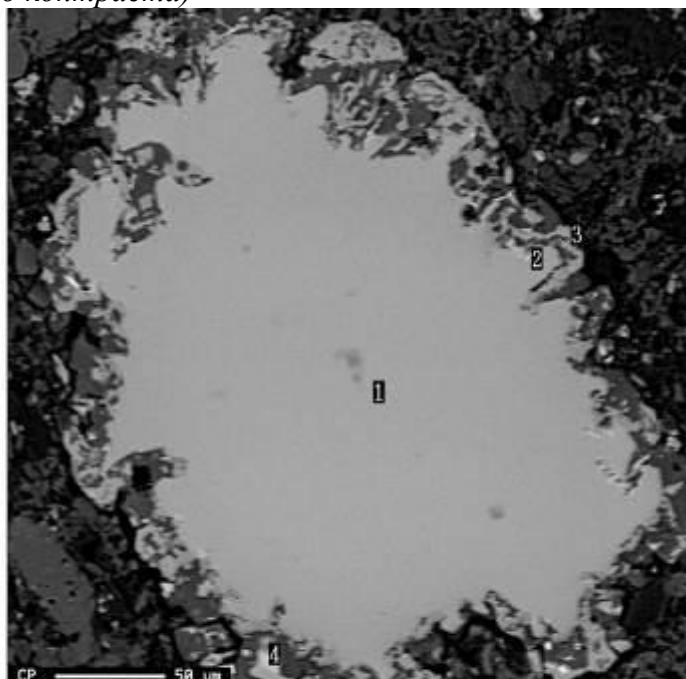
Пикроильменит включений высокомагнезиальный (MgO – 11,5-13,5 мас.%) с высоким содержанием примеси хрома (Cr_2O_3 – 2,9-4,7 мас.%).

В отдельных микрообломках установлены также порфиновые выделения шиповидного пикроильменита (рис. 23) размером 0,15-0,3 мм в оторочке из рутила. Вариации содержаний основных породообразующих окислов в пикроильмените следующие: TiO_2 – 48,6-53,8 мас.%, FeO – 28,6-34,7 мас.%, MgO – 10,9-13,2 мас.%, Cr_2O_3 – 0,9-4,4 мас.%. Зубчики пикроильменита характеризуются более высоким содержанием магния (MgO – 11,9-14,4 мас.%) и хрома (Cr_2O_3 – 2,1-4,4 мас.%). Нередко по периферии зерен пикроильменита развиты реакционные шпинелиды: хромит, хром-содержащий титаномагнетит.



№	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	MnO	FeO	NiO	Сумма	Минерал	Примечание
1	40,86	0,71	42,97	0,00	0,08	0,27	0,00	0,00	2,23	0,36	87,48	серпентин	центр
2	38,73	1,14	42,83	0,00	0,11	0,24	0,16	0,09	4,10	0,21	87,61	серпентин	край
3	9,74	5,60	0,76	0,00	0,19	5,04	45,70	0,85	27,21	0,55	95,64	хромит	включение

Рис. 22. Кимберлитовое тело Январское. Псевдоморфоза серпентина по оливину с включением хромита (номера на фото совпадают с номерами анализов в таблице, фото в режиме фазового контраста)



№	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	MnO	FeO	NiO	Сумма	Минерал	Примечание
1	12,77	0,82	0,45	0,05	0,27	53,77	1,00	0,48	30,60	0,03	100,24	пикроильменит	центр
2	13,62	0,51	0,73	0,01	0,54	52,34	3,79	0,47	27,74	0,01	99,76	пикроильменит	зубчик
3	9,43	2,57	0,89	0,00	0,28	19,64	5,08	1,29	59,38	0,67	99,23	ти-магнетит	в рубашке
4	0,09	0,08	0,80	0,37	1,47	92,21	0,13	0,06	2,56	0,21	97,98	рутил	рубашка

Рис. 23. Кимберлитовое тело Январское. Порфиновое выделение шиповидного пикроильменита (номера на фото совпадают с номерами анализов в таблице, фото в режиме фазового контраста)

Порфировидный **флогопит** высокомагнезиальный (MgO – 20,9-27,9 мас.%), нередко частично хлоритизирован или кальцитизирован, характеризуется повышенными содержаниями примесей титана (TiO₂ – 0,4-2,7 мас.%) и/или хрома (Cr₂O₃ – 0,4-1,2 мас.%). В краевых частях установлено повышенное содержание примеси бария (от 1,1 до 7,1 мас.% BaO).

Основная масса представляет собой серпентин-кальцитовый агрегат (в различных соотношениях), где кальцит нередко образует зерна удлиненной формы.

Серпентин основной массы менее магнезиальный, в сравнении с серпентином псевдоморфоз по оливину, и в нем отмечено повышенное содержание примеси глинозема. Усредненный состав серпентина основной

массы следующий: SiO_2 – 41,2 мас.%, MgO – 35,7 мас.%, FeO – 4,9 мас.%, Al_2O_3 – 1,4 мас.%. Нередко серпентин в той или иной степени хлоритизирован, с образованием магнезиально-железистого хлорита, в котором содержание железа варьирует в пределах 11,9-12,9 мас.% FeO . **Флогопит** основной массы тоже высокомагнезиальный, характеризуется повышенными содержаниями примесей титана (TiO_2 – 1,7-3,5 мас.%) и/или хрома (Cr_2O_3 – 0,5-1,5 мас.%), в краевых частях – примеси бария (BaO 1,2-13,6 мас.%). В хлоритизированных разностях содержание железа составляет 9,3-13,9 мас.% FeO .

Микрокристаллические оксиды в основной массе представлены пикроильменитом, хромитом, титаномагнетитом, рутилом.

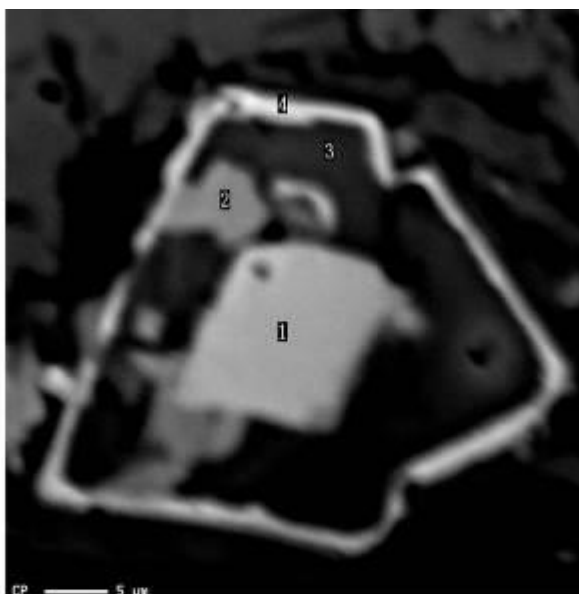
Пикроильменит основной массы в основном представлен высокомагнезиальными разностями (MgO – 11,1-14,1 мас.%) с повышенными и высокими содержаниями примеси хрома (Cr_2O_3 – 0,7-4,7 мас.%). Единичные зерна характеризуются умеренным (MgO – 9,8-10,9 мас.%) и низким (MgO – 6,1 мас.%) содержанием магния и также характеризуются высокими содержаниями примеси хрома – 1,9-2,3 мас.% Cr_2O_3 .

Хромит основной массы представлен идиоморфными зернами, размером в среднем около 0,01 мм, который образует ядра зональных образований (рис. 24). Хромит высокотитанистый – 5,3-10,8 мас.% TiO_2 , в нем отмечены довольно широкие вариации содержаний хрома (27,2-48,5 мас.% Cr_2O_3) и железа (FeO 26,9-47,1 мас.%) при сравнительно небольших вариациях содержаний магния (MgO 7,2-11,0 мас.%) и алюминия (Al_2O_3 2,9-5,2 мас.%). По краю хромита развит рутил, тонкие (ок. 0,001 мм) оторочки представлены хром-содержащим титаномагнетитом (1,3-3,3 мас.% Cr_2O_3).

Титаномагнетит основной массы имеет следующий состав: FeO – 61,1-71,8 мас.%, TiO_2 – 5,6-13,9 мас.%, MgO – 4,6-9,4 мас.%, Cr_2O_3 – 1,6-8,6 мас.%, Al_2O_3 – 1,2-6,0 мас.%.

Рутил образует гомогенные зерна размером в среднем около 0,01-0,01 мм, рубашки вокруг зерен пикроильменита, а также более крупные

полуразрушенные зерна, которые, вероятно, представляют собой фрагменты рубашек пикроильменита. Судя по несколько пониженному содержанию в нем титана – 88,6-95,4 мас.% TiO_2 , рутил замещен лейкоксеном. Также в рутиле установлена устойчивая примесь железа – 0,5-3,5 мас.% FeO .



№	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	MnO	FeO	NiO	Сумма	Минерал	Примечание
1	7,15	4,19	1,12	0,11	0,61	5,68	48,47	0,71	26,97	0,29	95,30	хромит	центр
2	0,17	0,00	0,60	0,00	3,42	94,00	0,29	0,00	0,90	0,00	99,38	рутил	край
3	0,64	0,00	0,65	0,00	52,09	0,16	0,03	0,34	0,38	0,36	54,65	кальцит	
4	9,05	2,58	1,28	0,00	2,62	9,03	2,20	1,52	68,35	0,42	97,05	ти-магнетит	оторочка

Рис. 24. Кимберлитовое тело Январское. Зональное выделение микрокристаллического хромита в основной массе (номера на фото совпадают с номерами анализов в таблице, фото в режиме фазового контраста)

В качестве акцессорной примеси в нескольких обломках установлены единичные зерна **апатита** короткостолбчатой формы, размером 0,005-0,01 мм. В ряде обломков встречается также минерал, образующий изометричные или ксеноморфные зерна размером около 0,015 мм, в котором определены спектры редкоземельных элементов **Ce, La и Nd** (рис. 25). Количественно определить содержания данных элементов не представляется возможным из-за отсутствия на данный момент методики измерения минералов, содержащих редкоземельные элементы. Судя по присутствию в спектре элементов Ca, C, O, можно предположить, что данный минерал может быть карбонатом (водным

карбонатом), хотя наличие спектра углерода может быть также обусловлено углеродным напылением.

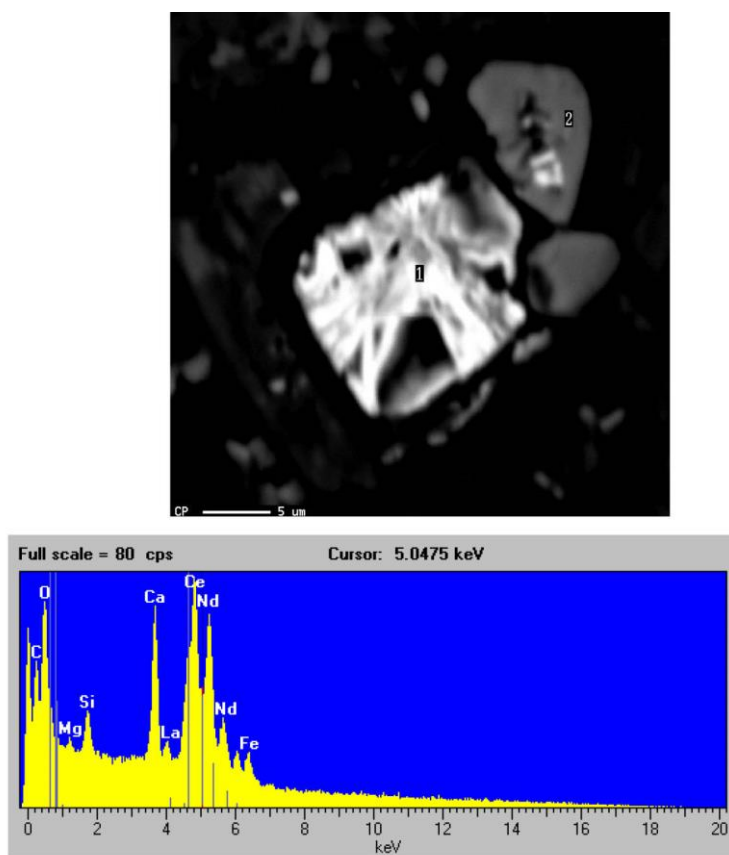
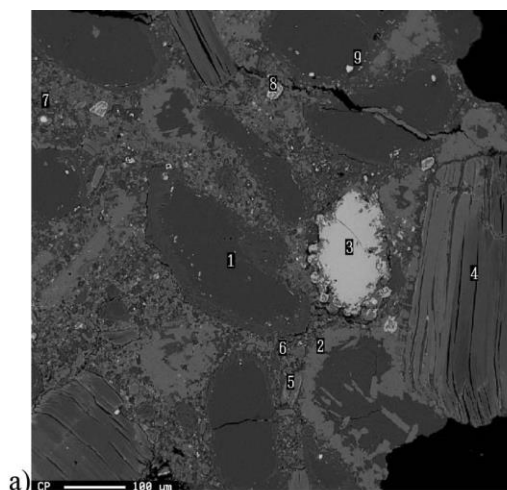
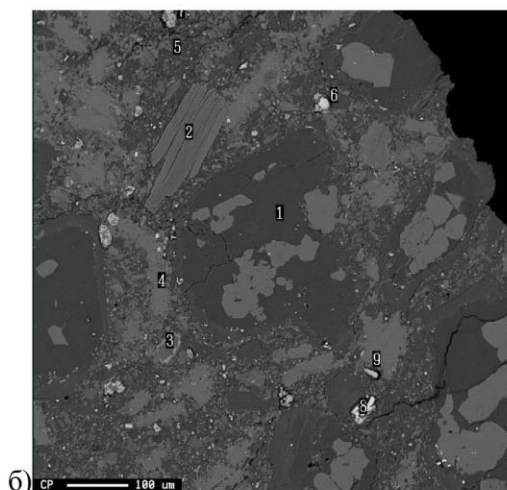


Рис. 25. Кимберлитовое тело Январское. Минерал, содержащий РЗЭ группы. Под №1 на фото в режиме фазового контраста, №2 - рутил и его рентгеновский спектр

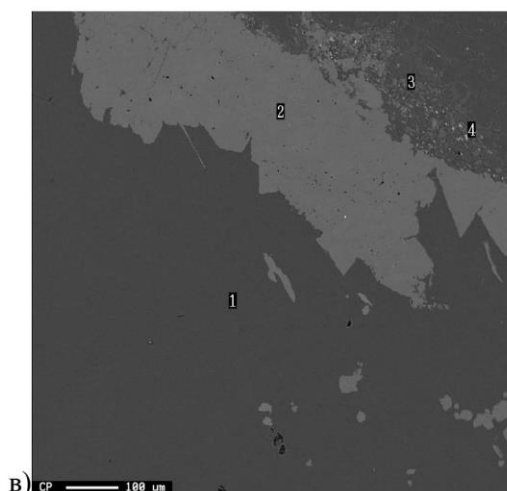
Ниже на рисунке 26 приведены представительные фотографии микрообломков кимберлитов пробы №6, выполненные в режиме фазового контраста, с указанием слагающих их минеральных фаз.



1 – псевдоморфоза серпентина по оливину, 2 – кальцит по периферии псевдоморфозы, 3 – пикроильменит, 4 – флогопит порфировый, 5 – флогопит основной массы, 6 – серпентин основной массы, 7 – хромит, 8 – рутил, 9 – хромит в псевдоморфозе



1 – псевдоморфоза серпентин-кальцитового состава по оливину, 2,3 – флогопит, 4 – кальцит основной массы, 5 – серпентин основной массы, 6 – хромит, 7 – рутил, 8 – титаномагнетит, 9 – пикроильменит



1 – серпентин, 2 – кальцит, 3 – хлорит, 4 – рутил

Рис. 26. Кимберлитовое тело Январское. Фотографии микрообломков кимберлитов пробы №6 (гл.117,0) в режиме фазового контраста

Проба №7 (гл.124,0)

Количество микрообломков в данной пробе составляет 4 зн., микрообломки гранулометрического класса -2+1 мм. Обломки визуально однотипные, грязно-серовато-зеленого цвета, угловатой формы (рис. 27).



Рис. 27. Кимберлитовое тело Январское. Фотография под биноклем микрообломков кимберлитов пробы №7 (гл.124,0)

По результатам микронзондового изучения, микрообломки не имеют явных различий в составе и подобны микрообломкам пробы №6. Микрообломки характеризуются мелкопорфировым строением, образованным вкрапленниками-псевдоморфозами по оливину, выполненными серпентином или серпентин-кальцитовым агрегатом. В серпентине из центральных частей псевдоморфоз среднее содержание магния составляет 39,0 мас.% MgO, железа – 2,2 мас.% FeO, в серпентине краевых частей псевдоморфоз - MgO – 37,2 мас.% и FeO – 5,5 мас.%. Основная масса сложена серпентин-кальцитовым агрегатом, где серпентин в той или иной степени хлоритизирован. Флогопит основной массы высокомагнезиальный – MgO – 16,9-24,8 мас.%, содержит примеси титана (TiO₂

– 1,3-3,9 мас.%) и/или хрома (Cr_2O_3 – 0,5-1,5 мас.%), краевые части зерен обогащены примесью бария и содержат 0,7-3,9 мас.% BaO , в одном анализе – до 20 мас.% BaO . Нередко флогопит частично хлоритизирован.

Микрокристаллические оксиды представлены хромитами (Cr_2O_3 – 17,2-46,8 мас.%, FeO – 27,2-47,1 мас.%, TiO_2 – 5,1-13,6 мас.%, MgO – 8,9-10,4 мас.%, Al_2O_3 – 4,1-4,7 мас.%) зонального строения, высокомагнезиальным (MgO – 12,2-13,7 мас.%) пикроильменитом с примесью хрома в количестве 1,7-4,4 мас.% Cr_2O_3 , хромсодержащим (Cr_2O_3 – 3,8-4,0 мас.%) титаномагнетитом, лейкоксенизированным рутилом.

В одном из обломков также, как и в некоторых обломках пробы №6, диагностирован TR-содержащий минерал. Один обломок представляет собой серпентин-кальцитовую псевдоморфозу по оливину с мельчайшими вкраплениями барита.

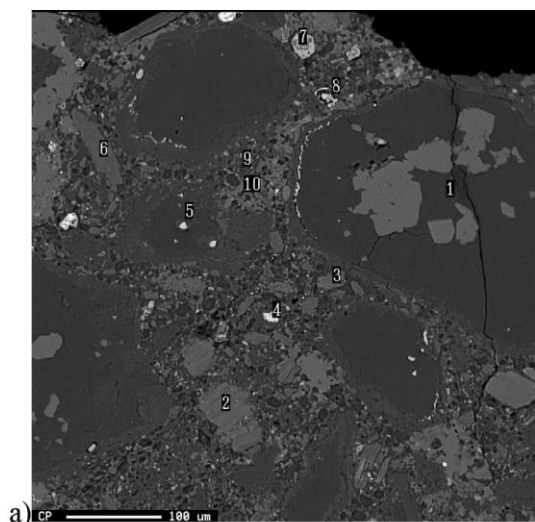
Ниже приведены фотографии отдельных микрообломков, выполненные в режиме фазового контраста (рис. 28).

Проба №8 (гл. 141, 0)

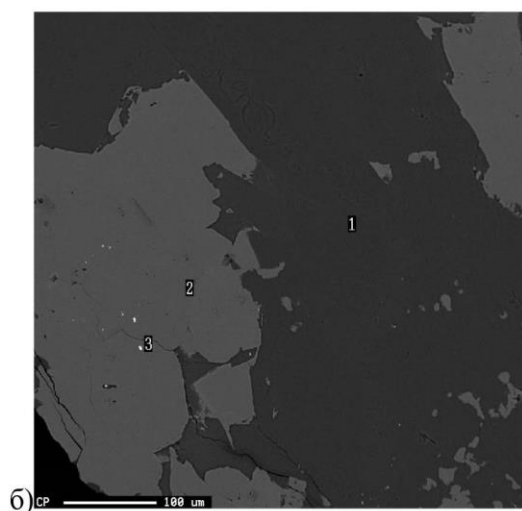
Данная проба представлена одним микрообломком размером -2+1 мм, угловатой формы, грязно-серовато-зеленого цвета (рис. 29).

Данный, микрообломок не отличается от предыдущих ни по составу, ни по структурно-текстурным особенностям. Вкрапленники в нем представлены псевдоморфозами по оливину, выполненными серпентином или серпентин-кальцитовым агрегатом и высокомагнезиальным (MgO – 12,2 мас.%) пикроильменитом с примесью хрома в количестве 2,6 мас.% Cr_2O_3 . Основная масса сложена серпентин-кальцитовым агрегатом, где серпентин в той или иной степени хлоритизирован. Флогопит основной массы высокомагнезиальный – MgO – 23,3-25,3 мас.%, содержит повышенные примеси титана (TiO_2 – 1,3-1,9 мас.%), в краевых частях зерен отмечено повышенное содержание примеси бария (до 1,2 мас.% BaO). Нередко флогопит хлоритизирован.

Микрокристаллические оксиды представлены хромитом (Cr_2O_3 – 27,4 мас.%, FeO – 43,6 мас.%, TiO_2 – 10,9 мас.%, MgO – 9,8 мас.%, Al_2O_3 – 3,9 мас.%), высокомагнезиальным (MgO 13,3 мас.%) пикроильменитом с примесью хрома в количестве 3,2 мас.% Cr_2O_3 , лейкоксенизированным рутилом (рис. 30).



1 – псевдоморфоза по оливину серпентин-кальцитового состава, 2,3,6 – флогопит, 4 – титаномагнетит, 5 – хромит в псевдоморфозе, 7 – рутил, 8 – хромит зональный, 9 – серпентин основной массы, 10 – кальцит основной массы

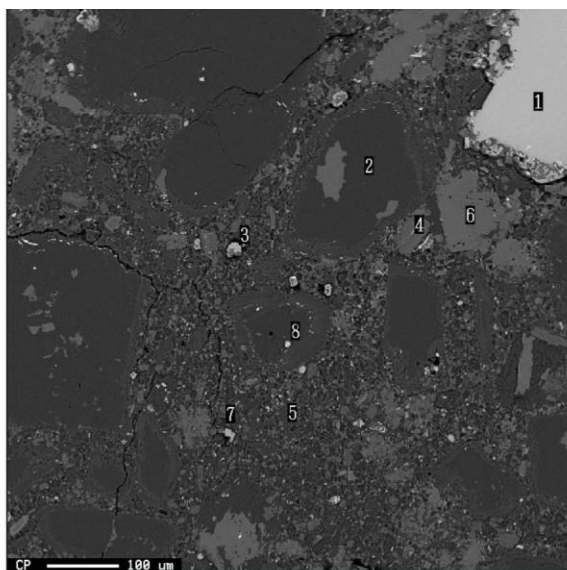


1 – серпентин, 2 – кальцит, 3 – барит

Рис. 28. Кимберлитовое тело Январское. Фотографии микробломков кимберлитов пробы №7 (гл.124,0) в режиме фазового контраста



Рис. 29. Кимберлитовое тело Январское. Фотография под биноклем микрообломка кимберлита пробы №8 (гл.141,0)



1 – пикроильменит, 2 – псевдоморфоза серпентина по оливину, 3 – рутил, 4 – флогопит основной массы, 5 – серпентин основной массы, 6 – кальцит основной массы, 7 – хромит основной массы

Рис. 30. Кимберлитовое тело Январское. Фотография микрообломка кимберлита пробы №8 (гл.141,0) в режиме фазового контраста

По результатам детального микрозондового изучения микрообломков из проб скв. 5071Л/4, можно сделать следующие выводы:

1. Изученные микрообломки уверенно относятся к кимберлитам.

2. Все изученные микрообломки имеют схожий состав и структурно-текстурные особенности, явных различий в составе микрообломков разных проб не выявлено.

3. В составе ряда микрообломков проб №6 (гл.117,0) и №7 (гл.124,0) диагностированы единичные микрозерна минерала, содержащего РЗЭ (согласно полученным рентгеновским спектрам), точная диагностика которого невозможна ввиду отсутствия методики количественного определения РЗЭ в минералах.

4.3. Результаты литохимического опробования

Геохимические исследования по кимберлитовому телу проводились по керну пробуренных скважин. Отбирались точечные пробы из кимберлитов и вмещающих пород с шагом 5 м. Начальный вес пробы составлял 200 г, отобранные пробы дробились до 1 мм, после чего истирались до размерности 200 mesh. Далее пробы отправлялись в ЦАЛ БГРЭ на количественный спектральный анализ (ИСП-спектрометрия, 37 элементов и компонентов). Всего было отобрано и проанализировано 113 проб. Кимберлитовые породы представлены одной разновидностью – порфировыми кимберлитами (ПК). Полученные анализы позволили рассчитать геохимические параметры кимберлитового тела Январское.

По петрохимическому типу [Костровицкий, 2008] кимберлитовое тело относится к третьему типу и имеет железотитанистый низкокалиевый состав. Ранжированный ряд элементов-индикаторов кимберлитов, нормированный по вмещающим терригенно-карбонатным породам [Иванов, 2005 ф, 2010 ф], представлен следующими химическими элементами и компонентами:

Ni(69,21) Nb(49,63) Cr(24,34) Ba(10,22) La(8,04) TiO₂(7,64) Ce(6,87)
Co(7,26) P₂O₅(6,65) Nd(6,06) Fe₂O₃(4,90) V(4,43) MgO(4,27) Sr(3,88) Cu(3,45)

Sc(2,85) MnO(2,73) Zr(2,63) Zn (2,38) Rb(1,91) SiO₂(1,83) Mo(1,55) Na₂O(1,50) Pb(1,47) S(0,98) Y(0,88) Ga(0,72) Al₂O₃(0,64) K₂O(0,35) CaO(0,20).

Для вмещающих терригенно-карбонатных пород выделен следующий ранжированный ряд элементов-индикаторов:

Ni(13,65) Nb(3,65) Cr(3,12) Zn(3,10) *Na₂O(2,13) Co(1,86) TiO₂(1,77) Fe₂O₃(1,61) V(1,59) Ba(1,51) MgO(1,42) Sr(1,42) Nd(1,41) Mo(1,32) Li(1,28) MnO(1,27) As(1,22) SiO₂(1,19) Sc(1,18) Ga(1,14) Al₂O₃(1,10) Rb(1,08) Cu(1,00) La(0,98) CaO(0,90) P₂O₅(0,89) Ce(0,86) Zr(0,85) Be(0,80) Yb(0,79) Pb(0,79) Y(0,71) Sn(0,68) K₂O(0,61) Ag(0,51) S(0,18).*

Характерной особенностью кимберлитового тела является повышенное содержание Ba и редкоземельных La и Ce. В целом, ведущая роль принадлежит элементам сидерофильной группы и Nb.

Выводы по главе 4.

Выявление в 2016 году нового кимберлитового тела Январское в насыщенной кимберлитами зоне Комсомольского разлома свидетельствует не только о высокой эффективности применяемой методики поисков на территории АМКП, но и высоком потенциале данной площади. Поскольку для восточной части поля, где локализовано новое кимберлитовое тело, весьма характерна вытянутая дайкообразная форма кимберлитовых тел (трубки Айхал, Комсомольская, Снежинка, к.т. Структурное и др.), обнаружение новых кимберлитов даже на хорошо изученных площадях с высокой плотностью поисковой сети, очевидно, возможно, что и подтверждено новым открытием.

Открытие Январского тела подтверждает высокую перспективность АМКП на выявление новых кимберлитовых тел, в том числе коренных месторождений алмазов.

5. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИМК КИМБЕРЛИТОВЫХ ТЕЛ ЯНВАРСКОЕ, СТРУКТУРНОЕ, ТРУБКИ ЧУКУКСКАЯ И БЛИЗЛЕЖАЩИХ ОРЕОЛОВ

В 2016 г. в ходе поисковых работ в АМКП был изучен участок Перевальный-север, расположенный в 16 км к северо-востоку от поселка Айхал в междуречье рр. Чукука и Перевальный.

Для изучения минералогии и химического состава ИМК данного участка, а также сравнения их с минералами кимберлитовых тел Январское, Структурное, трубки Чукукская обработано 710 шлиховых проб и выполнено более 1200 минералогических и микрозондовых анализов.

В пределах участка выделяются 3 рудовмещающие зоны северо-восточного простирания, на юго-западном продолжении которых за пределами изучаемой площади локализованы кимберлитовые трубки Айхал, Байтахская, Комсомольская, Структурная и серия кимберлитовых жил, а в пределах Комсомольского разлома в северо-западной части участка локализована трубка Чукукская. Площадь участка составляет 15,6 км².

По результатам предшествующих работ на участке локализован обширный шлиховой ореол (**Ореол 4**) индикаторных минералов кимберлита, охватывающий центральную и южную часть территории, и протягивающийся в западном и северо-западном направлении, уходя за пределы участка. Размеры ореола в пределах участка составляют 2,8х2,5 км. Содержания ИМК в ореоле достигают сотен и тысяч зерен на шлиховую пробу, в том числе в значительном количестве отмечаются кимберлитовые минералы 0-I класса сохранности с примазками кимберлитового материала.

В целом кимберлитовые минералы имеет широкое развитие на всей площади ореола, в то же время основная часть пикроильменита и пироба сосредоточена вблизи западной границы участка, с явным увеличением содержаний пикроильменита и пироба в пробах в направлении с юга на север, включая и рост содержаний пикроильменита и пироба хорошей сохранности.

Ореол сложный - площадного типа. Присутствие в пробах в значительных концентрациях одновременно пикроильменита и в меньшей степени пиропы различной степени механического износа, значительная часть которых в тоже время представлена ИМК ближайшего сноса, связано, скорее всего, с благоприятными условиями для их накопления и присутствием в этом районе коренных источников.

Количество ИМК в пробах может достигать сотен и тысяч зерен на 10-литровую шлиховую пробу.

Пикроильмениты в ореоле количественно значительно превосходят пиропы, встречаясь в виде мелких зерен класса $-0,5$ мм (70%), гораздо реже встречаются зерна класса $-1+0,5$ мм (25%) и крупные зерна класса $-2+1$ мм (5%). Максимальный размер пикроильменита – $3,7 \times 4,7$ мм (скв. 5165А/1 пр. 2, песчаник). Зерно I класса механического износа, угловатое (неправильной формы). Первичная поверхность сохранилась на большей части зерна и представлена тонкошероховатой скульптурой, в углублениях которой отмечается рыхлый серовато-коричневый глиноподобный материал.

По степени сохранности первичной поверхности характерно преобладание сильно изношенных зерен III (21%) и IV (12%) класса, значителен процент осколков и гипергенных (31% и 17%), зерна I и II класса суммарно составляют 19% (рис. 31).

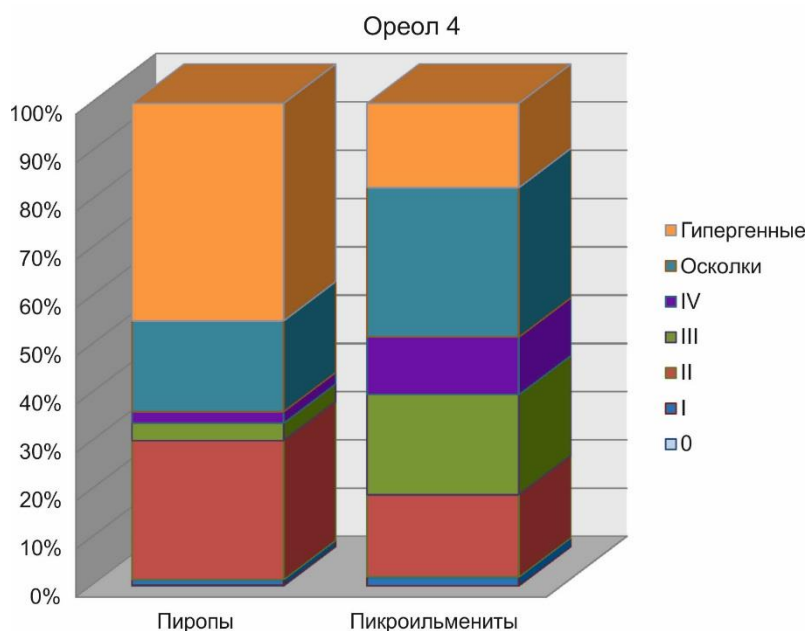


Рис. 31. Участок Перевальный-север. Ореол 4. Распределение пиропов и пикроильменитов по степени сохранности первичной поверхности

Зерна 0 класса найдены в количестве редких зерен (скв. 4963В пр. 3, алевролит; 4964А пр. 1, алевролит углистый, пр. 3, алевролит; 5062В, пр. 4, конгломерат; 5263А пр. 3, конгломерат; 5361А пр. 3, алевролит).

Анализируя в целом имеющийся минералогический материал, можно утверждать, что значительная часть гипергенных поверхностей пикроильменита сформировалась в корях выветривания кимберлитов по первичным реакционно-коррозионным поверхностям, а значит процент ИМК хорошей сохранности реально намного выше.

Форма зерен угловатая (изометрически-неправильная и неправильная), угловато-округлая и округлая.

Первичные поверхности на зернах хорошей сохранности (включая и большую часть их гипергенных разностей) реакционно-коррозионного облика (бугорчатые, шиповидные, реже ежикоподобные), реже шероховатые.

Гипергенные поверхности кубоидного и неопределенного типа, изредка - дислокационного типа.

Примазки представлены серыми, серовато-голубыми, бежевыми, кремовыми, желтыми образованиями лейкоксена и анатаза различной

модификации и степени выветрелости (плотные и рыхлые массы, корки, вторичные оболочки сложного строения, толстые рубашки, а также пленки, налеты и т.п.), вплоть до замещения их продуктами вторичной минерализации – глиноподобным, глинистым материалом. Часто одновременно с лейкоксенom и анатазом на поверхностях пикроильменита различной сохранности присутствует пирит в виде налетов, единичных вкраплений, иногда в виде разнoзернистых агрегатов вместе с кварцем и гидроокислами железа.

На всех зернах нулевого класса отмечаются примазки кимберлитового материала, а на одном зерне в составе кимберлитового материала фиксируется единичное вкрапление очень мелкой слюды (флогопит) округлой формы золотисто-коричневатого цвета (скв. 4964А пр. 3, алевролит). На единичных зернах в углублениях различного рода вместе с лейкоксен-анатазовыми образованиями присутствует серпофит (скв. 4951 пр. 4, конгломерат; 4953В пр. 1, конгломерат; 4954В пр. 2, галечник; 4960В пр. 4, шлам; 4963В пр. 1, алевролит; 4964А пр. 1, алевролит углистый, пр. 3, алевролит, пр. 4, шлам; 5059В пр. 4, шлам; 5062В пр. 5, шлам; 5157В пр. 2, песчаник; 5159Б пр. 1, конгломерат; 5165А/1 пр. 2, конгломерат, пр. 4, шлам; 5165А/2 пр. 2, конгломерат; 5167А пр. 4, шлам; 5258Б пр. 4, шлам; 5262В пр. 2, песчаник; 5263В пр. 1, конгломерат; 5264Б пр. 1, 2, песчаник, пр. 4, шлам; 5266В пр. 1, алевролит; 5367А пр. 4, гравелит; 5470А пр. 2, шлам). Примазки серпофита и кимберлитового материала голубовато-сероватого и зеленовато-голубоватого цвета.

Пирон встречается в количестве от единичных зерен до десятков зерен. Зерна, в основном, мелкие класса -0,5 мм (83%), зерна классов -1+0,5 мм и -2+1 мм встречаются редко (13% и 4%). Максимальный размер пирона – 1,9х3,0 мм (скв. 5058Б пр. 1, гравелит). Зерно II класса механического износа, первично-вторично колотое, вторичные сколы преобладают. На единичных плоскостях сколов отмечаются лункообразные скульптуры с четкими контурами эндогенного генезиса. Цвет пирона красный. Форма неправильная. Зерно угловатое, ребра и вершины, контуры сколов резко выражены, местами слабо

притерты. В углублениях различного рода присутствует кремово-белый глиноподобный материал.

Резко преобладают гипергенно-измененные зерна (45%), на долю зерен I и II класса приходится 1% и 29% соответственно, сильно изношенные зерна III и IV класса составляют всего 4% и 2%, еще 19% приходится на осколки. Пиропы 0 класса сохранности встречаются в виде редких (скв. 5165A/2, пр. 3, конгломерат) зерен (рис. 31).

Пиропы 0 класса представляет собой первично -, первично-вторично и вторично- колотые зерна, угловатой и изредка (2 з.) овалоидной формы, с первичной матированной поверхностью. Плоскости трещинной отдельности выполнены продуктами вторичной минерализации, заместившими серпофит и хлорит. На поверхностях пиропов в различной степени сохранились примазки серого и голубоватого серпофита. На единичных зернах присутствуют реликты выветрелой келифитовой каймы буро-коричневого и почти черного цвета. На некоторых зернах поверхность осложнена выветрелыми глинистыми примазками. Цвет примазок серовато-зеленоватый.

Значительная часть гипергенных поверхностей формировалась в корях выветривания кимберлитов по первичным эндогенным поверхностям, поэтому количество зерен хорошей сохранности гораздо больше приведенных выше цифр.

Форма зерен угловатая, угловато-округлая, изредка отмечаются пиропы овалоидной формы и в форме искаженных кубоидов.

Первичные поверхности – эндогенные и из кор выветривания кимберлитов (гипергенные). Эндогенные поверхности представлены матированными, реже шероховатыми скульптурами, значительная часть которых подвержена первичному гипергенному растворению, на фоне следов которого видна первичная матировка или первичный морщинистый рельеф. Единичные зерна с эндогенными ямчатыми, кавернозными и пирамидально-черепитчатыми поверхностями в виде тетрагональных пирамид или впадин.

Гипергенные поверхности как первичные, так и вторичные - кубоидного и неопределенного типа, очень редко отмечаются гипергенные поверхности дислокационного типа. Для кубоидного растворения характерны каплевидные скульптуры различного облика, развитые в различной степени. Часто поверхности пиропов комбинированные.

Примазки на пиробах широко развиты и представлены, в основном, реликтами или следами продуктов вторичной минерализации. На первичных поверхностях это глиноподобный материал кремового, золотистого, серовато-зеленого и других цветов, образованный скорее всего по хлориту, а также глиноподобный материал кремового, бежевого, желтоватого, коричневатого цвета, образованный по серпофиту (?). На поверхностях единичных пиропов из других проб в составе примазок отмечаются реликты серпофита (скв.4964А пр. 4, шлам, 5055Б пр. 3, гравелит, 5165А/2 пр. 2, 3, конгломерат).

Хромшпинелид. Представлен, в основном, зернами класса -0,5 мм (96%), зерна класса -1+0,5 мм представлены незначительно (4%), а зерна класса -2+1 мм – единичными индивидами. Максимальный размер хромита 1,1х1,3 мм отмечен в скважине 4954В (пр. 3, галечник). Все зерна хромита колотые и имеют неопределенную форму.

Форма зерен октаэдрическая, неопределенная, реже – вицинальная.

Октаэдры представлены целыми и колотыми зернами с искажением и коррозионным растворением различной степени. Грани октаэдров гладкие, тонкошероховатые или осложнены вицинальными поверхностями.

Среди хромитов вицинальной формы кроме октаэдров с сильно развитыми вицинальными поверхностями единичные зерна представляют собой двойники. Поверхность зерен довольно гладкая, вершины и ребра заметно сглажены – результат тонкого коррозионного растворения, которое подчеркивается характерным суммарным отблеском. Вершины и ребра таких зерен слабо притерты.

Зерна хромитов неопределенной формы вторично-колотые, угловатой и угловато-округлой формы. Обломки - с блестящими сколами (блеск металлоидный до стекловидного), местами отмечаются реликты тусклых матовых поверхностей, на некоторых плоскостях сколов фиксируются характерные красновато-коричневатые рефлексy внутреннего отражения, единичные тонкие края просвечивают буроватым, красновато-коричневым цветом. Реликтовые поверхности гладкие или шероховатые за счет коррозионного растворения, на некоторых зернах присутствует суммарный отблеск. На единичных зернах видны сильно развитые реакционные каймы землистого облика, иногда реликты огранки или вицинальных поверхностей. Примазки не характерны, за исключением единичных зерен, на которых присутствуют следы окисленного глинистого материала коричневатого и серого цвета. На единичных зернах хромита октаэдрической (скв. 4954В пр. 3, галечник) и неопределенной (скв. 4960В пр. 3, алевролит углистый) формы отмечаются реликты примазок серпофитоподобного материала соответственно бежевого и серовато-голубого цвета.

Оливин. Представлен целым зерном (скв.5055Б пр.4, гравелит). Форма угловато-округлая. Поверхность с коррозионным растворением неопределенного облика, осложненная примазками глиноподобного серовато-коричневого материала. Зерно довольно прозрачное. Цвет зеленоватый с желтоватым оттенком.

Слюда представлена целым зерном коричневого с золотистым оттенком цвета (скв. 5165А/2 пр. 2, песчаник). Зерно выветрелое, трещиноватое. Форма зерна округло-овальная уплощенная. Расщепляются по плоскостям спайности. По периферии плоскости спайности фиксируется ржаво-бурый глинистый материал.

Также в ходе работ был выявлен **Ореол 5**, расположенный в северной части участка в зоне влияния Комсомольского рудовмещающего разлома, протягиваясь в северо-восточном направлении. Находится в непосредственной

близости от кимберлитовых тел Чукукская, Январское, Кексовая. Размеры ореола составляют 0,3-0,5х0,8 км. Содержания ИМК здесь достигают ураганных значений, достигая в районе кимберлитовых тел десятков тысяч зерен на 10-литровую шлиховую пробу, в том числе в значительном количестве отмечаются кимберлитовые минералы 0-I класса сохранности с примазками кимберлитового материала.

В пределах ореола отобраны 34 шлихоминералогические пробы, в 26 (76%) из которых отмечены ИМК в количестве 377887 зерен: 31044 пироп, 346534 пикроильменит, 309 хромитов. Соотношение пироп-пикроильменит 1:11.

Без учета ураганных содержаний ИМК в районе к.т. Январское всего зафиксировано 1466 зерен кимберлитовых минералов, в том числе: пикроильменит – 985 зерен, пироп – 48 зерен, хромит – 1 зерно. Соотношение пироп-пикроильменит 1:20.

Далее приводится описание ИМК без учета проб скважин 01-06 и 5071Л/4 (р-н к.т. Январское).

Пикроильменит. Встречается в количестве от единичных зерен до сотен на 10-литровую шлиховую пробу. По размеру доминируют мелкие зерна класса -0,5 мм (85%), на зерна класса -1+0,5 мм приходится 12%, еще 3% составляют крупные зерна класса -2+1 мм.

По степени сохранности первичной поверхности слабо- и сильноизношенные зерна встречаются в примерно равных количествах: зерна II класса составляют 30%, на долю зерен III и IV классов приходится соответственно 20% и 10%, еще 40% составляют осколки (рис. 32).

Форма зерен угловатая и угловато-округлая (0, I, II класс, гипергенные зерна), угловато-округлая и округлая (III, IV класс). Осколки остроугольные. Первичные поверхности матированные, шероховатые, реакционно-коррозионные, и, очень редко, ямчатые. Первичные поверхности большей части зерен перекрыты корками и рубашками анатаза, но часто имеют характерный рельеф, по которому безошибочно определяются.

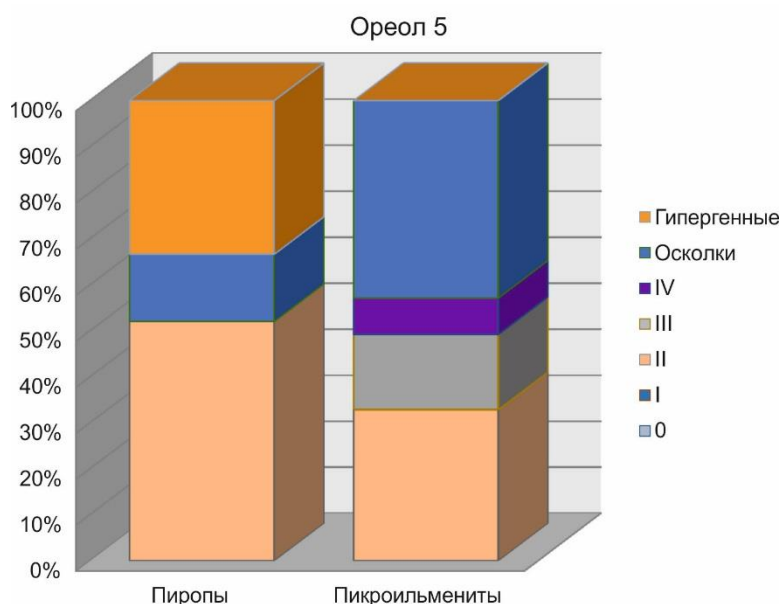


Рис. 32. Участок Перевальный-север. Ореол 5. Распределение пиропов и пикроильменитов по степени сохранности первичной поверхности

Гипергенные поверхности на зернах сформировались в корях выветривания кимберлитов, о чем говорит наличие аналогичных скульптур на зернах с развитыми первичными шероховатыми и реакционно-коррозионными поверхностями.

Примазки представлены выветрелым анатазом в виде рыхлых окисленных глинистых масс с примесью песчаного и карбонатного материала, пирита, иногда с вкраплениями мелких чешуек флогопита золотисто-коричневатого цвета и серпофитоподобного материала. Примазки свежего серпофита с вкраплениями флогопита отмечаются скважине 5071Л/4 (пр. 2, шлам). Цвет серпофита голубоватый, голубовато-серый, серовато-зеленый, коричневатый. Вкрапления слюды имеют округлую, овалоидную форму, различного размера и утолщения. Цвет слюды золотистый, золотисто-коричневый. Также примазки рыхлого, выветрелого сероватого и серовато-голубого серпофита отмечаются на зернах пикроильменита в скважине 5169А (пр. 1, суглинки).

Пироп. Фиксируется в количестве от единичных зерен до десятков зерен на 10-литровую шлиховую пробу. Представлен, в основном, зернами мелких размерностей класса $-0,5$ мм (85%), зерна класса $-1+0,5$ мм встречаются реже (13%), а зерна класса $-2+1$ мм - очень редко (2%).

Пиропы представлены исключительно зернами хорошей сохранности II класса (50%), еще 20% приходится на осколки и 30% на гипергенные зерна (рис. 32). Среди пиропов преобладают зерна угловатой формы, реже отмечаются пиропы угловато-округлой и овалоидной формы.

Первичные поверхности матированные, шероховатые, пирамидально-черепитчатые (пластинчатые, ребристые и др.), очень редко ямчатые. Первичные поверхности чаще всего осложнены гипергенными скульптурами, имеющими первичный генезис (образовались в корках выветривания кимберлитов).

Гипергенные поверхности представлены скульптурами неопределенного, кубоидного и, очень редко, дислокационного типа. Наиболее характерны кубоидные скульптуры - каплевидные, занозистые. Блеск эндогенный – шелковистый, часто сопровождается суммарным отблеском. На плоскостях сколов иногда присутствуют характерные лункообразные скульптуры.

Примазки, чаще всего, представлены бежевыми, кремовыми, серыми, коричневыми реликтами глиноподобного материала и серыми, серовато-зелеными, коричневатозелеными реликтами хлорита.. Отмечаются зерна пиропы с вкраплениями пирита и включениями рудных минералов.

Цвет пиропов фиолетовый (71%), розовый (13%), оранжевый (10%) и красный (6%). В количестве единичных знаков отмечаются дихроичные и зеленые пиропы.

Хрошпинелид. Встречено 1 зерно класса -0,5 мм. Зерно вицинальной формы, колотое (контуры сколов резкие), с искажением формы, поверхность гладкая с тонким растворением, блеск металлоидный, зерно не просвечивает.

Особенности химического состава ИМК

Здесь приводится описание химизма ИМК отдельно для северной части участка, шлихового ореола 5, ореола 4.

Ореол 4.

Гранат. В выборке присутствуют зерна 0 (15 зн.), I (45 зн.), II (97 зн.) классов сохранности, а также зерна с вторичными поверхностями (9 зн.), в трех классах крупности: $-0,5$ мм, $-1 +0,5$ мм и $-2 +1$ мм.

На диаграмме $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{--CaO}$ [Соболев, 1971] (рис. 33) точки составов гранатов располагаются в полях лерцолитового (62,7%), дунит-гарцбургитового (31,9%), верлитового (4,8%) и эклогитового (0,6%) парагенезисов. Доля гранатов алмазной ассоциации составляет 16,9%. Средние содержания основных оксидов составили: Cr_2O_3 – 5,95 мас.%, CaO – 4,93 мас.%, MgO – 20,42 мас.%, FeO – 8,08 мас.%. В среднем, гранаты высокохромистые, с преобладанием хромистости в интервалах 5-7 мас.% (35,5%), умереннокальциевые, умеренномагнезиальные, умеренножелезистые.

Пикроильменит. Выборка представлена пикроильменитами 0 (9 зн.), I (69 зн.), II (144 зн.) классов сохранности в трех классах крупности: $-0,5$ мм, $-1 +0,5$ мм и $-2 +1$ мм.

Положение фигуративных точек пикроильменитов участка в координатах $\text{TiO}_2 - \text{MgO}$ [Хмельков, 2008] приведено на рисунке 33. Пикроильмениты характеризуются преобладанием (95,0%) зерен с содержанием гематитового минала в интервале 10-20 мол.%, доля зерен с содержанием Fe_2O_3 в интервале 5-10 мол.% составляет 3,6% и доля зерен с содержанием Fe_2O_3 в интервале >20 мол.% - всего 1,4%. Средние содержания основных оксидов составляют: TiO_2 – 48,67 мас.%, MgO – 10,24 мас.%, Cr_2O_3 – 1,59 мас.%, FeO – 37,68 мас.%. Пикроильмениты шлихового ореола, в среднем, высокохромистые, умеренномагнезиальные, низкожелезистые. Максимумы магнезиальности зафиксированы в интервалах 9-12 мас.% (71,2%). Максимальное содержание MgO составляет 15,11 мас.%.

Хромшпинелид. Массив данных представлен хромшпинелидами двух классов крупности: $-0,5$ мм (185 зерен), $-1 +0,5$ мм (29 зерен) и $-2 +1$ мм (2 зерна).

Положение фигуративных точек хромшпинелидов шлихового ореола в координатах $\text{Cr}_2\text{O}_3 - \text{Al}_2\text{O}_3$ приведено на рисунке 33. Распределение фигуративных точек образует перидотитовый тренд, вдоль линии хромит-алюмохромит-хромпикотит [Харькив, 1995] и, неясно выраженный короткий пикритовый тренд, вдоль линии хромит-ульвошпинель-титаномagnetит. Преобладают измененные зерна (42,2%), собственно хромиты (32,4%), доля алюмохромитов составляет 23,1%, ульвошпинелей – 2,3%. Хромиты алмазной ассоциации составляют 3,2%. Средние содержания основных минералообразующих оксидов: Cr_2O_3 – 44,93 мас.%, Al_2O_3 – 12,51 мас.%, FeO – 27,90 мас.%, MgO – 10,67 мас.%, TiO_2 – 2,30 мас.%.

Оливин. Было проанализировано 1 зерно оливина, которое судя содержанию $\text{FeO} = 17,76$ мас.% и $\text{Cr}_2\text{O}_3 = 0,01$ мас.%, по-видимому, принадлежало, кимберлитам из слабоалмазоносных тел.

Слюда. По данным микрозондового анализа содержание основных окислов в зерне следующее: $\text{SiO}_2 = 33,66$ мас.%, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 12,78$ мас. %, $\text{MgO} - 10,67$ мас.%, $\text{FeO} - 22,45$ мас.%. Судя по соотношению $\text{Mg}:\text{Fe} < 2:1$ данный минерал является биотитом.

Северная часть участка Перевальный-север.

Гранат. В выборке присутствуют зерна I (15 зн.) и II (35 зн.) классов сохранности в трех классах крупности: $-0,5$ мм, $-1 + 0,5$ мм и $-2 + 1$ мм.

На диаграмме $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{--CaO}$ [Соболев, 1971] (рис. 34) точки составов гранатов располагаются в полях лерцолитового (62,0%), дунит-гарцбургитового (34,0%), верлитового (4,0%) парагенезисов. Доля гранатов алмазной ассоциации составляет 22,0%. Средние содержания основных оксидов составили: $\text{Cr}_2\text{O}_3 - 5,81$ мас.%, $\text{CaO} - 4,80$ мас.%, $\text{MgO} - 20,74$ мас.%, $\text{FeO} - 7,91$ мас.%. В среднем, гранаты высокохромистые, с преобладанием хромистости в интервалах 7-10 и 2-5 мас.%, умереннокальциевые, умеренномагнезиальные, низкожелезистые.

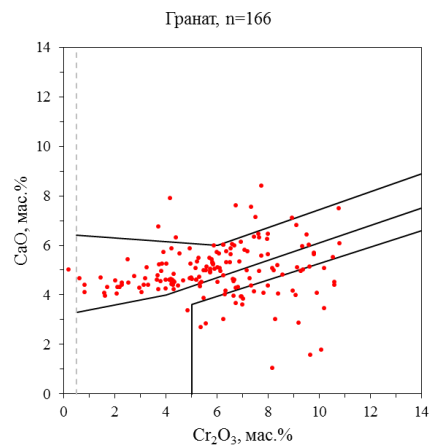
Пикроильменит. Выборка представлена пикроильменитами I (18 зн.) и II (25 зн.) классов сохранности в трех классах крупности: $-0,5$ мм, $-1 +0,5$ мм и $-2 +1$ мм.

Положение фигуративных точек пикроильменитов участка в координатах $\text{TiO}_2 - \text{MgO}$ [Хмельков, 2008] приведено на рисунке 34. Пикроильмениты характеризуются преобладанием (90,7%) зерен с содержанием гематитового минала в интервале 10-20 мол.%, доля зерен с содержанием Fe_2O_3 в интервале 5-10 мол.% составляет 7,0%. Так же зафиксировано одно зерно пикритового парагенезиса (2,3%). Средние содержания основных оксидов составляют: $\text{TiO}_2 - 49,47$ мас.%, $\text{MgO} - 10,23$ мас.%, $\text{Cr}_2\text{O}_3 - 1,21$ мас.%, $\text{FeO} - 37,83$ мас.%. Пикроильмениты в среднем, высокохромистые, умеренномагнезиальные, низкожелезистые. Максимумы магнезиальности зафиксированы в интервалах 9-12 мас.% (65,1%). Максимальное содержание MgO составляет 14,35 мас.%.

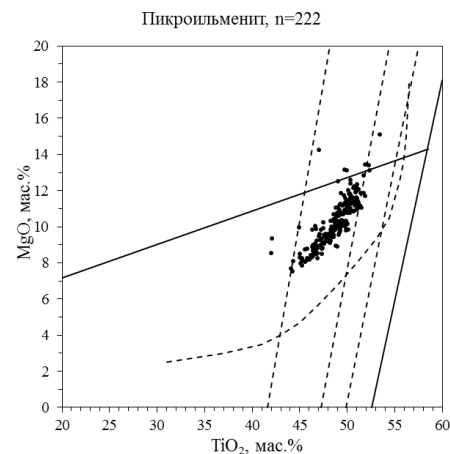
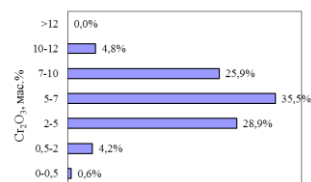
Хромшпинелид. Массив данных представлен хромшпинелидами трех классов крупности: $-0,5$ мм (16 зерен), $-1 +0,5$ мм (1 зерно) и $-2 +1$ мм (1 зерно).

Положение фигуративных точек хромшпинелидов в координатах $\text{Cr}_2\text{O}_3 - \text{Al}_2\text{O}_3$ приведено на рисунке 34. Распределение фигуративных точек образует два неясно выраженных коротких тренда, перидотитовый, вдоль линии хромит-алюмохромит-хромпикотит и пикритовый, вдоль линии хромит-ульвошпинель-титаномagnetит [Харьков, 1995]. Преобладают измененные зерна (44,4%), собственно хромиты (33,3%), доля алюмохромитов составляет 16,7%, ульвошпинелей – 5,6%. Хромиты алмазной ассоциации не выявлены. Средние содержания основных минералообразующих оксидов: $\text{Cr}_2\text{O}_3 - 44,06$ мас.%, $\text{Al}_2\text{O}_3 - 10,80$ мас.%, $\text{FeO} - 28,62$ мас.%, $\text{MgO} - 10,05$ мас.%, $\text{TiO}_2 - 2,16$ мас.%.

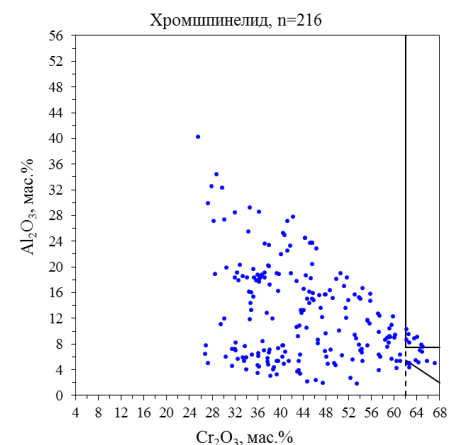
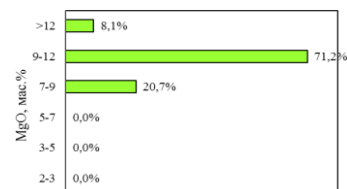
Хромдиопсид. По данным микрозондового анализа содержание основных окислов в зерне следующее: $\text{SiO}_2 = 55,61$ мас.%, $\text{CaO} = 17,59$ мас.%, $\text{MgO} - 14,78$ мас.%, $\text{Cr}_2\text{O}_3 = 4,12$ мас.%.



Парагенезис	%	к-во зерен
Дунит-гарцбургитовый	31,9	53
Лерцолитовый	62,7	104
Верлитовый	4,8	8
Сумма	99,4	165
Эклогитовый	0,6	1
Алмазная ассоциация	16,9	28
Средние содержания, мас. %		
Cr ₂ O ₃	5,95	
CaO	4,93	
MgO	20,42	
FeO	8,08	

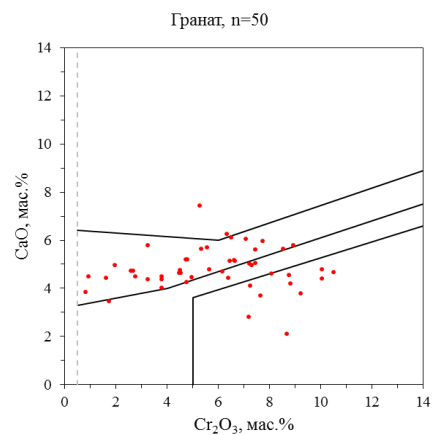


Парагенезис	%	к-во зерен
1. Ультраосновной	100,0	222
гематитовая составляющая:		
0 - 5%	0,0	0
5 - 10%	3,6	8
10 - 20%	95,0	211
>20%	1,4	3
2. Пикритовый	0,0	0
3. Базальтоидный	0,0	0
Среднее содержание, вес %		
TiO ₂	48,67	
MgO	10,24	
Cr ₂ O ₃	1,59	
FeO	37,68	

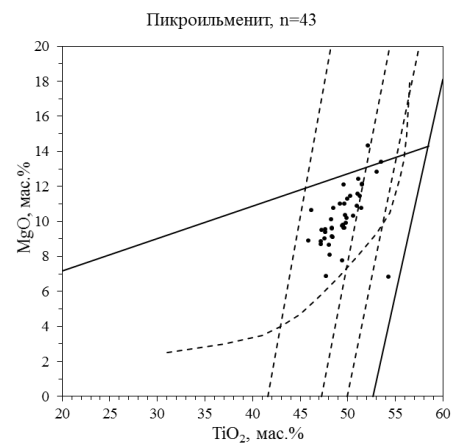
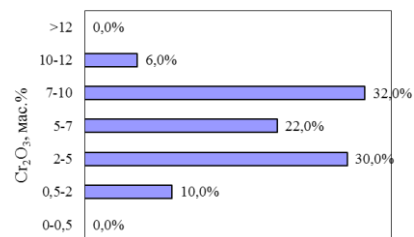


Компоненты минеральных парагенезисов и ассоциаций	%	к-во зерен
Алюмохромит	23,1	50
Хромит	32,4	70
Ульвошпинель	2,3	5
Титаномагнетит	0,0	0
Измененные разности	42,2	91
Сумма	100,0	216
Алмазная ассоциация	3,2	7
Среднее содержание, мас. %		
Cr ₂ O ₃	44,93	
Al ₂ O ₃	12,51	
FeO	27,90	
MgO	10,67	
TiO ₂	2,30	

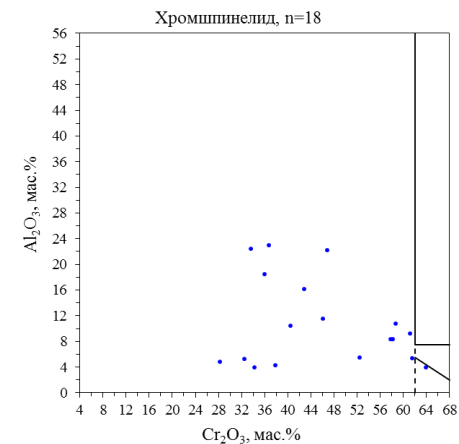
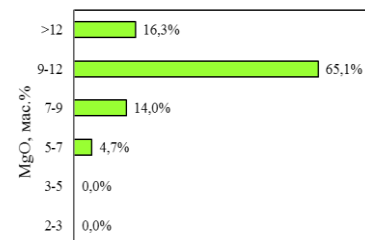
Рис. 33. Химические составы гранатов, пикроильменитов и хромшпинелидов восточной части шихового ореола 4 участка Перевальный-север



Парагенезис	%	к-во зерен
Дунит-гарцбургитовый	34,0	17
Лерцолитовый	62,0	31
Верлитовый	4,0	2
Сумма	100,0	50
Эклогитовый	0,0	0
Алмазная ассоциация	22,0	11
Средние содержания, мас. %		
Cr ₂ O ₃	5,81	
CaO	4,80	
MgO	20,74	
FeO	7,91	



Парагенезис	%	к-во зерен
1. Ультраосновной	97,7	42
гематитовая составляющая:		
0 - 5%	0,0	0
5 - 10%	7,0	3
10 - 20%	90,7	39
>20%	0,0	0
2. Пикритовый	2,3	1
3. Базальтоидный	0,0	0
Среднее содержание, вес %		
TiO ₂	49,47	
MgO	10,23	
Cr ₂ O ₃	1,21	
FeO	37,83	



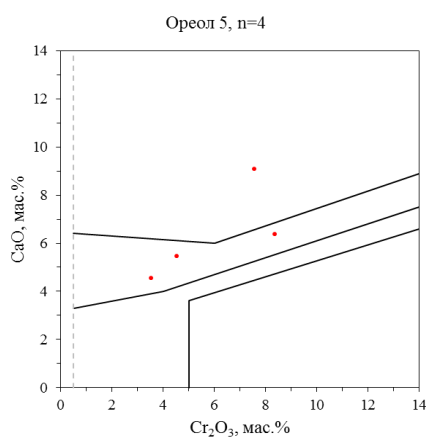
Компоненты минеральных парагенезисов и ассоциаций	%	к-во зерен
Аломохромит	16,7	3
Хромит	33,3	6
Ульвошпинель	5,6	1
Титаномагнетит	0,0	0
Измененные разности	44,4	8
Сумма	100,0	18
Алмазная ассоциация	0,0	0
Среднее содержание, мас. %		
Cr ₂ O ₃	46,06	
Al ₂ O ₃	10,80	
FeO	28,62	
MgO	10,05	
TiO ₂	2,16	

Рис. 34. Химические составы гранатов, пикроильменитов и хромшпинелидов северной части участка Перевальный-север

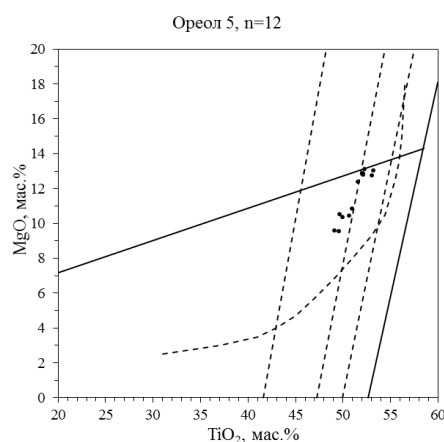
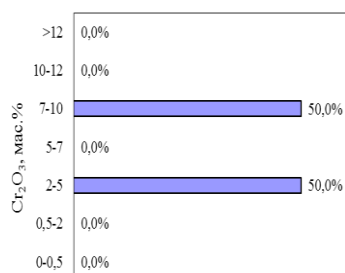
Ореол 5.

Гранат. Выборка представлена зернами II класса сохранности в двух классах крупности: $-0,5$ мм (3 зн.) и $-1 +0,5$ мм (1 зн.).

На диаграмме Cr_2O_3 – CaO [Соболев, 1971] (рис. 35) точки составов гранатов располагаются в полях лерцолитового (75,0%) и верлитового (25,0%) парагенезисов. Зерна алмазной ассоциации не выявлены. Средние содержания основных минералообразующих оксидов оставляют: Cr_2O_3 – 5,99 мас.%, CaO – 6,38 мас.%, MgO – 19,23 мас.%, FeO – 8,68 мас.%. В среднем, гранаты высокохромистые, с преобладанием хромистости в интервалах 7-10 и 2-5 мас.%, умереннокальциевые, умеренномагнезиальные, низкожелезистые.



Парагенезис	%	к-во зерен
Дунит-гарцбургитовый	0,0	0
Лерцолитовый	75,0	3
Верлитовый	25,0	1
Сумма	100,0	4
Эклогитовый	0,0	0
Алмазная ассоциация	0,0	0
Средние содержания, мас.%		
Cr_2O_3	5,99	
CaO	6,38	
MgO	19,23	
FeO	8,68	



Парагенезис	%	к-во зерен
1. Ультраосновной	100,0	12
гематитовая составляющая:		
0 - 5%	0,0	0
5 - 10%	41,7	5
10 - 20%	58,3	7
>20%	0,0	0
2. Пикритовый	0,0	0
3. Базальтоидный	0,0	0
Среднее содержание, вес %		
TiO_2	51,18	
MgO	11,53	
Cr_2O_3	0,95	
FeO	35,57	

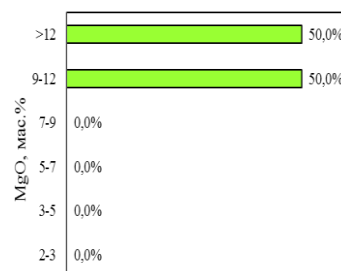


Рис. 35. Химические составы гранатов и пикроильменитов илихового ореола 5 участка Перевальный-север

Пикроильменит. Выборка представлена пикроильменитами размером – 0,5 мм I класса сохранности.

Положение фигуративных точек пикроильменитов шлихового ореола 5 в координатах $\text{TiO}_2 - \text{MgO}$ [Хмельков, 2008] приведено на рисунке 35. Пикроильмениты характеризуются преобладанием (58,3%) зерен с содержанием гематитового минала в интервале 10-20 мол.%, доля зерен с содержанием Fe_2O_3 в интервале 5-10 мол.% составляет 41,7%. Средние содержания основных оксидов составляют: $\text{TiO}_2 - 51,18$ мас.%, $\text{MgO} - 11,53$ мас.%, $\text{Cr}_2\text{O}_3 - 0,95$ мас.%, $\text{FeO} - 35,57$ мас.%. Пикроильмениты в среднем, высокохромистые, умеренномагнезиальные, низкожелезистые. Максимумы магнезиальности зафиксированы в интервалах 9-12 мас.% и >12 мас.% по 50,0%.

Далее приводится сравнение химических составов ИМК шлихового ореола 4, шлихового ореола 5 и северной части участка Перевальный-север с ближайшими кимберлитовыми трубками.

Гранат. На рисунке 36 приведено положение фигуративных точек гранатов участка Перевальный-север и кимберлитовых трубок Структурная, Комсомольская, Чукукская и кимберлитового тела Январское в координатах $\text{Cr}_2\text{O}_3 - \text{CaO}$ [Соболев, 1971].

Как видно из рисунка, гранаты сравниваемых объектов по парагенезисам имеют как схожесть, так и различия:

- по дунит-гарцбургитовой составляющей гранаты восточной части шлихового ореола 4 и северной части участка Перевальный-север практически идентичны с трубкой Чукукская;
- по лерцолитовой составляющей гранаты восточной части шлихового ореола 4 и северной части участка Перевальный-север имеют весьма близкие значения со всеми сравниваемыми трубками, но отличаются от шлихового ореола 5;

– по верлитовой составляющей гранаты восточной части шлихового ореола 4 и северной части участка Перевальный-север идентичны с трубкой Структурная;

– средние содержания всех основных минералообразующих оксидов не имеют существенных отличий.

По количеству зерен алмазной ассоциации, восточная часть шлихового ореола 4 (16,9%) и северная часть (20,4%) участка Перевальный-север значительно превышает все сравниваемые объекты.

По тренду распределения хромистости наблюдаются отличия сравниваемых объектов за исключением северной части участка с трубкой Чукукская и кимберлитовым телом Январское.

Пикроильменит. На рисунке 37 приведено положение фигуративных точек пикроильменитов участка Перевальный-север и кимберлитовых трубок Структурная, Комсомольская, Чукукская и кимберлитового тела Январское в координатах TiO_2 – MgO . На рисунке отчетливо видно, что пикроильмениты восточной части шлихового ореола 4 участка Перевальный-север, по распределениям гематитового минала весьма близки с трубкой Структурная.

По распределению магнезиальности существенных отличий не выявлено, пикроильмениты участка Перевальный-север, как и в сравниваемых трубках, в основном локализованы в интервале 9-12 мас. %.

По средним содержаниям основных минералообразующих элементов существенных отличий не выявлено.

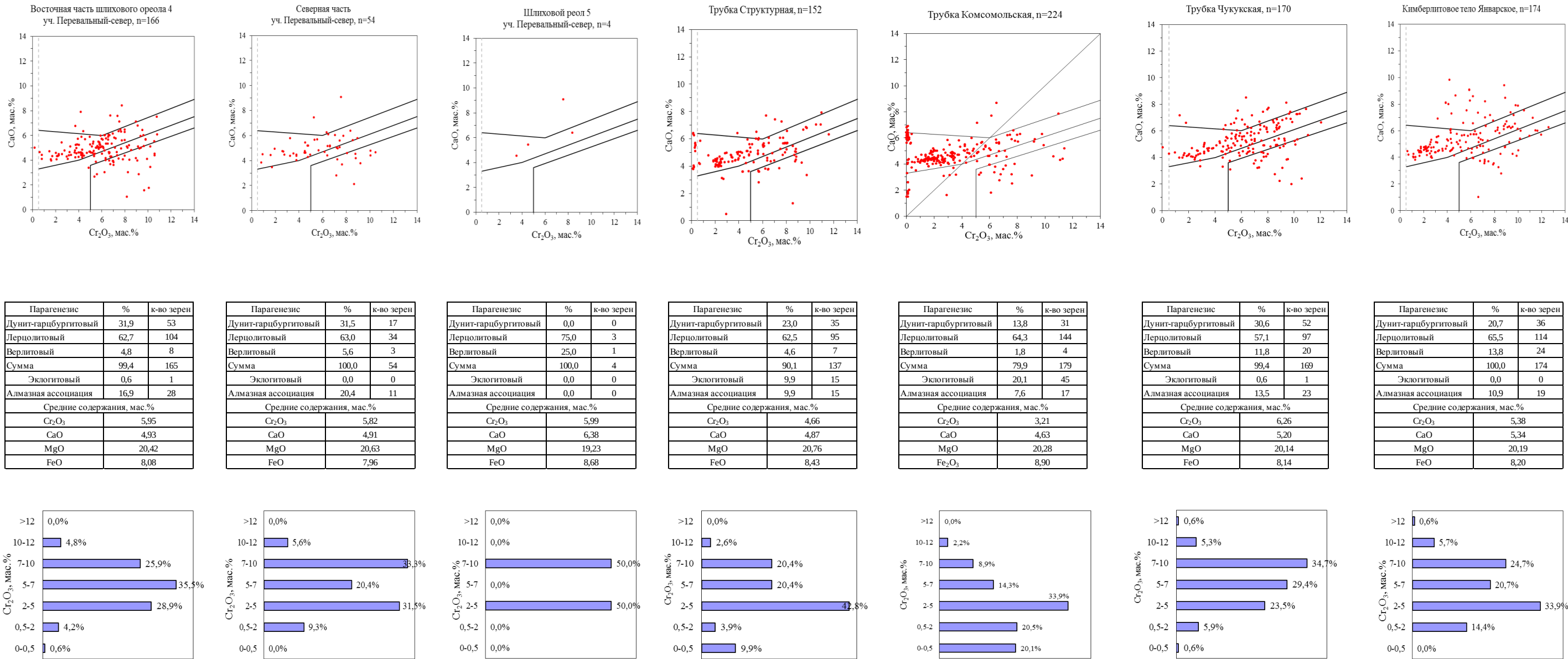


Рис. 36. Химические составы гранатов участка Перевальный-север и кимберлитовых тел Структурная, Комсомольская, Чукукская и Январское в координатах Cr₂O₃-CaO

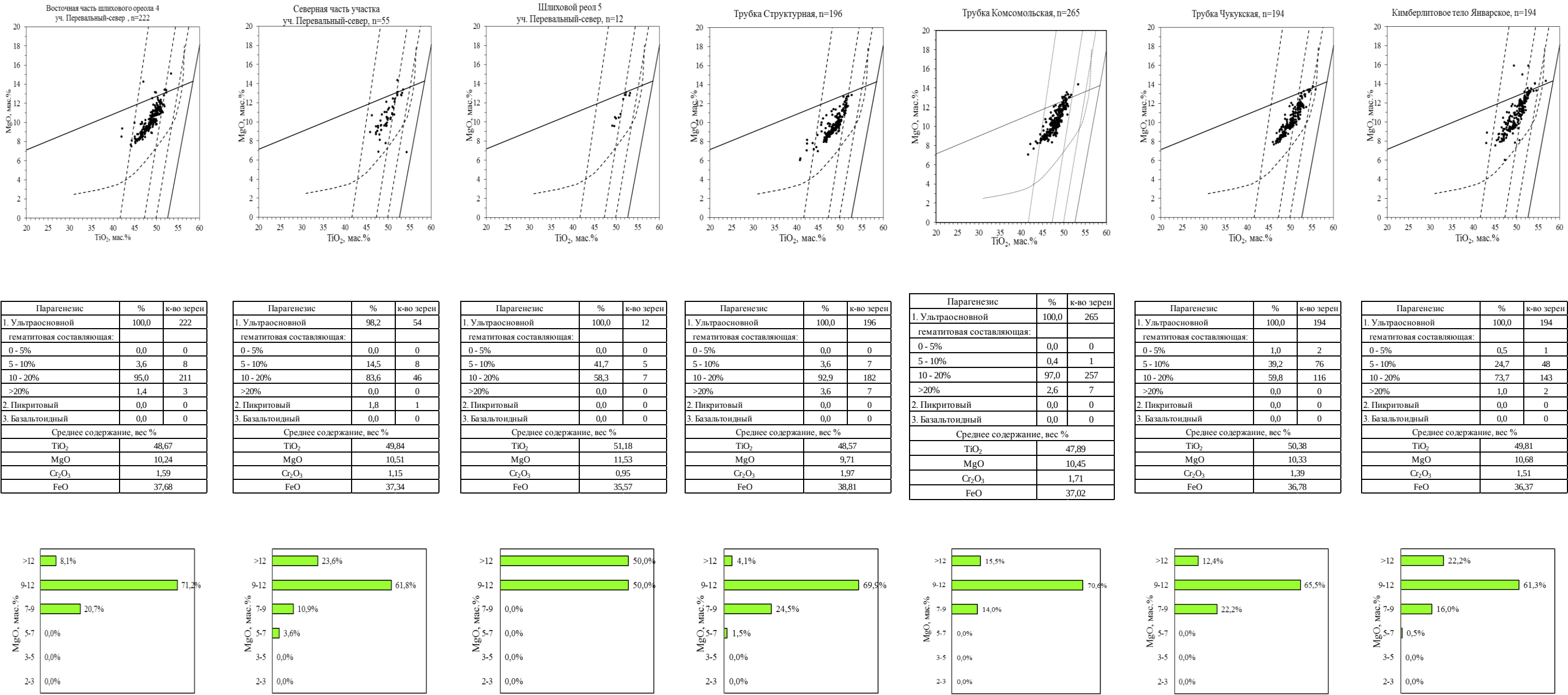


Рис. 37. Химические составы пикроильменитов участка Перевальный-север и кимберлитовых тел Структурная, Комсомольская, Чукукская и Январское в координатах TiO₂ – MgO

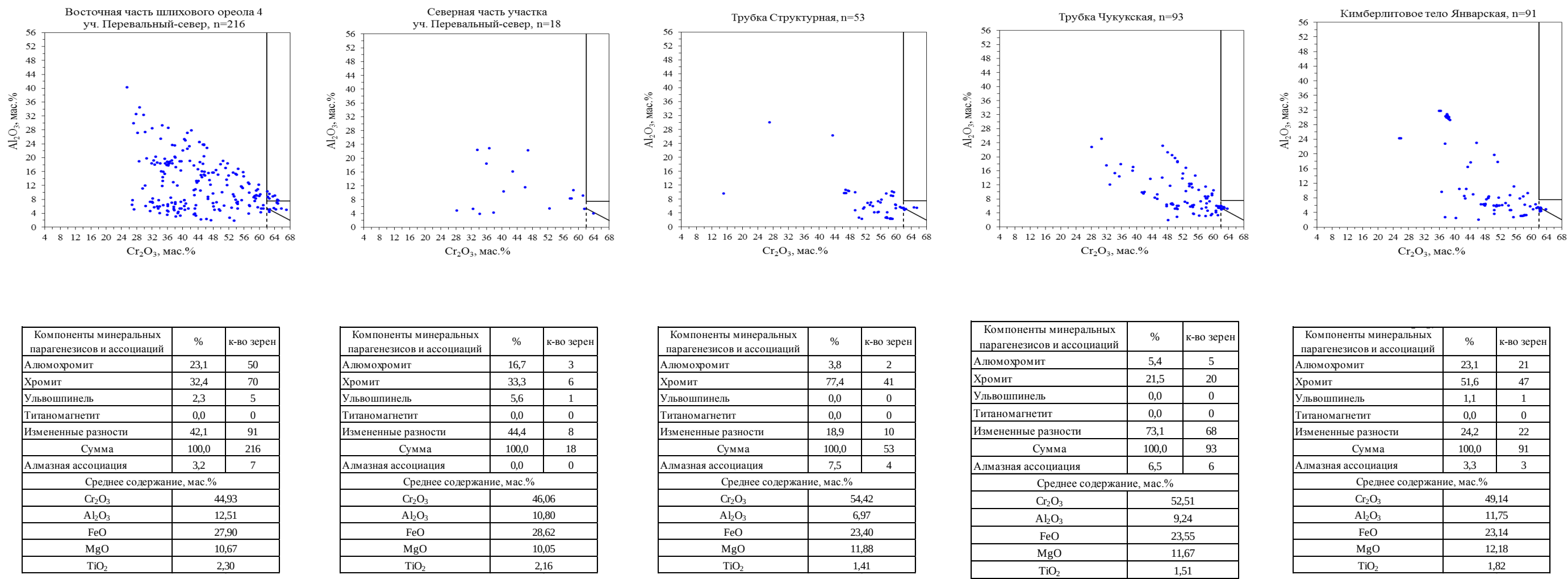


Рис. 38 Химические составы хромшпинелидов участка Перевальный-север и кимберлитовых тел Структурная, Чукукская и Январское в координатах Cr₂O₃ – Al₂O₃

Хромшпинелид. На рисунке 38 приведено положение фигуративных точек хромшпинелидов участка Перевальный-север и кимберлитовых трубок Структурная, Чукукская и кимберлитового тела Январское. Как видно из рисунка, сравниваемые объекты имеют существенно отличающийся химизм и разные содержания всех минералообразующих оксидов. И только по количеству алюмохромитов (23,1% и 23,1%) и количеству зерен алмазной ассоциации (3,2% и 3,35%) наблюдается сходство хромитов восточной части шлихового ореола 4 и кимберлитового тела Январское.

Выводы по главе 5.

Исходя из приведенных в главе данных можно сделать вывод, что формирование концентраций ИМК ореола 4, происходило за счет дезинтеграции кимберлитовых трубок Комсомольская, Чукукская, а также тел Структурное и Январское, о чем свидетельствует определенное сходство химизма кимберлитовых минералов и более низкое гипсометрическое положение шлихового ореола относительно кимберлитовых тел. Учитывая черты сходства химизма индикаторных минералов кимберлита ореола 5 и кимберлитовых тел Чукукская и Январское по ряду показателей, а также их близкое взаимное расположение, участие этих кимберлитовых тел в формировании данного ореола весьма вероятно. Вместе с тем, имеющиеся различия химизма ИМК позволяют предполагать наличие на территории вблизи ореола других кимберлитовых тел.

Все вышесказанное подтверждает второе защищаемое положение:

Наличие в пределах АМКП участков с высококонтрастными ореолами индикаторных минералов кимберлита хорошей сохранности с фрагментами кимберлитового материала, отличающихся по химическому составу от близлежащих месторождений, позволяют считать АМКП перспективным на выявление новых объектов, что подтверждается открытием за последние годы кимберлитовых тел Январское и трубки Морозовых.

6. ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ КОРЕННОЙ АЛМАЗОНОСНОСТИ ПЛОЩАДИ ОБЪЕКТА

Большая часть Алакит-Мархинского кимберлитового поля относится к закрытым территориям II-V геотипов, где в составе перекрывающего комплекса широко развиты отложения верхнего палеозоя, а также образования траппового комплекса позднего палеозоя-раннего мезозоя.

Оценка остаточных перспектив Алакит-Мархинского кимберлитового поля основана, в первую очередь, на структурно-тектонических критериях и минералогических признаках.

Структурно-тектонические критерии являются определяющими в локализации кимберлитовых тел. Все выявленные кимберлитовые трубки и жилы Алакит-Мархинского поля расположены в зонах динамического влияния известных и прогнозируемых рудовмещающих разломов. Эти структуры достаточно уверенно трассируются по линейно-цепочечному расположению кимберлитовых тел и ориентировке их длинных осей. Кроме того, они находят своё отражение в виде достоверно установленных зон повышенной трещиноватости, дробления и жильной минерализации во вмещающих терригенно-карбонатных породах (кварц, кальцит, сульфиды). Очень часто в пределах этих зон картируются участки с наложенными процессами карстообразования. Известные кимберлитовые тела приурочены в пределах рудовмещающих разломов к структурным узлам, представляющим собой участки пересечения (сочленения) нескольких разнонаправленных тектонических нарушений. По результатам интерпретации наземных геофизических исследований, выполненных в последние годы на территории поля, наиболее часто такими «структурными узлами» являются зоны сочленения известных рудовмещающих разломов северо-восточной ориентировки с субширотными разрывными нарушениями более низкого порядка. Кроме того, дополнительными структурно-тектоническими критериями локального прогноза являются малоамплитудные депрессии, осложненные структурами

противоположного знака (антиформами), которые контролируют размещение всех новых кимберлитовых трубок.

Минералогические признаки после всесторонней идентификации погребенных шлиховых ореолов позволяют достаточно надежно оценивать остаточные перспективы изученной части поля. Эти признаки вместе со структурно-тектоническими критериями дают возможность обосновывать выбор перспективных в поисковом отношении площадей.

Остаточные перспективы Алакит-Мархинского поля большинством исследователей связываются с множеством шлиховых ореолов, коренные источники которых до сих пор не найдены. Сегодня нельзя с полной уверенностью утверждать, что все шлиховые ореолы, установленные в подошвенных горизонтах каменноугольных отложений, сформировались поблизости от коренных источников, тем более, что в их формировании принимали участие не только континентальные, но и морские коллекторы. Изучаемые ореолы формировались в течение длительного времени за счет дезинтеграции различных кимберлитовых тел и часто удалены от собственных коренных источников. Основная часть ореолов приурочена к древним областям аккумуляции: днищам речных палеодолин или их фрагментам, озёрным котловинам, реже склонам локальных палеоподнятий в рельефе карбонатного цоколя.

Сегодня есть все основания полагать, что в пределах Алакит-Мархинского кимберлитового поля на рубеже раннего и среднего карбона сформировался промежуточный коллектор предположительно прибрежно-морского генезиса, впоследствии полностью размытый [Серов, Афанасьев, 1999 ф]. Компонентами этого коллектора являлись хорошо окатанные и отсортированные гальки и гравий экзотических пород (кварцитов, кремней и кварца), а также сильноизношенные (III-IV кл.) кимберлитовые минералы, впоследствии переотложенные в среднекаменноугольных осадках континентального генезиса.

При этом происходило смешивание прибрежно-морских и континентальных минеральных ассоциаций.

Таким образом, шлиховые ореолы в результате своей длительной эволюции могли полностью или частично утратить пространственную связь с коренными источниками, что значительно осложняет проведение поисков алмазных месторождений.

Кроме того, надо иметь в виду, что на территории поля выявлены две кимберлитовые трубки (Одинцова и Апрельская), верхние части диаатрем которых на глубину до 150 метров от поверхности рудного тела практически полностью заполнены крупными глыбами и «плавающими рифами» вмещающих карбонатных пород при минимальном присутствии кимберлитового материала. При эрозии таких кимберлитовых тел не образуется обширных шлиховых ореолов с высокими концентрациями ИМК хорошей сохранности, что необходимо учитывать при проведении поисковых работ.

Необходимо также отметить, что ряд известных кимберлитовых тел Алакит-Мархинского кимберлитового поля при высоком содержании в них гранатов алмазной ассоциации характеризуются убогим содержанием алмазов (тр. Кира, Победа и др.)/ Следовательно, оценка потенциальной продуктивности прогнозируемых объектов, а также их количество в пределах поля должны опираться на усреднённые параметры установленных алмазоносных коренных источников [Коробков и др., 2010 ф].

Таким образом, можно констатировать, что поиски коренных месторождений алмазов необходимо проводить на территориях, являвшихся областями денудации на момент формирования первичных коллекторов кимберлитовых минералов, которыми являлись либо локальные палеоподнятия в рельефе карбонатного цоколя, либо пологие водораздельные пространства, расчленённые разветвлённой сетью временных и постоянных палеоводотоков. Ввиду сказанного, реконструкция палеорельефа является наиболее важной, но в то же время крайне сложной задачей.

По структурно-тектоническому критерию, определяющему локализацию кимберлитовых тел, перспективы коренной алмазоносности изученной площади связаны с зонами влияния Комсомольского, Айхальского, Ноябрьского и других разломов, отчетливо прослеживающихся на изученной территории установленными зонами повышенной трещиноватости, дробления и жильной минерализации во вмещающих карбонатных породах, а также аномалиями скважинной магнитометрии.

Пространственное расположение геофизических аномалий свидетельствует о наличии структурных узлов, представляющих собой участки пересечения разноориентированных тектонических нарушений, к которым могут быть приурочены кимберлитовые тела. По результатам интерпретации наземных геофизических исследований такими структурными узлами могут быть зоны сочленения известных рудовмещающих разломов северо-восточного направления с разрывными нарушениями более низкого порядка северо-западной или субширотной ориентировки.

К настоящему времени в пределах поля установлено 66 кимберлитовых трубок, из которых только 6 относятся к разряду месторождений: Айхал, Сытыканская, Комсомольская, Юбилейная, Заря и Краснопресненская. Таким образом, согласно статистике, на каждые 11 тел приходится 1 алмазоносная кимберлитовая трубка.

С высокой долей вероятности можно прогнозировать кимберлитовое тело в северо-восточной части АМКП (уч. Перевальный-север, Иванов, 2016), где располагается шлиховой ореол с высокими концентрациями ИМК, в том числе хорошей сохранности с примазками кимберлитового материала, а количество гранатов алмазной ассоциации достигает 20,8%. Помимо этого, здесь выявлена аномалия РВГИ, антиформное поднятие осевой линии депрессии и рудовмещающие разрывные нарушения, среди которых особо выделяется зона Комсомольского разлома, в пределах которого заключены, в частности, новое

тело Январское, а также коренное месторождение алмазов – трубка Комсомольская.

Наибольший поисковый интерес могут представлять приподнятые водораздельные пространства в северной, западной и южной части участка Перевальный-север, зафиксированные по результатам палеорекострукции рельефа карбонатного цоколя, где отмечены находки ИМК хорошей сохранности с примазками кимберлитового материала, что указывает на близость их источника – неизвестного кимберлитового тела (тел). Также поисковый интерес представляет зона Комсомольского рудовмещающего разлома, где в 2016 году вскрыто новое кимберлитовое тело Январское и восточная часть участка, где выделена аномалия РВГИ, а в ряде проб фиксируются зерна ИМК с примазками кимберлитового материала.

По данным микрозондового анализа на основе сходства химизма индикаторных минералов можно предположить, что формирование ореола 4 происходило при участии кимберлитовых тел зоны Комсомольского разлома, так и неизвестных тел. Формирование ореола 5 осуществлялось за счет дезинтеграции кимберлитовых тел Чукукская и Январское, но возможен также и привнос из других неизвестных на сегодня кимберлитовых объектов. Различия химизма ИМК позволяют предполагать на территории АМКП наличие новых кимберлитовых тел, которые, по доле гранатов алмазной ассоциации (16,9% для ореола 4 и 20,4% для северной части участка), могут быть алмазоносными.

Выводы по главе 6.

Различия в химическом составе индикаторных минералов кимберлитовых тел Январское, Структурное, Чукукская и близлежащих погребенных ореолов в совокупности с палеогеоморфологическими реконструкциями, наличие рудоконтролирующих дизъюнктивных и пликативных нарушений, перспективной геофизической (РВГИ) аномалий позволяют прогнозировать в этой части территории АМКП наличие новых кимберлитовых тел, которые могут

быть потенциально алмазоносными и представлять промышленный интерес, что позволяет сформулировать третье защищаемое положение:

На основании комплекса структурно-тектонических критериев локального прогноза, минералогических признаков проявления кимберлитового магматизма и палеогеоморфологических реконструкций в пределах АМКП выделен участок Перевальный-север, перспективный на выявление коренных месторождений алмазов, рекомендуемый к первоочередному опоскованию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что наиболее значимыми структурно-тектоническими критериями прогноза коренных месторождений алмазов, наряду с узлами пересечения разнонаправленных разрывных нарушений, являются малоамплитудные депрессии, осложненные структурами противоположного знака (антиформами), что позволило актуализировать методику поисков кимберлитовых тел.

Применение геофизических и геологических методов поисков кимберлитовых тел оказывается неэффективным, что требует их комплексирования.

Изучено геологическое строение и вещественный состав нового тела Январское, выявление которого в зоне Комсомольского разлома свидетельствует о сохраняющихся высоких перспективах АМКП на обнаружение новых источников алмазного сырья.

Особенности локализации погребенных шлиховых ореолов рассеяния ИМК и сравнительный анализ их с известными коренными источниками (Январское, Структурное, Чукукская) позволяют предполагать наличие на близлежащей территории новых коренных источников алмазов.

Установлено, что наиболее перспективными на выявление новых кимберлитовых тел являются приподнятые водораздельные пространства в

северной, западной и южной части участка Перевальный-север, зона Комсомольского разлома, а также восточная часть участка, где была выделена аномалия РВГИ и в ряде проб фиксируются зерна ИМК с примазками кимберлитового материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов Д.В., Толстов А.В., Иванов В.В. Особенности индикаторных минералов кимберлитов новой трубки Январская (Западная Якутия). Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2017, №5. с. 20-26.
2. Иванов Д.В., Толстов А.В., Иванов В.В. Геологическое строение и вещественный состав кимберлитового тела Январское (Далдыно-Алакитский алмазоносный район). Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2018. № 5. с. 39-43.
3. Иванов Д.В., Иванов В.В., Толстов А.В. Структурно-тектонические критерии поисков кимберлитовых тел в Алакит-Мархинском поле. Руды и металлы. 2019. №2. с. 55-60.
4. Иванов Д.В., Толстов А.В., Иванов В.В. Геохимические поиски месторождений алмазов в пределах Алакит-Мархинского кимберлитового поля // Вопросы естествознания. 2018. № 2 (16). С. 44-48.
5. Иванов Д.В., Толстов А.В., Иванов В.В. Роль пликативных структур как прогнозных критериев на алмазоносные кимберлиты в Алакит-Мархинском поле // Руды и металлы. 2021. № 3. С. 6-13.
6. Иванов Д.В., Салихов Р.Ф., Толстов А.В., Иванов В.В., Григорьева Н.А. Особенности поисков кимберлитов в пределах Алакит-Мархинского поля // В сб.: Геология и мин.-сырьев. ресурсы СВ России М-лы VII Всеросс. Науч.-практ. Конф., посв. 60-лет. ИГАБМ СО РАН. 2017. С. 266-271.
7. Салихов Р. Ф., Салихова В. В., Иванов Д. В. Методика построения карт реконструированного палеорельефа для решения прогнозных задач на закрытых территориях (на примере Алакит-Мархинского кимберлитового поля) // В сб.: Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России. М-лы VII Всеросс. Науч.-практ. Конф., ВНК-2017. С. 428-433.
8. Иванов Д.В., Салихов Р.Ф., Толстов А.В., Иванов В.В., Морозова Н.Е. Особенности прогнозирования и поисков месторождений алмазов на

- закрытых территориях на примере Далдыно-Алакитского района (Якутия) // В сб.: Геология и минерагения Северной Евразии М-лы совещ., к 60-летию ИГИГ СО АН СССР. 2017. С. 273-274.
9. Иванов Д.В., Толстов А.В., Иванов В.В. Минералогия кимберлитов новой кимберлитовой трубки Январская (Западная Якутия) // Петрология магматических и метаморфических комплексов. Вып. 9. М-лы IX Всерос. Петрограф. Конф. с межд. участием. – Томск: ЦНТИ. 2017. – С. 158-159.
 10. Иванов Д.В., Толстов А.В., Иванов В.В. Петрология пород и особенности химического состава минералов-индикаторов кимберлитов нового тела Январское (Западная Якутия) // Новое в познании процессов рудообразования: Седьмая Российская молодежная научно-практическая Школа. М.: ИГЕМ РАН, 2017. – с. 134-136.
 11. Иванов Д.В., Толстов А.В., Иванов В.В. Петрология кимберлитов трубки Чукукская // Проблемы магматической и метаморфической петрологии, геодинамики и происхождения алмазов. Тез. Межд. Конф., к 110-лет акад. В.С. Соболева – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2018 – с. 30.
 12. Иванов Д.В., Толстов А.В., Иванов В.В. Особенности морфологии и вещественного состава кимберлитового тела структурное (Западная Якутия) // В сб.: Актуальные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии. Мат-лы XXIX молод. Науч. школы-конференции, посв. памяти чл.-корр. АН СССР К.О. Кратца и акад. РАН Ф.П. Митрофанова. 2018. С. 168-172.
 13. Иванов Д.В., Толстов А.В., Иванов В.В. Структурно-тектонические критерии поисков кимберлитовых тел в Алакит-Мархинском поле // В сб.: Эффективность геологоразведочных работ на алмазы: прогнозно-ресурсные, методические, инновационно-технологические пути ее повышения М-лы V Всерос. научно-практ. Конф. с межд. участием, посв. 50-летию Алмазной лаб. ЦНИГРИ – НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО). Мирный, 2018. С. 375-376.
 14. Иванов Д.В., Толстов А.В., Иванов В.В. Палеогеографические реконструкции при прогнозировании и поисках источников алмазов в

- пределах Алакит-Мархинского кимберлитового поля // В кн.: Науч.-метод. основы прогноза, поисков, оценки мест-й алмазов, благородных и цвет.мет. Тез. Докл. VIII Межд. науч.-практ. конф. 2018. С. 10-11.
- 15.Иванов Д.В., Толстов А.В., Иванов В.В. Строение и состав Январского кимберлитового тела // В сборнике: Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России. М-лы VIII ВНК-2018. С. 196-199.
 - 16.Иванов Д.В., Толстов А.В., Иванов В.В. Коренные месторождения алмазов западной Якутии: особенности поисков и результаты //В книге: Науч.-метод. основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов. Тез. Докл. IX Межд. науч.-практ. конф. 2019. С. 18-19.
 - 17.Салихов Р.Ф., Иванюшина Е.Н., Иванов Д.В. Структурные критерии при крупномасштабном и локальном прогнозировании кимберлитов на закрытых территориях // Сборник: Геология и минерагения Северной Евразии Материалы совещания, приуроченного к 60-летию Института геологии и геофизики СО АН СССР. 2017. С. 205-206.
 - 18.Иванов Д.В., Толстов А.В., Иванов В.В. Геологическое строение и вещественный состав трубки Чукукская // В сборнике: Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России. М-лы XIII Всеросс. науч.-практ. конференции с междунар. участием, посв. 30-летию Академии наук р. Саха и 40-летию Геологоразведочного факультета СВФУ им. М.К. Аммосова, ВНК-2023. С. 71-76
 - 19.Белов С.В., Лапин А.В., Толстов А.В., Фролов А.А. Минерагения платформенного магматизма (траппы, карбонатиты, кимберлиты). Новосибирск, и-во СО РАН, 2008. 537 с.
 - 20.Хмельков А.М. Основные минералы кимберлитов и их эволюция в процессе ореолообразования (на примере Якутской алмазоносной провинции). Новосибирск: АРТА, 2008. 252 с.

21. Салихов Р.Ф. Надразломные пликативные дислокации Алакит-Мархинского кимберлитового поля. // Материалы VI Международной конференции «Новые идеи в науках о земле». М.: Изд-во МГГРУ, 2003, т. 1. с. 104.
22. Салихов Р.Ф. Сдвиговый тектогенез и кимберлитовый магматизм (на примере Далдыно-Алакитского алмазоносного района). // Материалы VI Международной конференции «Новые идеи в науках о земле». М.: Изд-во МГГРУ, 2003, т. 1. с. 106.
23. Салихов Р.Ф. и др. Крупномасштабная прогнозная оценка территории на алмазы на основе ГИС-технологий (на примере юго-западной части Алакит-Мархинского кимберлитового поля) в сб. Проблемы прогнозирования и поисков месторождений алмазов на закрытых территориях: Материалы конференции, посвященной 40-летию ЯНИГП ЦНИГРИ АК «АЛРОСА». – Якутск: изд-во ЯНЦ СО РАН, 2008. – с. 274- 281.
24. Никулин В.И., Лелюх М.И., Фон-дер-Флаас Г.С. Алмазопрогностика (методическое пособие). Иркутск: «Оттиск». 2001. 320 с.
25. Салихов Р.Ф., Гапотченко П.И., Зюзин Ю. М., Морозова Н. Е., Салихова В.В., Цой И.Г. Крупномасштабная прогнозная оценка территории на алмазы на основе ГИС-технологий (на примере юго-западной части Алакит-Мархинского кимберлитового поля) // Сб. «Проблемы прогнозирования и поисков месторождений алмазов на закрытых территориях, научное и методико-технологическое обеспечение их решений». НИГП, Мирный. Якутск: изд-во ЯНЦ СО РАН. 2008. С. 274-281.
26. Соболев Н.В. О минералогических критериях алмазоносности кимберлитов // Геология и Геофизика. 1971. №3. - С. 70-80.
27. Харьков А.Д., Зинчук Н.Н., Крючков А.И. Геолого-генетические основы шлихоминералогического метода поисков алмазных месторождений. – М.: Недра, 1995. – 348 с.
28. Лапин А.В., Толстов А.В., Василенко В.Б. Петрогеохимические особенности кимберлитов Средне-Мархинского района в связи с проблемой

- геохимической неоднородности кимберлитов // Геохимия. 2007. № 12. С. 1292-1304.
- 29.Игнатов П.А., Бушков К.Ю., Штейн Я.И., и др. Геологические и минералогическо-геохимические признаки структур, контролирующих алмазоносные кимберлиты Накынского поля Якутии // Руды и металлы. 2006. № 4. С. 59-67.
- 30.Симоненко В.И., Толстов А.В., Васильева В.И. Новый подход к геохимическим поискам кимберлитов на закрытых территориях // Разведка и охрана недр. 2008. № 4-5. С. 108-112.
- 31.Кременецкий А.А., Карась С.А., Толстов А.В. Технология прогнозно-поисковых геохимических работ на алмазы (на примере Накынского поля, Якутия) // В сб.: Эффективность прогнозирования и поисков месторождений алмазов: прошлое, настоящее и будущее. М-лы науч.-практ. Конф., посв. 50-летию открытия трубки "Зарница". СПб. ВСЕГЕИ. 2004. С. 187-190.
- 32.Кременецкий А.А., Карась С.А. Технология глубинных геохимических поисков алмазоносных кимберлитов // Разведка и охрана недр. 2005. № 2-3. С. 21-25.
- 33.Григорян С.В. «Первичные геохимические ореолы при поисках и разведке рудных месторождений». М. : Недра, 1987. – 408 с.
- 34.Ягнышев Б.С., Хмелевский В.А. «Геохимические поиски кимберлитовых тел». В сборнике «Вопросы прикладной геохимии и петрофизики». Киев, 1980. 817 с.
- 35.Григорян С.В., Кузин М.Ф., Соловов А.П. «Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений». М. : Недра, 1983. – 191 с.
- 36.Василенко В.Б., Толстов А.В., Кузнецова Л.Г. и др. Петрохимические критерии оценки алмазоносности кимберлитовых месторождений Якутии // Геохимия. 2010. № 4. с. 366-376.

- 37.Кременецкий А.А., Карась С.А., Толстов А.В. Геохимические поиски кимберлитовых трубок на закрытых территориях: проблемы и решения // Региональная геология и металлогения. 2006. № 27. с. 126-139.
- 38.Лапин А.В., Толстов А.В., Антонов А.В. Изотопный состав Sr- и Nd кимберлитов и конвергентных с ними пород Сибирской платформы // Доклады Академии наук. 2007. Т. 414. № 1. с. 78-82.
- 39.Мальцев М.В., Толстов А.В., Фомин В.М. и др. Перспективы выявления новых кимберлитов на Вилуй-Мархинском междуречье (Западная Якутия) // «Месторождения алмазов: процессы формирования, закономерности локализации, методы прогнозирования и поисков». Новосибирск, 2016, ИГМ СО РАН, с. 76-80.
- 40.Подчасов В.М., Минорин В.Е., Богатых И.Я. и др. «Геология, прогнозирование, методика поисков, оценки и разведки коренных месторождений алмазов / Кн. 1. Коренные месторождения. - Якутск: ЯФГУ «Издательство СО РАН», 2004. – с. 548.
- 41.Салихов Р.Ф. Дополнительные критерии прогноза кимберлитовых полей // IV Региональная научно-практическая конференция «Геологическое обеспечение минерально-сырьевой базы алмазов: проблемы, пути решения, инновационные разработки и технологии». - Мирный, 2014, с. 195-198.
- 42.Инструкция по применению классификации запасов к коренным месторождениям алмазов. М.: ГКЗ СССР, 1984.
- 43.Костровицкий С.И. Минералогия и геохимия кимберлитов западной Якутии. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук. - Иркутск, 2008.
- 44.Орлов Ю. Л. Минералогия алмаза. - М.: Наука, 1984. - 264 с.
- 45.Толстов А.В., Князьков А.П., Яныгин Ю.Т. Предпосылки выявления новых месторождений алмазов на Вилуй-Мархинском междуречье // АК АЛРОСА, Мирный, 2014, с. 217-221.

46. Толстов А.В., Фомин В.М., Зырянов И.В. Новые открытия – основа развития Западной Якутии // Наука и инновационные разработки – Северу. Изд-во «Перо», Мирный, с. 171-172.
47. Милашев В.А. Структуры кимберлитовых полей. – Л.: Недра, 1979. – с. 183.
48. Горев Н.Н., Веретенников В.А. Мелкомасштабное районирование Сибирской платформы на алмазы / Сб. Проблемы прогнозирования и поисков месторождений алмазов на закрытых территориях, научное и научно-методическое обеспечение их решений. – Якутск: ЯФГУ “Изд-во СО РАН», 2008.
49. Салихов Р.Ф., Иванюшина Е.Н., Иванов Д.В. Структурные критерии при крупномасштабном и локальном прогнозировании кимберлитов на закрытых территориях // Сборник: Геология и минералогия Северной Евразии Материалы совещания, приуроченного к 60-летию Института геологии и геофизики СО АН СССР. 2017. С. 205-206.
50. Герасимчук А.В. Математическое моделирование – основной метод повышения надёжности локализации кимберлитовых полей по геофизическим данным // Геология, закономерности размещения, методы прогнозирования и поисков месторождений алмазов. Мирный, 1998, с. 244–246.
51. Горев Н.И., Герасимчук А.В., Проценко Е.В., Толстов А.В. Тектонические аспекты строения Вилуйско-Мархинской зоны, их использование при прогнозировании кимберлитовых полей // Наука и образование. – 2011. - №3. С. 5–10.
52. Мальцев М.В., Толстов А.В., Фомин В.М., Старкова Т.С. Новое кимберлитовое поле в Якутии и типоморфные особенности и типоморфные особенности его минералов-индикаторов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 2016. № 3. С. 86–94.

53. Мальцев М.В., Толстов А.В., Старкова Т.С., Иванов А.С. Особенности вещественного состава кимберлитов Сюльдюкарского поля (Западная Якутия) // Наука и образование. 2017. № 4 (88). С. 37–43.
54. Проценко Е.В., Толстов А.В., Горев Н.И. Критерии поисков кимберлитов и новые перспективы коренной алмазности Якутии // Руды и металлы, 2018, №4. С. 14–23.
55. Толстов А.В., Минин В.А., Василенко В.Б., Кузнецова Л.Г., Разумов А.Н. Новое тело высокоалмазных кимберлитов в Накынском поле Якутской алмазной провинции // Геология и геофизика. 2009. Т. 50. № 3. С. 227 – 240.
56. Афанасьев В.П., Николенко Е.И. Тычков Н.С., Титов А.Т., Толстов А.В., Корнилова В.П., Соболев Н.В. Механический износ индикаторных минералов кимберлитов: экспериментальные исследования // Геология и геофизика. 2008. Т. 49. №2. С. 120–127.
57. Методические указания по поискам коренных месторождений алмазов на Сибирской платформе (Якутская алмазная провинция). Ленинград, 1989. – 64 с.
58. Толстов А.В. Главные рудные формации Севера Сибирской платформы. М.: ИМГРЭ, 2006, 212 с.
59. Соболев Н.В., Соболев А.В., Томиленко А. А., Батанова В. Г., Толстов А. В., Логвинова А. М., Кузьмин Д. В. Уникальные особенности состава вкрапленников оливина посттрапповой алмазной кимберлитовой трубки Малокуонапская, Якутия // Докл. РАН. 2015. Т. 463. №5. С. 587–591.
60. Шкодзинский В.С., Толстов А.В. Признаки алмазности кимберлитов // Наука и образование. 2007. №4. С. 11–16.
61. Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н., Похиленко Н. П. Морфология и морфогенез индикаторных минералов кимберлитов. - Новосибирск, 2001. - 276 с.
62. Афанасьев В.П. Локальный прогноз месторождений алмазов: принципы и проблемы / В.П. Афанасьев // Геологические аспекты минерально-сырьевой

- базы акционерной компании «АЛРОСА»; современное состояние, перспективы, решения. Мирный, 2003. - С. 232-238.
63. Геологический словарь. Том 1-2. - М., «Недра», 1973. Страниц 943.
64. Илупин И.П. О химико-минералогических различиях последовательных фаз внедрения кимберлитов // Геология и геофизика, №2, 1972. - С. 151-157.
65. Коган И.Д. Подсчет запасов и геолого-промышленная оценка рудных месторождений. М.: Недра, 1974. - 304 с.
66. Копчёнова Е.В. Минералогический анализ шлихов и рудных концентратов. М.: Недра, 1979. - 250с.
67. Коробков И. Г. Тектонические факторы локального прогнозирования коренной алмазности / И. Г. Коробков // Горно-геологическое образование в Сибири. 100 лет на службе науки и производства : материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Томск, 2001. - С. 62–65.
68. Кузьмин В.П., Красноперов М.Я. Методы построения геологических разрезов. М.: Недра, 1975. - 64 с.
69. Кушнарёв И.П. Глубины образования эндогенных рудных месторождений. М.: Недра, 1982. - 166 с.
70. Магниторазведка. Справочник геофизика. М., «Недра», 1990. - 470 с.
71. Милашев В.А. Применение структурного анализа к кимберлитовым телам // Геология и геофизика. 1960. №6. – С. 49-60.
72. Милашев В. А. Трубки взрыва. - Л.: Недра 1984г. - 268 с.
73. Милашев В.А. Кимберлиты и глубинная геология. - Л.: Недра, 1990. - 167 с.
74. Митюхин С.И. Прогнозирование кимберлитопоявлений: состояние и нерешенные проблемы // Геология, закономерности размещения, методы прогнозирования и поисков месторождений алмазов. Мирный, 1998.
75. Михайлов Б.К., Голубев Ю.К., Митюхин С.И. Состояние и перспективы расширения алмазодобывающей промышленности России // Эффективность прогнозирования и поисков месторождений алмазов: прошлое, настоящее и будущее / Алмазы-50/ - СПб.: ВСЕГЕИ, 2004. - С. 25-30.

76. Agashev A.M., Pokhilenko N.P., Tolstov A.V., Orihashi Y., Nakai S., Serov I.V. Age of Mirny field kimberlites (Siberia) and application of rutile and titanite for U-Pb Dating of kimberlite emplacement by LA-ICP-MS // *Geochemical Journal*. 2016. T. 50. № 5. P. 431–438.
77. Sobolev N.V., Tomilenko A.A., Tolstov A.V., Logvinova A.M., Kuz'min D.V., Sobolev A.V., Batanova V.G. Unique compositional peculiarities of olivine phenocrysts from the post flood basalt diamondiferous Malokunapskaya Kimberlite Pipe, Yakutia // *Doklady Earth Sciences*. 2015. T. 463. № 2. С. 828–832.
78. Vasilenko V.B., Kuznetsova L.G., Minin V.A., Tolstov A.V. Evaluating the diamondiferous potential of unaltered kimberlites by the population models of their composition // *Geochemistry International*. 2012. T. 50. № 12. С. 988–1006.
79. Agashev A.M., Pokhilenko N.P., Malkovets V.G., Sobolev N.V., Tolstov A.V., Polyanchko V.V. New age data on kimberlites from the Yakutian diamondiferous province // *Doklady Earth Sciences*. 2004. T. 399. № 8. P. 1142–1145.

Фондовая

80. Иванов В.В., Тершивский А.А. Отчет о результатах поисков коренных месторождений алмазов в бассейнах рек Сохсолох, Чукука и Оюр-Юряге в 2011-2016 гг. Объект Верхне-Чукукский-2. Айхал, 2016.
81. Тершивский А.А., Пирогов С.А, Иванов Д.В. Отчет о результатах поисков коренных и россыпных месторождений алмазов в верховьях рек Сохсолох и Марха в 2012-2014 гг. Объект Сохсолох-Мархинский-2. Айхал, 2014.
82. Салихов Р. Ф., Морозова Н. Е., Цой И. Г. Отчет о результатах поисковых работ по доизучению структурно-тектонического строения территории Далдыно-Алакитского алмазоносного района с целью уточнения факторов контроля кимберлитового магматизма в 2004 - 2008 гг. Объект Подтрапповый. Айхал, 2008.

- 83.Лафинчук С.В., Иванов В.В., Салихов Р.Ф. Отчет о результатах детальных поисковых работ на алмазы в бассейнах рек Сохсолох, Чукука и Оюр-Юряге на объекте Верхне-Чукукский северный в пределах Верхне-Чукукского участка недр республики Саха (Якутия) в 2016-2018 гг. Объект Верхне-Чукукский северный. Мирный, 2018.
- 84.Салихова В.В., Авдюшев А.В. Отчет о результатах поисков коренных месторождений алмазов в бассейнах рек Сохсолох, Чукука и Оюр-Юряге в 2017-2020 гг. Объект Верхне-Чукукский южный. Мирный, 2020.
- 85.Иванов В.В. Отчет о результатах поисков коренных месторождений алмазов в верховьях рек Сохсолох, Чукука и Марха в 2008-2010 гг. Объект Верхне-Чукукский. Айхал, 2010.
- 86.Иванов В.В., Тюрин Ф.Ф. Отчет о результатах доизучения геологического строения и алмазоносности кимберлитовых тел Алакит-Мархинского кимберлитового поля в 2009-2012 гг. Объект Верхне-Мархинский ревизионный. Айхал, 2012.
- 87.Морозова Н.Е., Гапотченко П.И., Охлопков В.И. Отчет по теме: «Обобщение и анализ результатов аэрогеофизических исследований с целью выявления факторов структурно-тектонического контроля кимберлитового магматизма на севере якутской алмазоносной провинции» в 2010-2016 гг. Объект Аэрогеофизический-тематический. Айхал, 2016.
- 88.В.В. Поляничко, С.А. Прокопьев. Отчет о результатах поисков коренных месторождений алмазов на Алакит-Сохсолоохском междуречье в 2003-2006 гг. Объект Алакит-Сохсолоохский. Айхал, 2006.
- 89.Румянцева В.П. Отчет о результатах работ по поиску коренных месторождений алмазов в бассейнах рек Алакит, Марха и Сохсолох в 2017-2021 гг. Объект Алакит-мархинский-2. Мирный, 2021.
- 90.Пирогов С.А. Отчет о результатах работ по поиску коренных месторождений алмазов в бассейнах рек Тегюрюк и Марха в 2017-2020 гг. Объект Южно-Тегюрюкский. Мирный, 2020.

- 91.Цыбульская Т.Е., Маслова О.В. Отчет о результатах поисков коренных месторождений алмазов в верховьях рек Марха, Тегюрюк, Алакит в 2009-2012 гг. Объект Подтрапповый-2. Айхал, 2012.
- 92.Иванов В.В. Отчет о результатах поисков коренных месторождений алмазов в верховьях рек Сохсолох и Марха в 2006 - 2009 гг. Объект Сохсолох-Мархинский. Айхал, 2009.
- 93.Истратов В.А. Отчет о выполнении опытно-методических работ «Исследование межскважинного пространства по технологии радиоволновой геоинтроскопии (РВГИ) из поисковых скважин на участке «Перевальный-север», Москва, 2016.
- 94.Серов В.П., Афанасьев В.П. Отчет по теме: «Минералогическая идентификация древних шлиховых ореолов Алакит-Мархинского кимберлитового поля с целью оценки его остаточных перспектив». Айхал, 1999.
- 95.Устинов В.И., Цой И.Г. Отчет о результатах поисков коренных месторождений алмазов в бассейнах верхних течений рек Алакит, Марха и Сохсолоох в 1996-2001 гг. Айхал, 2002.
- 96.Шамшина Э.А. Отчет по теме: "Геохронологическое прогнозирование коренной алмазоносности Сибирской платформы" за 1992-95гг. Якутск, 1995.
- 97.Ягнышев Б.С. Отчет о результатах работ по «Совершенствованию методики выявления и критериев оценки аномалий трубчатого типа по первичным геохимическим ореолам кимберлитов применительно к условиям Далдыно-Алакитского района (IV-VI геотипы)» выполненных ГУП ЯПСЭ в 1995-99 гг. Якутск, 2006.
- 98.Алтухова З.А. и др. Отчет по теме: "Изучение влияния кимберлитового магматизма и сопровождающих его процессов на вмещающие породы с целью определения поисковых критериев кимберлитовых тел на примере Далдыно-Алакитского района. Якутск, 1985.

99. Варламов В.А. Отчет о научно-исследовательской работе: «Изучить структурные критерии локализации кимберлитовых трубок, усовершенствовать ППК для Алакитского и Мало-Ботуобинского районов». Москва, 1987.