

*На правах рукописи*

**ЕВСТРАТОВ Алексей Андреевич**

**БАЗИТОВЫЕ ВУЛКАНОСТРУКТУРЫ СЕВЕРО-ВОСТОКА  
ТУНГУССКОЙ СИНЕКЛИЗЫ (В СВЯЗИ С ПРОБЛЕМОЙ ИЗУЧЕНИЯ  
АЛМАЗОНОСНЫХ «ЗАКРЫТЫХ» ТЕРРИТОРИЙ)**

Специальность 25.00.01 – общая и региональная геология

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

Иркутск – 2015

Работа выполнена в Научно-исследовательском геологоразведочном предприятии (НИГП) акционерной компании «АЛРОСА» (открытое акционерное общество)

**Научный руководитель:**

Коробков Илья Георгиевич, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник НИГП АК «АЛРОСА» (ОАО)

**Официальные оппоненты:**

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

Округин Александр Витальевич доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник (ФГБУ Н Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, г. Якутск)

**Ведущая организация:**

ФГАОУ ВО Национальный исследовательский Томский государственный университет (г. Томск)

Защита состоится «\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 г. в \_\_ часов \_\_ минут на заседании диссертационного совета Д.003.022.02 при Институте земной коры СО РАН по адресу:

664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института земной коры СО РАН по адресу: 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128.

Отзывы на автореферат в 2-х экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим направить ученому секретарю совета к.г.-м.н. Ю.В. Меньшагину по адресу: 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128 или e-mail: men@crust.irk.ru.

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
кандидат геол.-мин. наук

Ю.В. Меньшагин

**Актуальность темы.** В настоящее время в стратегии развития АК «АЛРОСА» (ОАО), являющейся главным поставщиком российских алмазов на внутренний и внешний рынки, среди основных направлений обозначены восполнение и наращивание минерально-сырьевой базы, от чего напрямую зависит деятельность горнодобывающего комплекса Компании. В связи с достаточно плотной опосредованностью открытых территорий все более актуальным становится перевод основных алмазо-поисковых работ на закрытые площади, которые по степени проявленности прогнозно-поисковых факторов относятся к категории перспективных и, как правило, являются наиболее трудоемкими на обнаружение новых коренных и россыпных источников алмазов. При этом отличительной особенностью геологического строения этих районов является практически повсеместное развитие вулканических и интрузивных пород, связанных с проявлением перм-триасового траппового магматизма. Площади распространения этих пород нередко занимают до 80% перспективных территорий. Размещение базитовых образований в составе перекрывающего комплекса определяет их сложные взаимоотношения с отложениями верхнего и нижнего палеозоя, где они нередко перекрывают и инъецируют последние. Все это весьма усложняет палеогеологические реконструкции процессов позднепалеозойского седиментогенеза и оказывает негативное влияние на проведение работ по прогнозно-перспективной оценке закрытых площадей. В свою очередь, это указывает на современную актуальность специализированного изучения базитовых образований с целью развития унифицированной схемы их развития, определения морфологических особенностей и установления взаимосвязи с конкретными морфоструктурными элементами вмещающих осадочных пород и, в первую очередь, с теми из них, которые относятся к категории прогнозных предпосылок. Это позволит внести потенциальный вклад в решение вопроса обеспечения сырьем отечественных горнодобывающих предприятий.

**Объект исследований** – вулканогенные и интрузивные образования северо-восточного обрамления Тунгусской синеклизы, охватывающей территории Далдыно-Алакитского и северо-восточной части Моркокинского алмазосносных районов (междуречье рр. Моркока, Марха, Сохсолох).

**Целью работы** являлось изучение особенностей базитового вулканизма на северо-востоке Тунгусской синеклизы на основе анализа геолого-геофизической информации, районирование территории с выделением разнотипных вулканоструктур, а также отображение наиболее крупных элементов погребенного палеорельефа в особенностях развития вулканоструктур и определение их роли в прогнозно-поисковых работах на алмазы.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

1. совершенствование методики исследования базитовых вулканоструктур применительно к рассматриваемому региону;

2. изучение особенностей строения вулканоструктур на исследуемой территории с построением их геолого-геофизических моделей;
3. районирование базитовых образований на северо-востоке Тунгусской синеклизы с выделением отдельных вулканоструктур;
4. изучение роли базитового магматизма в системе палеогеологических прогнозных критериев.

**Научная новизна.** В результате проведенных исследований получены следующие новые результаты, представляющие научный интерес:

- 1) усовершенствован комплекс методических приемов в рамках специализированного структурно-формационного анализа, которые позволяют картировать базитовые вулканоструктуры и выделять элементы их строения;
- 2) установлены закономерности развития комплексов пород, сформировавших вулканоструктуры в пределах северо-восточного обрамления Тунгусской синеклизы;
- 3) выявлена степень влияния элементов палеорельефа карбонатного цоколя на характер планового распределения объемов интрузивных тел вулканоструктур;
- 4) предложена принципиальная модель основных этапов формирования рельефа дневной поверхности в пределах территорий развития базитовых образований

**Практическая значимость.** Установлено, что анализ планового распределения объемов интрузивных тел вулканоструктур, которые находят свое выражение в современном рельефе, позволяет выделять элементы палеорельефа карбонатного цоколя в ранге палеодолин и древних водораздельных пространств. Это дает возможность в соответствии с разномасштабными стадиями прогнозно-поисковых работ определять региональный снос обломочного, в том числе кимберлитового материала, детализировать направления переноса алмазов и их минералов-спутников в пределах отдельных площадей и локализовать кимберлитоперспективные участки.

#### **Защищаемые положения.**

1. Усовершенствованный комплекс методических приемов с использованием современных геоинформационных технологий позволяет выделять главные структурно-морфологические элементы базитовых вулканоструктур: внешние контуры структур, их эпицентральные области, площадное распределение мощностей интрузивных массивов.
2. Вулканоструктуры северо-востока Тунгусской синеклизы представляют взаимосвязанный комплекс эксплозивных, эффузивных и интрузивных пород. Их эпицентральные области характеризуются наличием крупнообломочных и агломератовых туфов, площадным развитием базальтов и витробазальтов, наиболее мощными интрузивными массивами, а также инъективными блоками пород нижнего и верхнего палеозоя, зонами

подводящих каналов; периферийные части характеризуются сокращением мощностей интрузивных массивов с формированием зон их расщепления и выклинивания.

3. Площадное распределение объемов интрузивных тел вулканоструктур является основой для трассирования ведущих элементов палеорельефа нижнепалеозойского карбонатного цоколя - палеодолин и водораздельных пространств, что позволяет определять направления регионального сноса обломочного материала и детализировать пути переноса алмазов и их минералов-спутников в пределах перспективных площадей и участков на закрытых территориях.

**Фактический материал.** Работа представляет собой результат семилетней научно-исследовательской деятельности (2008-2015) в сфере научно-методической геологической экспертизы под руководством д.г.-м.н. И.Г. Коробкова. Работа основывается на материалах прогнозно-оценочных и тематических исследований, выполненных автором в Научно-исследовательском геологоразведочном предприятии (НИГП) АК «АЛРОСА» (ОАО) в пределах Якутской алмазоносной провинции. В основу также положены результаты сбора, обработки и анализа геолого-геофизической информации, наработанной Амакинской, Ботуобинской геологоразведочными экспедициями и НИГП в течение длительного периода. Автором построено и обработано более 300 частных разрезов, проведена интерпретация более 30 космоснимков, а также их различных комбинаций. Для обработки информации использовались пакеты программ: Microsoft Office, Corel Draw X3, ArcGis 9.3.

**Апробация диссертации.** Основные положения диссертации были представлены на: IX Международной конференции «Новые идеи в науках о Земле» (Москва, 2009); XXIII, XXIV Всероссийской молодежной конференции «Строение литосферы и геодинамика» (Иркутск, 2009, 2011); IV Всероссийском симпозиуме по вулканологии и палеовулканологии «Вулканизм и геодинамика» (Петропавловск-Камчатский, 2009); I-й Всероссийской научно-практической конференции студентов и молодых учёных «Молодёжь и научно-технический прогресс в современном мире» (Мирный, 2009); Региональной научно-практической конференции, посвященной 55-летию инженерного образования в Республике Саха (Якутск, 2011); Научно-практической конференции памяти А.И. Кривцова «Научно-методические основы прогноза, поисков и оценки месторождений твердых полезных ископаемых – состояние и перспективы» (Москва, 2011); Всероссийской конференции «Геология, тектоника и металлогения Северо-Азиатского кратона» (Якутск, 2011); Всероссийской конференции, посвященной 100-летию со дня рождения члена-корреспондента Академии наук СССР М.М. Одинцова (Иркутск, 2011); XX Международной кимберлитовой конференции (the 10th International Kimberlite Conference, 2012, Bangalore), (г. Бангалор, Индия, 2012); XVII Международном

симпозиуме имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых (Томск, 2013); Международной научно-практической конференции «Наука и инновационные разработки – Северу» (Мирный, 2014); IV Региональной научно-практической конференции «Геологическое обеспечение минерально-сырьевой базы алмазов: проблемы, пути решения, инновационные разработки и технологии» (Мирный, Якутия, 2014); VII Сибирской научно-практической конференции молодых ученых по наукам о Земле (Новосибирск, 2014). Отдельные вопросы обсуждались на заседаниях Ученого Совета ЯНИГП ЦНИГРИ (НИГП) АК «АЛРОСА», а также НТС Ботубинской, Амакинской и Мирнинской ГРЭ.

**Публикации.** По теме диссертации опубликована 21 работа, 4 из которых в журналах, входящих в список рецензируемых изданий ВАК РФ. Результаты исследований нашли также отражение в 1 монографии и 4 научно-производственных отчетах, составленных при участии автора.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, 5 глав и заключения. Объем диссертации составляет 181 страница машинописного текста, включая 71 рисунок, 4 таблицы. Список используемой литературы включает 152 наименования.

**Благодарности.** Автор выражает глубокую признательность и благодарность научному руководителю д. г.-м. н. Коробкову Илье Георгиевичу за постоянную поддержку, внимание и помощь при написании диссертационной работы. При подготовке диссертации плодотворное влияние оказали: д.г.-м.н. П.А. Игнатов, д. г.-м. н. А.А. Поцелуев, к. г.-м.н. К.М. Константинов, конструктивное общение, советы и замечания которых способствовали формированию и написанию работы. На разных этапах исследований автор имел возможность пользоваться консультациями к.г.-м.н. И.Ин. Антипина, к.г.-м.н. С.Ф. Бессмертного, к.г.-м.н. А.В. Герасимчука, к.г.-м.н. Н.И. Горева, к.г.-м.н. И.В. Серова, А.В. Новопашина, Н.К. Шахурдиной, за что им искренне благодарен. Автор выражает благодарность коллективу НИГП АК «АЛРОСА» (ОАО) за ценные консультации и всестороннюю поддержку, а также специалистам ГРК АК «АЛРОСА» (ОАО), чьи материалы были использованы в ходе исследований.

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.** Результаты научных исследований, представленные защищаемыми положениями, формируют структуру автореферата:

### **Структурно-формационный анализ, как основа картирования базитовых вулканоструктур**

Исследования особенностей развития базитовых образований рассматриваемой территории позволили усовершенствовать разработанные ранее методические подходы специализированного структурно-формационного анализа для решения прогнозных задач при ведении поисковых работ на алмазы (Евстратов, Коробков, Новопашин, 2009;

Коробков, Евстратов, 2010, 2011в, 2012; Коробков, Евстратов, Мильштейн, 2013). На основе усовершенствованных методических подходов стало возможным более корректно подходить к картированию отдельных вулканоструктур, создавать их пространственно-объемные геолого-геофизические модели и уточнять общую схему базитового магматизма на северо-востоке Тунгусской синеклизы. Полученная при этом совокупность графических материалов, на основе которых проводились модельные построения, позволяет сформулировать *первое защищаемое положение*: **«Усовершенствованный комплекс методических приемов с использованием современных геоинформационных технологий позволяет выделять главные структурно-морфологические элементы базитовых вулканоструктур: внешние контуры структур, их эпицентральные области, площадное распределение мощностей интрузивных массивов»**

Первый этап исследований включал применение дистанционных методов, таких как дешифрирование космоснимков (рис. 1а-в), морфоструктурный анализ современного рельефа (рис. 1з), анализ геофизических гравимагнитных полей, наложение на объемные модели рельефа карт магнитных полей. Применение перечисленных методов позволило провести предварительное районирование исследуемой территории с выделением разных типов вулканоструктур и их групп. Геологические карты являлись основой для вынесения обобщенных границ развития вулканоструктур. В основе определения этих границ лежит постулат о том, что смежные вулканоструктуры разделены бестрапповыми структурами, представленными терригенными верхнепалеозойскими осадками. При значительном эрозионном врезе в бестрапповых коридорах обнажаются нижнепалеозойские терригенно-карбонатные породы, по которым закладывается почти вся мезо-кайнозойская гидросеть.

Под понятием «вулканоструктура» понимается неоднородный геологический объект, сформированный в результате многофазной вулканической деятельности и обладающий закономерным строением. Также следует уточнить, что базитовые интрузивные тела, слагающие вулканоструктуры, по сути, являются субвулканическими. На это указывает, согласно геологическому словарю, их небольшая глубина залегания, генетическая связь с процессами вулканизма, выраженная в наличии прямых или косвенных сообщений с земной поверхностью в момент образования (Геологический словарь..., 1978).

Для изучения особенностей поверхности вулканоструктур применялись космоснимки спутниковой системы среднего разрешения. Отображение в монохромном канале, характеризуемом оттенками серого, позволяет детализировать топографические текстуры и картировать низины и возвышенности, долины рек, резкие перепады абсолютных отметок рельефа и т.д. Сочетание каналов № 7, 4, 2 представляет изучаемую поверхность в

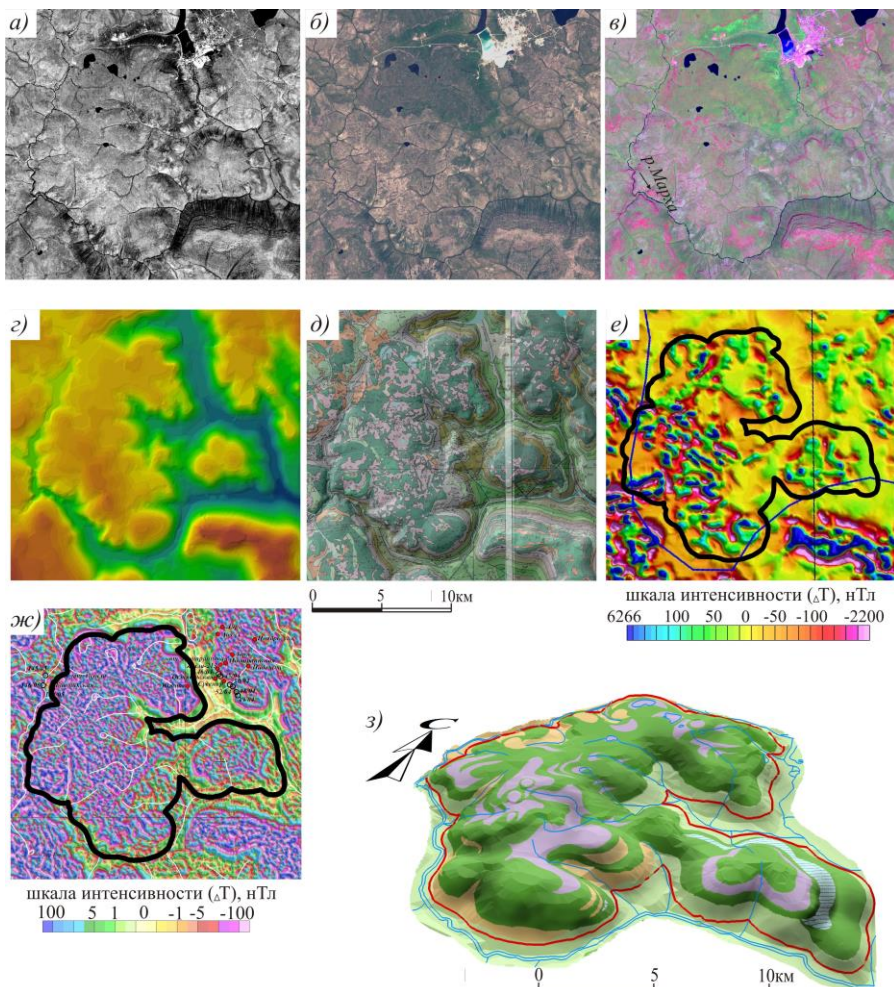


Рис. 1. Элементы модельных построений Коневской вулканоструктуры: а)-в) – космоснимки, представленные в различных спектральных каналах: а) канал 5; б) комбинация каналов 3, 2, 1; в) комбинация каналов 7, 4, 2; г) объемная модель современного рельефа; д): геологическая карта, наложенная на объемную модель; е-ж) – сопоставление внешних контуров выделяемой вулканоструктуры с картой остаточных аномалий магнитного поля масштаба 1:500000 (е) и с картой локальной составляющей магнитного поля по данным аэромагнитной съемки масштаба 1:10000 (ж); з) объемная геологическая модель

широком цветовом диапазоне, который подчеркивает элементы строения вулканоструктур, выраженные в рельефе и в развитии почвенно-растительного слоя. Участки выхода на дневную поверхность базитовых образований характеризуются бедной растительностью – это дает насыщенные пурпурно-сиреневые цвета, что характерно для эпицентральных



частей вулканоструктур, выходов интрузивных массивов, мест выклинивания их краевых частей и вулканоструктур в целом. В краевых частях вулканоструктур открываются бронированные базитовыми образованиями терригенные отложения верхнего палеозоя, по которым благоприятно развивается растительность. Подобные участки характеризуются на космоснимках оливково-зелеными и темно-зелеными тонами. При оценке особенностей рельефа определялись важные элементы строения вулканоструктур: крупные эпицентральные куполо-горсты с отходящими от них интрузивными массивами, изометричные купола и предполагаемые некки эродированных палеовулканических построек.

Далее определялась генетическая природа выделенных элементов посредством наложения на объемный рельеф геологической карты (рис. 1д), а также карт геофизических полей (рис. 4е, ж). В верхней части разреза породы трапповой формации обладают весьма контрастными физическими свойствами по сравнению с комплексом вмещающих образований. Наиболее контрастно интрузивные элементы вулканоструктур проявляются благодаря своим плотностным и магнитным свойствам. На характер отображения гравитационного и магнитного полей оказывают влияние как сами базитовые образования, так и их суммарные мощности в разрезе, где наиболее мощные интрузивные массивы характеризуются повышением, а сокращение мощностей интрузий – понижением значений гравимагнитного поля. Области развития бестрапповых структур, представленных терригенными отложениями пермо-карбона, характеризуются понижениями на графиках, а на картах выражаются спокойным состоянием поля. В исследованиях использовались карта локальной составляющей магнитного поля масштаба 1:10000, и карта остаточных аномалий магнитного поля масштаба 1:500000, составленные Амакинской ГРЭ. Локальная составляющая магнитного поля использовалась, поскольку она вызвана телами, залегающими в непосредственной близости к дневной поверхности. Прямление карт остаточных аномалий магнитного поля регионального масштаба также позволяет наблюдать интенсивные неоднородности, вызванные интрузивными базитовыми телами, но уже в более генерализованном виде, который предполагает отображение наиболее контрастных аномалий, создаваемых наиболее мощными участками развития интрузий.

Следующий этап исследований охватывал те участки и площади, где имелся достаточно плотный каркас буровых скважин. Так, отмечено, что максимальные мощности интрузивных массивов вулканоструктур всегда приурочены к эпицентральной частям (рис. 2). Отходящие от эпицентральных частей крупные хонолитообразные интрузии имеют секторальный характер распространения. Важной задачей также являлось картирование эпицентров структур (рис. 3). Изучение туфогенных образований, сформированных в периоды наибольшего развития эксплозивно-эффузивных процессов, показывает их закономерное полифациальное строение. В составе эпицентральных частей вулканоструктур наблюдается развитие крупнообломочных туфов. В краевых частях вулканоструктур развиты туфогенно-осадочные породы. Методика

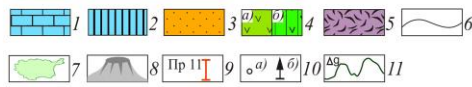
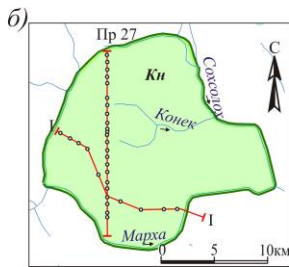
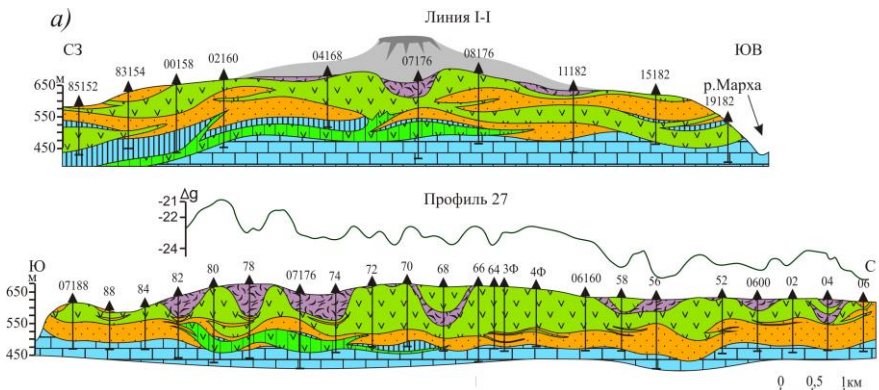


Рис. 2. Модельные геологические разрезы выделенной вулканоструктуры (а) и схема размещения в пределах ее обобщенных гидрографических границ (б).

1 – терригенно-карбонатные отложения нижнего палеозоя; 2 – инъективные блоки пород нижнего палеозоя; 3 – отложения верхнего палеозоя; 4 – интрузии долеритов (а), в том числе в зонах подводящих каналов (б); 5 – туфы; 6 – геологические границы; 7 – обобщенные гидрографические границы вулканоструктуры на плане; 8 – эродированные части вулканических построек; 9 – линии профилей (геологических разрезов) и их номера; 10 – скважины: в плане (а); на разрезе (б); 11 – графики гравитационного поля

проведения специализированного фациального анализа заключалась в изучении многочисленных частных разрезов туфогенной толщи. В рамках составления схем строения эксплозивных и эффузивных образований использовались также результаты исследований туфогенных отложений, проведенных специалистами Амакинской ГРЭ на разных этапах. При сопоставлении результатов выделения эффузивных образований с эпицентральной областью, отмечена их пространственная сопряженность, что позволяет уточнять расположение эпицентральной области вулканоструктуры и позволяет утверждать о наличии в пределах базитовых структур собственных вулканических аппаратов.

Необходимым условием для выделения эпицентральных областей вулканоструктур служило наличие следующих элементов: крупные купологорсты, образованные наиболее мощными интрузивными массивами; наличие в межкупольном пространстве инъективных блоков пород нижнего палеозоя; повышенные мощности эксплозивных и наличие эффузивных

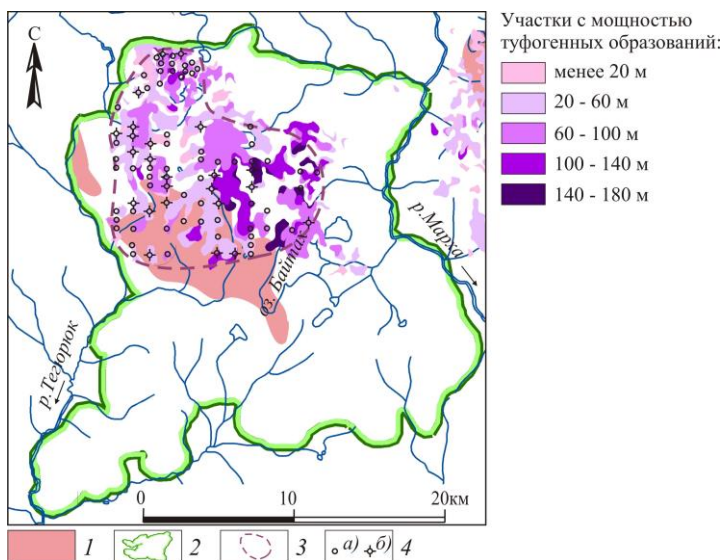


Рис. 3. Схема строения покровных туфолоавовых образований на прмере Байтахской вулканоструктуры

1 – участки развития эффузивной фации траппов (базальты, витробазальты) по материалам Солоненко О.А. и Камышевой Г.Г.; 2 – контур развития интрузивных тел вулканоструктуры; 3 – контур эпицентральной области, определяемый по данным развития туфов; 4 – скважины, где в разрезе туфогенной толщи преобладают: а – туфы средне- крупнообломочные; б – туфы крупнообломочные

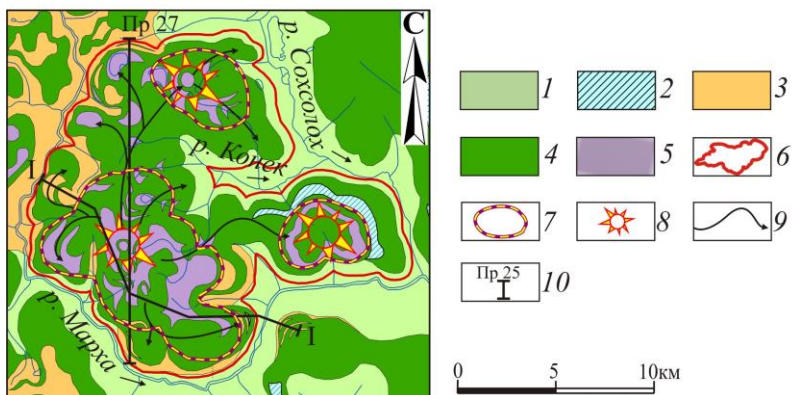


Рис. 4. Схема геологического строения вулканоструктуры с выделяемыми ее элементами: 1 – терригенно-карбонатные отложения нижнего палеозоя; 2 – инъективные блоки пород нижнего палеозоя; 3 – отложения верхнего палеозоя; 4 – интрузии долеритов; 5 – туфы; 6 – обобщенные границы развития интрузий долеритов в пределах выделяемой вулканоструктуры; 7 – предполагаемые эпицентральные области; 8 – предполагаемые эпицентры вулканических аппаратов; 9 – предполагаемые главные направления движений магматических расплавов; 10 – линии профилей (геологических разрезов) и их номера

образований; преобладание среди эксплозивных образований жерловых и субжерловых фаций.

Заключительная стадия выполненных исследований включала в себя составление картографических моделей вулканоструктур (рис. 4). При построении моделей выделяются следующие элементы: внешние контуры развития вулканоструктур; направления латерального перемещения магматических расплавов; участки повышенной мощности эксплозивных и эффузивных образований; инъективные блоки нижнепалеозойских пород; предполагаемые вулканические эпицентры.

### **Геолого-геофизические модели вулканоструктур в пределах северо-восточного борта Тунгусской синеклизы**

Выполненные в рамках единых методических подходов исследования характеризуемого региона позволили достаточно уверенно выделить более 15 отдельных базитовых вулканоструктур с их характерными элементами строения. Таким образом, результаты картирования и анализа структурных элементов выделяемых вулканоструктур позволяют сформировать *второе защищаемое положение*: **«Вулканоструктуры северо-востока Тунгусской синеклизы представляют взаимосвязанный комплекс эксплозивных, эффузивных и интрузивных пород. Их эпицентральные области характеризуются наличием крупнообломочных и агломератовых туфов, площадным развитием базальтов и витробазальтов, наиболее мощными интрузивными массивами, а также инъективными блоками пород нижнего и верхнего палеозоя, зонами подводящих каналов; периферийные части характеризуются сокращением мощностей интрузивных массивов с формированием зон их расщепления и выклинивания.»**

Разработанные методические приемы структурно-формационного анализа позволили провести районирование базитовых образований исследуемой территории. Так, с запада на восток выделены две основные зоны локализации однотипных структур: внутренняя и периферийная, каждая из которых включает в свой состав различные группы вулканоструктур, отличающихся своими объемными и площадными характеристиками, развитием характерных типов вулканогенных образований, а также степенью эродированности.

Площадь развития **внутренней зоны** охватывает всю юго-западную и центральную части исследуемого региона. В ее пределах выделяются 12 разномасштабных вулканоструктур, которые пространственно формируют 3 группы: Аллара-Делиндинскую (А-Д), Алакит-Мархинскую (А-М) и Среднеморкокинскую (См) (рис. 5).

Границы между вулканоструктурами внутренней зоны находят свое выражение в бестрапповых структурах, определяемых как участки линейного характера с резким сокращением трапповых интрузий или их полным выклиниванием. Именно по этим структурам развивается практически вся мезокайнозойская гидросеть. Основные объемы структур представлены их интрузивными каркасами. Интрузивные тела вулканоструктур по данным буровых скважин в среднем имеют мощности от 30-50 м до 80-100 м.

В эпицентральных частях отдельных крупных вулканоструктур эти

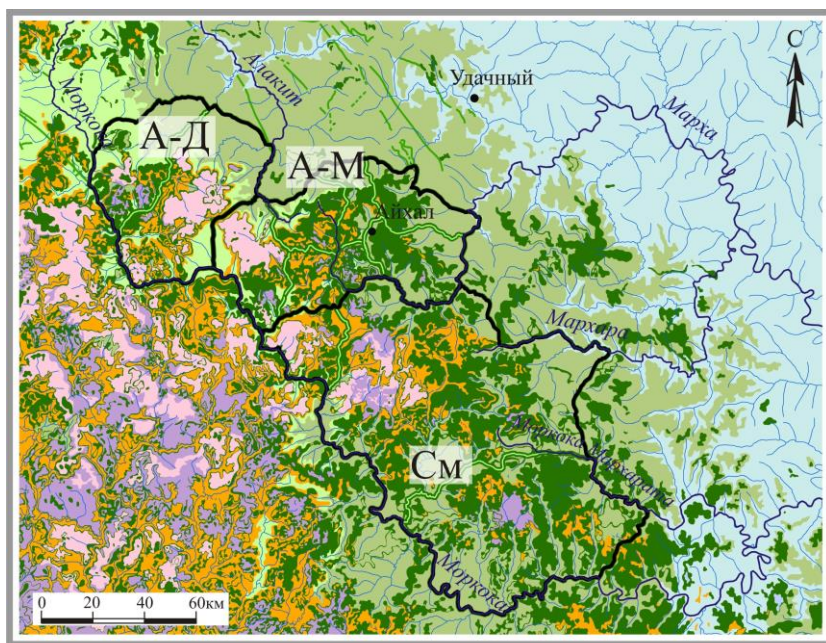


Рис. 5. Геологическая карта северо-восточного борта Тунгусской синеклизы с элементами районирования базитовых вулканоструктур.

1 – отложения верхнего кембрия (Є<sub>3</sub>); 2 – нерасчлененные отложения ордовика (O<sub>1-3</sub>); 3 – нерасчлененные отложения нижнего силура (S<sub>1</sub>); 4 – нерасчлененные отложения среднего карбона – верхней перми (C<sub>2</sub>-P<sub>2</sub>); 5 – вулканогенные образования алаkitской свиты (P<sub>2</sub>-T<sub>1al</sub>); 6 – интрузии долеритов (D<sub>3</sub>-C<sub>1da</sub>); 7 – дайки долеритов (D<sub>3</sub>-C<sub>1da</sub>); 8 – кимберлитовые трубки взрыва (D<sub>3</sub>-C<sub>1da</sub>); 9 – контуры групп вулканоструктур и их названия

мощности достигают уже нередко 120 м, иногда доходя до 150 м. Участки развития туфо-лавовых отложений отмечаются вблизи предполагаемых центров извержений, где они сохранились в понижениях траппового «рельефа» от эрозионных процессов. При этом следует уточнить, что в отдельных разрезах буровых скважин встречаются горизонты и линзы крупнообломочных туфов, относимых к жерловым фациям. На этих же участках характеризуемых вулканоструктур выделяются в рельефе группы сближенных субизометричных куполов, в пределах которых, вероятно, располагались вулканические аппараты. Все выделяемые вулканоструктуры имеют территориальную и гидрографическую привязку, а также обладают измеренными линейными и площадными параметрами. Границы между смежными вулканоструктурами в большинстве имеют сложный характер. На картах магнитного поля внешние границы вулканоструктуры теряются за счет наложения полей, создаваемых от погребенных интрузивных тел каркаса и подводных каналов смежных базитовых структур. При этом

основные тела вулканоструктур подчеркиваются интенсивностью остаточных аномалий магнитного поля, а выклинивание и сокращение основных объемов каркаса отмечается участками затухания поля. Места выклинивания краевых частей интрузивных валообразных массивов и вулканоструктуры в целом отмечаются резкими перепадами абсолютных отметок и выходами базитовых интрузий в естественных обнажениях в пределах речных долин. Учитывая комплексирование материалов геолого-геофизических построений, а также геологические разрезы внешние границы вулканоструктуры устанавливаются достаточно уверенно.

Неоднородность уровня эрозионного среза вулканоструктур **периферийной зоны** позволяет объединить вулканические структуры в две основные группы. В пределах первой группы выделяются элементы пяти отдельных вулканоструктур, основные объемы которых картируются в виде разрозненных интрузивных массивов – реликтов некогда существовавших вулканических структур (рис. 6а). Выделяемые на дневной поверхности массивы располагаются в пределах современных водораздельных пространств, где они бронируют палеодепрессии. Интрузии второй группы в современном плане отражают наиболее глубокие процессы деструкции вулканоструктур. В отличие от первой группы здесь наряду с вулканогенными образованиями также полному уничтожению эрозионными процессами подвергся и интрузии вулканоструктур, обнажающий на современной дневной поверхности лишь отдельные дайкообразные базитовые тела (рис. 6б). От этих даек отходят штокообразные и полого восстающие долеритовые апофизы. Подобные образования являются характерными элементами для надкорневых частей вулканических структур. В большинстве своем дайковые тела имеют относительно прямолинейную или же изогнутую форму.

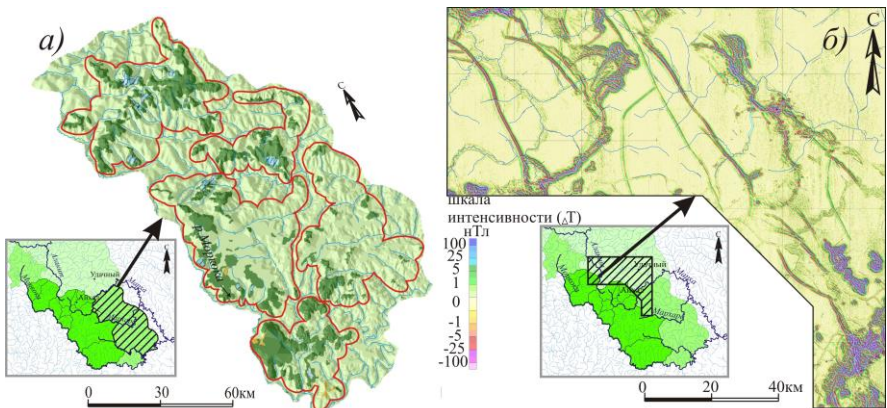


Рис. 6. Модельные построения первой (а) и второй (б) групп вулканоструктур периферийной зоны.

## **Роль базитовых вулканоструктур в прогнозировании коренных месторождений алмаза**

Построение многочисленных разрезов в рамках картирования вулканоструктур, а также проведение корреляционного анализа, который установил различную степень уснаследованности современного рельефа дневной поверхности и погребенного рельефа от более глубинных структурных поверхностей, позволил установить пространственную линейную приуроченность наиболее мощных хонолитообразных интрузий к палеодепрессиям, в пределах которых развивались палеодолины. Установлено, что данные интрузии находят свое выражение в современном рельефе дневной поверхности, что делает возможным дистанционно выделять основные элементы погребенного карбонатного цоколя, согласно которому развивались древние долины и что также позволяет сформулировать *третье защищаемое положение*: **«Площадное распределение объемов интрузивных тел вулканоструктур является основой для трассирования ведущих элементов палеорельефа нижнепалеозойского карбонатного цоколя - палеодолин и водораздельных пространств, что позволяет определять направления регионального сноса обломочного материала и детализировать пути переноса алмазов и их минералов-спутников в пределах перспективных площадей и участков на закрытых территориях.»**

Морфоструктуры кимберлитовмещающих отложений и долины палеоводотоков верхнепалеозойского возраста формировались согласно структурно-тектоническому плану. Все каменноугольные коллектора (С<sub>2,3</sub>), которые содержат основной объём минералов-спутников алмазов, в том числе и самих алмазов, приурочены к линейным отрицательным формам карбонатного плотика. Наиболее благоприятными проводниками в близ поверхностных вмещающих отложениях для базитовых расплавов являлись морфоструктуры, связанные с палеодолинами. Объясняется это тем, что их русловые осадки сложены пористыми, слабо литифицированными и водонасыщенными отложениями, что является благоприятным фактором для проницаемости магматических расплавов. По достижении расплавом положительных форм древнего рельефа – палеоводоразделов расплав огибал эти водоразделы, а при их преодолении наблюдалось сокращение мощностей интрузий вплоть до их полного выклинивания. Таким образом, наиболее мощные и протяженные линейно-вытянутые интрузивные массивы закладывались и развивались в пределах верхнепалеозойской гидросети. Последующие процессы денудации проходили наиболее интенсивно в местах выклинивания интрузий, то есть в пределах палеоводоразделов, что предопределило заложение в их пределах мезо-кайнозойской гидросети. Также отмечается, что в пределах территорий развития траппов в современном плане отрицательные элементы современного рельефа приурочены к положительным элементам древнего рельефа и наоборот. Эта

закономерность сохраняется и для территорий, где траппы полностью уничтожены гипергенными процессами. Протяженные хонолитообразные интрузии достаточно четко выделяются в современном рельефе в виде линейно вытянутых валов, цепочек куполов и куполо-горстов. Все это позволяет посредством изучения современного рельефа на территории развития трапповых образований выделять основные элементы погребенного карбонатного цоколя, согласно которому развивались древние долины. Причем подобное картирование возможно проводить в различных масштабах применительно к различным стадиям прогнозно-поисковых работ. Для этих целей использовались топографические основы масштабов 1:500 000 и 1:200 000, позволяющие последовательно выделять интересующие нас элементы палеорельефа. Подобная последовательность масштабов обеспечивает понимание общего плана развития палеоструктур, отображающихся в интрузивном каркасе вулканоструктур. Использовалось построение карт инверсионных современных поверхностей, которые с учетом развития базитовых вулканоструктур отображают основные характерные черты палеорельефа.

Для картирования общего плана развития палеоструктур, с выделением главных элементов древнего рельефа, которые оказывали влияние на миграцию обломочного материала, в том числе и самих алмазов, была рассмотрена вся исследуемая территория северо-востока Тунгусской синеклизы (рис. 7).

Генерализация палеорельефа была проведена с выделением палеодолин и палеоводоразделов (рис. 7б). В свою очередь с учетом рельефа были выделены основные направления сноса обломочного материала древними водотоками. Палеодолины мелких порядков аккумуляровались в, соответственно, более крупные, а их общий и главный вектор движения был установлен по направлению в западных и юго-западных румбах к центральной части Тунгусской синеклизы, что соответствует структурному плану. Подобный масштаб построений позволяет понимать общий тренд площадного распределения кимберлитовых минералов по обширным территориям.

На следующем этапе были выделены основные направления движения магматического базитового расплава (рис. 8а,б) и предполагаемые направления переноса кимберлитового обломочного материала, образованного известными телами Далдыно-Алакитского алмазонасного района (рис. 8в). Характеризуя приуроченность кимберлитов Алакит-Мархинского поля к палеодолинам, в пределах которых мог осуществляться перенос МСА, необходимо отметить, что подавляющее большинство тел заложено в пределах эпиконтинентального морского бассейна, периодом заложения которого устанавливается как средний-поздний карбон.

В это время снос материала в основном определялся дельтовыми потоками, которые регламентировали относительную линейность миграции



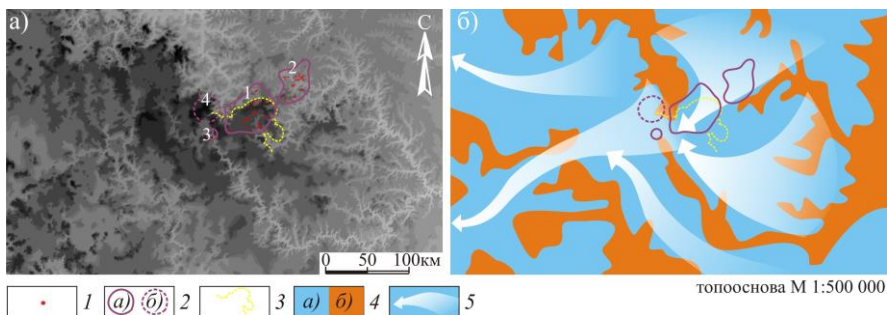


Рис. 7. Реконструкция генерализованных элементов палеорельефа с определением основных направлений сноса обломочного материала (б) на основе закономерностей размещения базитовых образований, выраженных в современном рельефе (а).

1 – кимберлитовые тела Далдыно-Алакитского алмазоносного района; 2 – кимберлитовые поля «живые» (а): 1) Алакит-Мархинское; 2) Далдынское; 3) Моркокинское; прогнозируемое кимберлитовое поле (б) Аллара-Делингдинское (4); 3 – обобщенный контур залива Алакит-Мархинского (С<sub>2,3</sub>) эпиконтинентального бассейна; 4 – генерализованные элементы палеорельефа: а) отрицательного (палеодолины) и б) положительного (палеоводоразделы) характера; 5 – основные направления сноса обломочного материала

кимберлитовых минералов в юго-западном направлении.

В отношении перспективной Аллара-Делингдинской площади отмечается обособленность ее палеодолин от тех, которые дренируют Алакит-Мархинское поле. Границей раздела здесь выступает положительная морфоструктура северо-восточного простирания и протяженностью до 50 км. Это свидетельствует о том, что выявленный здесь кимберлитовый материал не является продуктом прямого сноса с Алакит-Мархинского поля и что, в свою очередь, повышает вероятность выявления здесь своих источников.

Таким образом, на данном этапе возможно применение подобных дистанционных методов в качестве вспомогательных инструментов установления потенциального расположения источника ИМК по условиям региональных генерализованных направлений сноса.

Для обоснования связи современного и древнего рельефа в пределах развития траппов было проведено сопоставление результатов построений древних рельефов, основанных на различных методах. В результате сравнения установлена пространственная сопряженность основных элементов палеорельефа с аналогичными, которые выделены по геофизическим данным и данным бурения.

Оценены возможности применения полученных результатов для целей прогнозирования и поисков коренных и россыпных месторождений алмазов (таблица). При этом детальность построений привязывается к определенным масштабам алмазопромышленных работ. Согласно уточняемому в настоящее время регламенту стадийности геологоразведочных работ в АК «АЛРОСА» на первой стадии осуществляется региональное геологическое изучение недр и прогнозирование месторождений алмазов в масштабе 1:500 000

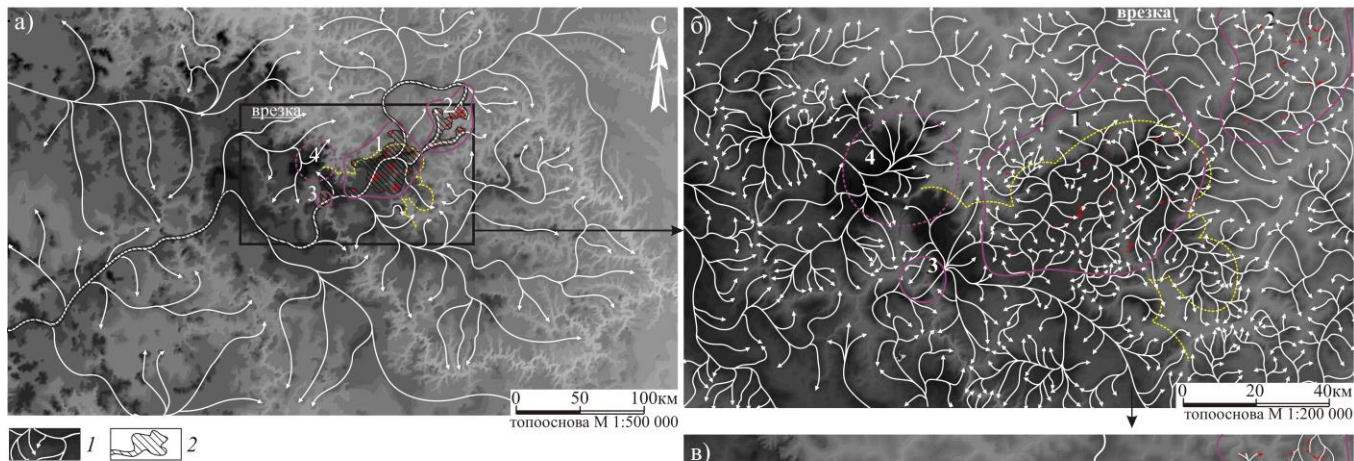
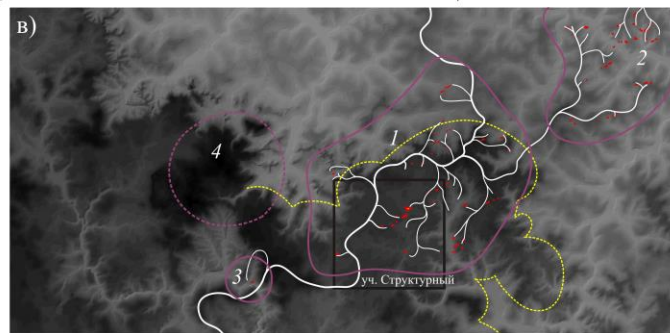


Рис. 8. Трассирование тальвегов палеоводотоков по особенностям развития интрузивного комплекса долеритов в пределах северо-восточного борта Тунгусской синеклизы (а), их детализация для центральной части Далдыно-Алакитского алмазоносного района (б) и установление основных потенциальных направлений переноса обломочного материала от известных кимберлитовых тел палеоводотоками: 1 – основные выделяемые направления движения магматического базитового расплава; 2 – предполагаемые направления сноса кимберлитового обломочного материала. Прочие условные обозначения см. рис. 7



**Таблица. Схема сопоставления элементов строения вулканоструктур и морфоструктур нижнепалеозойского основания для целей прогнозирования коренных месторождений алмазов**

Стадии исследований	Масштаб исследований	Рассматриваемые базитовые образования	Элементы базитовых образований, участвующие в исследовании	Картографические элементы погребенного рельефа карбонатного цоколя	Картографические элементы прогнозного значения
1	2	3	4	5	6
Стадия 1. Региональное геологическое изучение недр и прогнозирование полезных ископаемых в масштабе 1:500 000 и мельче	М 1:500 000 и мельче	Группы вулканоструктур	Площади широкого площадного развития базитов	Схема регионального развития транзитных палеодолин и пространственно сопряженных с ними водораздельных пространств	Региональная схема транспортировки обломочного материала, в том числе кимберлитовых минералов
Стадия 2. Комплексное геологическое изучение территорий в масштабе 1:200000 и прогнозирование полезных ископаемых	М 1:200 000 – 1:100 000	Отдельная группа вулканоструктур	Осевые части интрузивных массивов повышенной мощности и линейные участки их выклинивания	Схема развития аллювиальных ландшафтов с выделением разноранговых палеодолин и локальных водоразделов	Схема местной транспортировки обломочного материала, в том числе кимберлитовых минералов
Стадия 3. Общие поиски и Стадия 4. Детальные поиски	М 1:50 000 и крупнее	Отдельные вулканоструктуры с основными элементами их строения	Эпицентральные области; подводящие каналы; инъективные блоки вмещающих пород; предполагаемые эпицентры извержений; интрузивные массивы, характер распределения их мощностей; основные векторы движений магматических расплавов	Схема размещения локальных элементов погребенного рельефа и положения тальвегов палеодолин	Локализация кимберлитоперспективных участков (с учетом шлихо-минералогической обстановки)

и мельче. Данный масштаб применим для построений регионального плана древнего рельефа с выделением крупных палеодолин и пространственно сопряженных с ними водораздельных пространств. Соответственно в анализ вовлекаются группы вулканоструктур, расположенные в пределах исследуемой территории. В этом случае результатом построений является региональная схема транспортировки кимберлитовых минералов. На следующей стадии проводится комплексное геологическое изучение территорий в масштабе 1:200 000 – 1: 100 000 и прогнозирование коренных месторождений алмазов. Согласно этой стадии основными видами работ в этом случае будут являться геологические, аэро-космогеологические, геофизические и другие специальные и тематические исследования, на основе которых возможно получение новой качественной информации об особенностях базитового магматизма. При этом в анализе уже участвуют сближенные вулканоструктуры со всем набором выделяемых элементов строения. В этом случае при детализации построений возможно выявлять и уточнять особенности направлений переноса кимберлитовых минералов в пределах площадей, соответствующих алмазоносному району. В ходе проведения общих (М 1:50 000 – 1:25 000) и детальных (М 1:25 000 – 1:10 000) поисков реализуемая сеть поискового бурения позволяет детализировать отдельные элементы строения вулканоструктур и на их основе картировать разноранговые палеодолины. Наложение на этот рельеф информации о находках минералов-спутников и их сохранности позволяет локализовать кимберлитоперспективные участки, либо проводить их отбраковку.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках специализированного структурно-формационного анализа усовершенствован комплекс методических приемов, которые позволяют картировать базитовые вулканоструктуры, создавать их геолого-геофизические модели. На основе этих методических приемов закартированы отдельные базитовые вулканоструктуры и определены характерные элементы их строения. Установлено, что ведущую роль играют взаимосвязанные комплексы эксплозивных, эффузивных и интрузивных пород.

Проведен анализ планового распределения интрузивных тел вулканоструктур. Установлено, что палеодолины перекрыты базитовыми образованиями наибольшей мощности, а палеоводоразделы, наоборот, отмечаются наименьшим развитием интрузивного каркаса вулканоструктур. В пределах этих территорий в современном плане отрицательные элементы рельефа приурочены к положительным элементам древнего рельефа, а положительные элементы современного рельефа развиваются в пределах палеодепрессий. Все это обусловило изменение условий, определяющих направления переноса кимберлитового материала. С учетом этих особенностей предложена принципиальная модель основных этапов

формирования рельефа дневной поверхности в пределах территорий развития трапповых образований.

Проведено сопоставление элементов строения вулканоструктур и морфоструктур нижнепалеозойского основания для целей прогнозирования коренных месторождений алмазов. Так, в соответствии с разномасштабными стадиями прогнозно-поисковых работ изучение характера отображения морфоструктур карбонатного цоколя в элементах строения вулканоструктур позволяет: определять региональный снос обломочного кимберлитового материала; детализировать направления переноса алмазов и их минералов-спутников в пределах отдельных площадей; с учетом информации о находках минералов-спутников и их сохранности проводить работы по локализации кимберлитоперспективных участков, либо их отбраковке.

### **Список опубликованных работ по теме диссертации**

#### Монография:

1. Коробков И.Г., Евстратов А.А., Мильштейн Е.Д. Базитовые вулканоструктуры алмазоносных районов восточного борта Тунгусской синеклизы / отв. ред. А.А. Поцелуев. – Томск: STT, 2013. – 270 с.

#### Статьи, материалы и тезисы совещаний и конференций:

2. Информационная система хранения, мониторинга и обработки геолого-неофизических данных при решении алмазопроисковых задач на основе программных продуктов ESRI / Новопащин А.В., **Евстратов А.А.**, Коробков И.Г. // IX Международная конференция «Новые идеи в науках о земле»: Материалы докладов. М., 2009. – С. 113.

3. Морфоструктурные факторы прогноза древних россыпей алмазов Западной Якутии / Коробков И.Г., **Евстратов А.А.**, Новопащин А.В. // там же – С. 325.

4. Вещественная характеристика интрузивных образований мезозойских вулканоструктур алмазоносных районов на востоке Тунгусской синеклизы / **Евстратов А.А.**, Новопащин А.В., Коробков И.Г. // Строение литосферы и геодинамика: Материалы Всероссийской молодежной конференции (Иркутск, 21-26 апреля 2009 г.) / Под ред. Е.В. Сялярова. Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2009. – С.65-66.

5. Структурно-тектонические элементы локального прогноза кимберлитов Западной Якутии / **Евстратов А.А.**, Новопащин А.В., Коробков И.Г. // там же. – С.70-72.

6. Фациально-формационный анализ базитовых образований на востоке Тунгусской синеклизы / **Евстратов А.А.**, Коробков И.Г., Новопащин А.В. // Тезисы IV Всероссийского симпозиума по вулканологии и палеовулканологии “Вулканизм и геодинамика: проблемы современного и древнего вулканизма” / Под ред. Е.И. Гордеева. Петропавловск-Камчатский, 2009. Том.1, – С.125-128

7. Петрографо-петрологическая характеристика интрузивного комплекса мезозойских вулканоструктур на западе Якутской алмазоносной провинции / Коробков И.Г., **Евстратов А.А.**, Новопащин А.В. // там же. – С.184-187

8. Структурно-тектоническое строение Накынского кимберлитового поля (Западная Якутия) / Коробков И.Г., **Евстратов А.А.**, Коробкова А.И. // Вестн. С.-Петербург. Ун-та. Сер. 7. 2010. Вып. 4. – С. 47-57.

9. Базитовые вулканоструктуры алмазоносных районов на востоке Тунгусской синеклизы / Коробков И.Г., **Евстратов А.А.** // «Наука и образование», Якутск, 2010. № 2. – С. 16-20.

10. Базитовые вулканоструктуры северо-востока Тунгусской синеклизы на примере Аллара-Делингдинского поля / Коробков И.Г., **Евстратов А.А.** // Проблемы геологии и разведки недр Северо-Востока России : Материалы региональной научно-практической конференции, посвященной 55-летию инженерного образования в Республике Саха (Якутия). 30 марта 2011 г. – Якутск : Издательско-полиграфический комплекс СВФУ, 2011. – С. 65-69.

11. Морфоструктурные факторы локального прогноза коренной алмазности / **Евстратов А.А.**, Коробков И.Г. // Строение литосферы и геодинамика: Материалы XXIV Всероссийской молодежной конференции (Иркутск, 19-24 апреля 2011 г.). – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2011. – С. 91-92.

12. Характер отражения кимберлитовых тел в особенностях строения интрузивного комплекса мезозойских вулканоструктур / **Евстратов А.А.**, Коробков И.Г. // Строение литосферы и геодинамика: Материалы XXIV Всероссийской молодежной конференции (Иркутск, 19-24 апреля 2011 г.). – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2011. – С. 93-94.

13. Модели базитовых вулканоструктур и их роль в прогнозной оценке закрытых территорий алмазоносных районов на востоке Тунгусской синеклизы / Коробков И.Г., **Евстратов А.А.** // Руды и металлы № 3/4/2011. Специальный выпуск памяти А.И.Кривцова. ЦНИГРИ, г.Москва, 2011. – С. 93-94.

14. Прогнозно-поисковые модели кимберлитовых трубок Алакит-Мархинского поля – как фактор локализации перспективных участков на закрытых площадях алмазоносных районов / Коробков И.Г., **Евстратов А.А.** // Геология, тектоника и металлогения Северо-Азиатского кратона: материалы всероссийской научной конференции. 27-30 сентября 2011 г. – Якутск: Издательско-полиграфический комплекс СВФУ, 2011. Т.1. – С. 267-271

15. Базитовые образования на востоке Тунгусской синеклизы и их роль в прогнозной оценке алмазности перспективных территорий / Коробков И.Г., **Евстратов А.А.**, Захаров Е.А. // Материалы Всероссийской конференции, посвященной 100-летию члена-корреспондента Академии наук СССР М.М. Оudinova, Иркутск, 7-11 ноября, 2011. – С. 97-101

16. Роль базитовых вулканоструктур в прогнозной оценке алмазоносных районов на востоке Тунгусской синеклизы / Коробков И.Г., **Евстратов А.А.** // Отечественная геология, 2012. № 1. – С. 40-47.

17. Volcanic-tectonic structures of western Yakutia and their role in formation of high-diamondiferous kimberlites / Korobkov I.G., Novopashin A.V., **Evstratov A.A.** // the 10th International Kimberlite Conference, 6th to 11th, February 2012, Bangalore: Short Abstracts. – P. 305-306.

18. Физико-геологическое моделирование гравимагнитных полей коренных месторождений алмазов в условиях развития пермотриасовых траппов / Константинов К.М., Новопашин А.В., **Евстратов А.А.**, Константинов И.К. // Геофизика, 2012. № 6. – С. 64-72.

19. Структурно-тектоническое строение глубоких горизонтов осадочного чехла Накынского кимберлитового поля (Западная Якутия) / **Евстратов А.А.**, Проценко Е.В. // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XVII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых,

посвященного 150-летию со дня рождения академика В. А. Обручева и 130-летию академика М. А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы. Том I; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – С. 182-184

20. Картирование древних долин – как фактор локализации площадей, перспективных на выявление россыпной алмазоносности / Коробков И.Г., **Евстратов А.А.**, Проценко Е.В., Поцелуев А.А. // Сборник тезисов докладов Международной научно-практической конференции «Наука и инновационные разработки – Северу» (Мирный, 10-12 марта 2014 г.). – М.: Изд-во «Перо», 2014. – С. 149.

21. Методика картирования базитовых вулканоструктур при прогнозной оценке алмазоносности перспективных территорий западной Якутии / Евстратов А.А. // VII Сибирская научно-практическая конференция молодых ученых по наукам о Земле (с участием иностранных специалистов): Материалы конференции – Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. ун-та РИЦ НГУ, 2014. – С. 18-19