

На правах рукописи



Шахурдина Надежда Константиновна

**Принципы выделения нового кимберлитового поля
и оценка его потенциальной продуктивности
в Ыгыаттинском алмазоносном районе
(Западная Якутия)**

1.6.10 – «Геология, поиски и разведка
твердых полезных ископаемых, минерагения»

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Новосибирск – 2024

Работа выполнена в Акционерной компании «АЛРОСА» (ПАО)

Научный руководитель:

Толстов Александр Васильевич, доктор геолого-минералогических наук, действительный член Академии наук Республики Саха (Якутия), ведущий научный сотрудник лаборатории геологии и минералогии благородных металлов Института геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, г. Якутск.

Официальные оппоненты:

Афанасьев Валентин Петрович, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник лаборатории литосферной мантии и алмазных месторождений Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск;

Игнатов Петр Алексеевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой геологии месторождений полезных ископаемых Российского государственного геологоразведочного университета им. Серго Орджоникидзе, г. Москва.

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск

Защита состоится «4» декабря 2024 года в 10.00 часов на заседании Диссертационного совета 24.1.050.01, созданного на базе ФГБУН ИГМ СО РАН, в конференц-зале (630090, г. Новосибирск, пр-т ак. Коптюга, 3).

Отзыв в одном экземпляре, оформленный в соответствии с требованиями Минобрнауки России, просим направлять по адресу: 630090, г. Новосибирск, пр-т ак. Коптюга, 3, Котлярову А.В. Тел./факс: +7 (383) 373-03-28; +7(383) 373-05-61, e-mail: kotlyarov@igm.nsc.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБУН ИГМ СО РАН https://www.igm.nsc.ru/images/diss/loadfiles_dzubenko/shakhurdina/Dis-Shakhurdina.pdf.

Автореферат разослан «31» октября 2024 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
24.1.050.01, к.г.—м.н.



Котляров А.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы: Подавляющая часть прогнозных ресурсов алмазов Российской Федерации сосредоточена в Республике Саха (Якутия), запасы их учтены Государственным балансом запасов [Гос.баланс, 2022]. Коренные месторождения, расположенные в Якутской алмазоносной провинции (ЯАП), содержат сотни миллионов каратов алмазов, однако ежегодно растущие объемы их добычи создают угрозу быстрого истощения ресурсной базы в реально обозримом будущем. Геологоразведочные работы на новых территориях с весьма сложными геологическими обстановками длительное время не приводят к желаемым открытиям, что диктует необходимость объективной прогнозной оценки их алмазоносности [Антипин, 2006]. В связи с этим задача разработки прогнозно-поисковых критериев и признаков кимберлитового магматизма и оценка прогнозных ресурсов алмазов категории P_3 для постановки поисковых работ весьма актуальна.

Изученность ЯАП характеризуется как весьма неравномерная, при этом вероятность обнаружения новых месторождений в хорошо изученных районах действующих алмазодобывающих предприятий существенно снижается. Это обусловило необходимость перехода к системному изучению территорий со сложным геологическим строением, где под толщей мезо-кайнозойских отложений обнаружены прямые признаки алмазоносных кимберлитов. В 2015 г в центральной части Вилуйско-Мархинской минерагенической зоны (ВМЗ), между Мирнинским и Накынским кимберлитовыми полями, в бассейне р. Сюльдюкар под толщей верхнепалеозойских и мезозойских образований при заверке аэромагнитной аномалии выявлено одноименное алмазоносное кимберлитовое тело, подтвердившее обоснованность прогноза кимберлитового поля в Ыгыаттинском алмазоносном районе (ЫАР) и перспективность территории ВМЗ [Мальцев, 2018].

Использование надежных поисковых критериев, позволяющих последовательно переходить от поисков объекта ранга «алмазоносный район» к таксону «кимберлитовое поле» и далее – к «кусту» кимберлитовых тел и конкретному алмазоносному телу, может существенно сократить объем дорогостоящего колонкового бурения. Особую значимость при этом имеет оценка потенциальной продуктивности ВМЗ в непосредственной близости от интенсивно разрабатываемых Малоботубинского и Среднемархинского алмазоносных районов с эффективно работающими горнорудными предприятиями, где в ближайшие годы ожидаются новые открытия.

Цель исследований: Определение главных прогнозно-поисковых критериев выделения кимберлитовых полей и оценка их потенциальной алмазоносности при среднемасштабных геологоразведочных работах.

Основные задачи исследований:

1. Систематизация и анализ продуктивности кимберлитовых тел ЯАП.
2. Создание модели кимберлитового поля в пределах Ыгыаттинского алмазоносного района на основе структурно-тектонического анализа.

3. Разработка методики минералогического районирования для среднемасштабного прогноза на основе шлихоминералогических данных.

4. Создание методики оконтуривания группы кимберлитовых тел ранга «кимберлитовое поле».

5. Выбор эталонной модели кимберлитового поля в Ыгыаттинском районе для последующей оценки потенциальной алмазоносности.

Фактический материал и личный вклад автора. Работа базируется на полевых и камеральных исследованиях, выполненных автором в рамках поисковых работ Ботуобинской геологоразведочной экспедиции (БГРЭ) АК «АЛРОСА» (ПАО) в 2001–06 гг., тематических работ в Научно-исследовательском геологическом предприятии (НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО)) в 2006–22 гг. и Вилуйской ГРЭ 2022 – наст. время. Для построения и анализа картографических схем, использованы цифровые данные, полученные по результатам разномасштабных геологосъемочных, поисковых и геофизических работ, выполненных специалистами геологоразведочного комплекса АК «АЛРОСА» (ПАО) в пределах ВМЗ. Автором собран и структурирован фактический материал, выполнена интерпретация полученных данных, предложены новые методики обработки.

Защищаемые положения:

1. Для решения комплекса геологических задач, возникающих на различных стадиях геологоразведочных работ и объективной интерпретации структурно-тектонических, геофизических и минералогических результатов исследований, разработана и адаптирована к условиям Якутской алмазоносной провинции унифицированная структура ГИС-интегрированной базы данных, содержащая основные параметры всех коренных месторождений и проявлений алмазов. Установлена ее максимальная эффективность и результативность на стадии среднемасштабного геологического картирования (1:50000 — 1:100000).

2. Узлы пересечения центральной подзоны Вилуйско-Мархинской зоны глубинных разломов (ВМЗ) с секущей Ыгыаттинской зоной, характеризующиеся повышенной плотностью разрывных нарушений, являются дополнительными структурно-тектоническими предпосылками выделения внутри ее локальных площадей, благоприятных для проявления кимберлитового магматизма.

3. Ограничение количества параметров типоморфных и типохимических характеристик ИМК, определение их минимально-аномальных значений при обработке результатов анализов позволили выполнить среднемасштабное минералогическое районирование Ыгыаттинского алмазоносного района. В результате районирования по прогнозно-поисковым критериям и признакам кимберлитового магматизма наиболее перспективным является Восточный минералогический узел, в пределах которого прогнозируется Еркютейское кимберлитовое поле.

Научная новизна. Впервые создана цифровая база проявлений алмазов ЯАП, на основе которой актуализирована карта коренной и россыпной алмазоносности Западной Якутии масштаба 1:1000 000. Впервые в ЯАП

разработана методика среднемасштабного минералогического районирования, апробированная в Ыгыаттинском районе. По структурно-тектоническим признакам в узле пересечения центральной подзоны ВМЗ с Ыгыаттинской секущей зоной выделена новая перспективная площадь, характеризующаяся повышенной плотностью разрывных нарушений. На основе комплекса прогнозно-поисковых признаков кимберлитового магматизма оконтурено новое прогнозируемое кимберлитовое поле и проведена оценка его потенциальной алмазоносности.

Практическая значимость. Полученные данные позволили уточнить степень значимости структурно-тектонического контроля локализации кимберлитовых тел в Ыгыаттинском алмазоносном районе. Определены минералогические критерии для таксона рангов «минералогический узел» и «минералогический участок». Обосновано выделение Еркютейского прогнозируемого кимберлитового поля, в пределах которого предложено выполнить поисково-заверочные работы и дана количественная прогнозная оценка его алмазоносности.

Апробация работы и публикации. Результаты исследований отражены в трех производственных отчетах, в двух из которых автор являлся одним из ответственных исполнителей. Полученные выводы, результаты и защищаемые положения неоднократно освещались на заседаниях НТС БГРЭ, ВГРЭ, Ученых Советов НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО) и ЗЯНЦ АН РС(Я).

По теме работы опубликовано 10 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ и 10 публикаций в сборниках материалов Всероссийских и Международных конференций. По теме диссертации представлены доклады на Всероссийских и Международных научно-практических конференциях: VII Всероссийской научно-практической конференции «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России», посвященной 60-летию ИГАБМ СО РАН (2017 г., г. Якутск); Всероссийской конференции «Геология и минералогия Северной Евразии» приуроченной к 60-летию ИГИГ СО РАН СССР, ИГМ им. В.С. Соболева СО РАН (2017 г., г. Новосибирск); VIII Международной научно-практической конференции «Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов», ФГУП ЦНИГРИ, 16-18 апреля 2018 г и других.

Структура и объем работы. Диссертация общим объемом 140 страниц состоит из введения, 5 глав и заключения, содержит 36 рисунков, 13 таблиц. Список использованной литературы включает 83 наименования.

Благодарности: За всестороннюю помощь автор благодарен научному руководителю д.г.-м.н. Толстову А.В.; за практическую помощь при выполнении исследований автор благодарен к.г.-м.н: Кошкареву Д.А., Проценко Е.В., Голубеву Ю.К., Тарских О.В., Серову И.В., Кедровой Т.В., Зайцевскому Ф.К., коллегам из ВГРЭ АК «АЛРОСА» (ПАО).

Обоснование защищаемых положений

Краткая геологическая характеристика и оценка объектов ЯАП

Первое защищаемое положение. Для решения комплекса геологических задач, возникающих на различных стадиях геологоразведочных работ и объективной интерпретации структурно-тектонических, геофизических и минералогических результатов исследований, разработана и адаптирована к условиям Якутской алмазоносной провинции унифицированная структура ГИС-интегрированной базы данных, содержащая основные параметры всех коренных месторождений и проявлений алмазов. Установлена ее максимальная эффективность и результативность на стадии среднемасштабного геологического картирования (1:50000 — 1:100000).

Современное состояние поисковых работ на алмазы, широкое внедрение цифровой картографии в практику геологоразведочных работ и переход поисков на «закрытые территории» потребовали корректной географической привязки кимберлитовых тел Якутской алмазоносной провинции. В качестве основы для цифровой базы кимберлитовых тел использованы работы Брахфогеля Ф.Ф., Ягнышева Б.С., Морозовой Н.Е, а также опубликованные материалы по кимберлитовому магматизму Якутской алмазоносной провинции (ЯАП) [Ваганов, 2000; Зайцев, 2010; Подчасов, 2004; Sun, 2014]. Созданная цифровая база данных содержит: координаты, общие характеристики потенциально алмазоносных объектов (форма, морфология, размеры, площадь, простираие длинной оси, среднее содержание, тип кимберлита), принадлежность к полю, району, субпровинции, провинции, абсолютный возраст. Всего в базе данных 1206 объектов, в том числе 1051 кимберлитовых тела и 155 объектов родственных пород. Алмазоносных кимберлитовых тел – 282. Всего коренных месторождений алмазов в Якутской алмазоносной провинции – 24, которые сосредоточены в Центрально-Сибирской субпровинции (ЦСС) (Табл.1).

Автором создана единая цифровая база данных россыпных месторождений и проявлений алмазов ЯАП. В качестве основы использованы фондовые материалы АК АЛРОСА (БГРЭ, АмГРЭ), ОАО «Нижнеленское», АО «Алмазы Анабара» и опубликованные материалы. Электронные базы данных кимберлитовых тел и россыпных объектов с заполненной атрибутивной информацией использованы для построения схемы коренной и россыпной алмазоносности Западной Якутии, масштаба 1:1 000 000 (Рис. 1).

В пределах Якутской алмазоносной провинции выделяются две субпровинции: Лено-Анабарская (ЛАС) на севере и Центрально-Сибирская (ЦСС) на юге [Горев, 2005]. В ЦСС выявлено 220 кимберлитовых тел, из которых 157 – алмазоносны. Распределение их по алмазоносности выглядит следующим образом: убогоалмазоносные ($<0,1$ кар/т) – 67%, низкоалмазоносные (0,1–0,3 кар/т) – 17%, среднеалмазоносные (0,3–1,0 кар/т) – 8%, высокоалмазоносные (1–3 кар/т) – 4% и уникально алмазоносные (>3 кар/т) – 4% [Подчасов, 2004]. Среднепалеозойский возраст кимберлитов ЦСС подтвержден результатами определений изотопного возраста для 57 тел.

В ЛАС обнаружено 831 кимберлитовое тело и 155 тело конвергентных пород (пикриты, альнеиты, альпикриты и кимпикриты и т.д.) Из общего количества тел ЛАС, алмазонасны лишь 15% (125), из них убогоалмазонасные ($<0,1$ кар/т) – 97%, низкоалмазонасные (0,1-0,3 кар/т) – 2%. Кимберлитовая трубка Малокуонапская (Куранахское поле) с содержанием 0,25–0,45 кар/т, относится к среднеалмазонасным. Анализ радиологических датировок 214 тел ЛАС показал, что кимберлитовые тела относятся к среднепалеозойской (38%) и среднемезозойской (62%) эпохам (Рис.2).

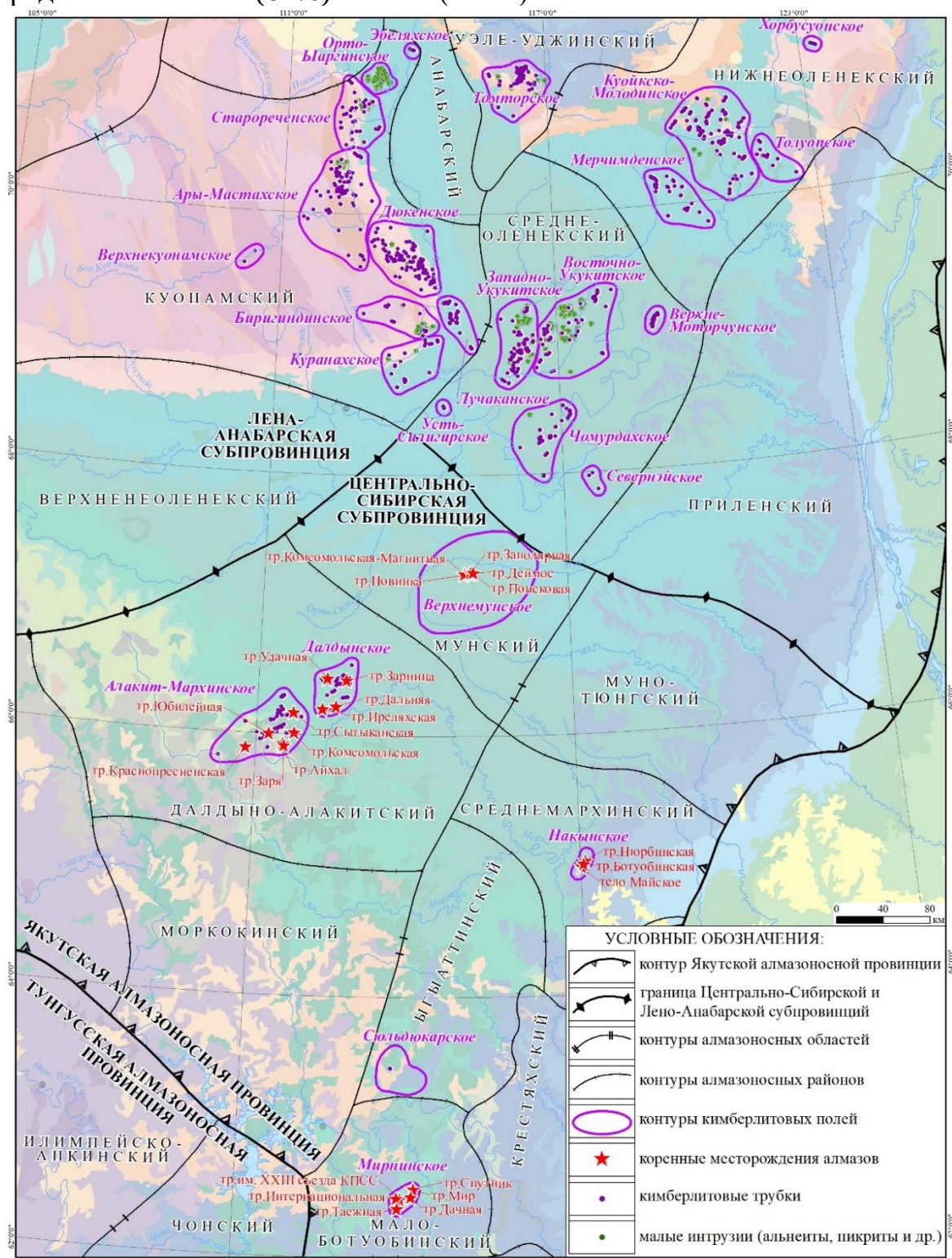


Рис. 1. Схема коренной алмазонасности Якутской алмазонасной провинции.

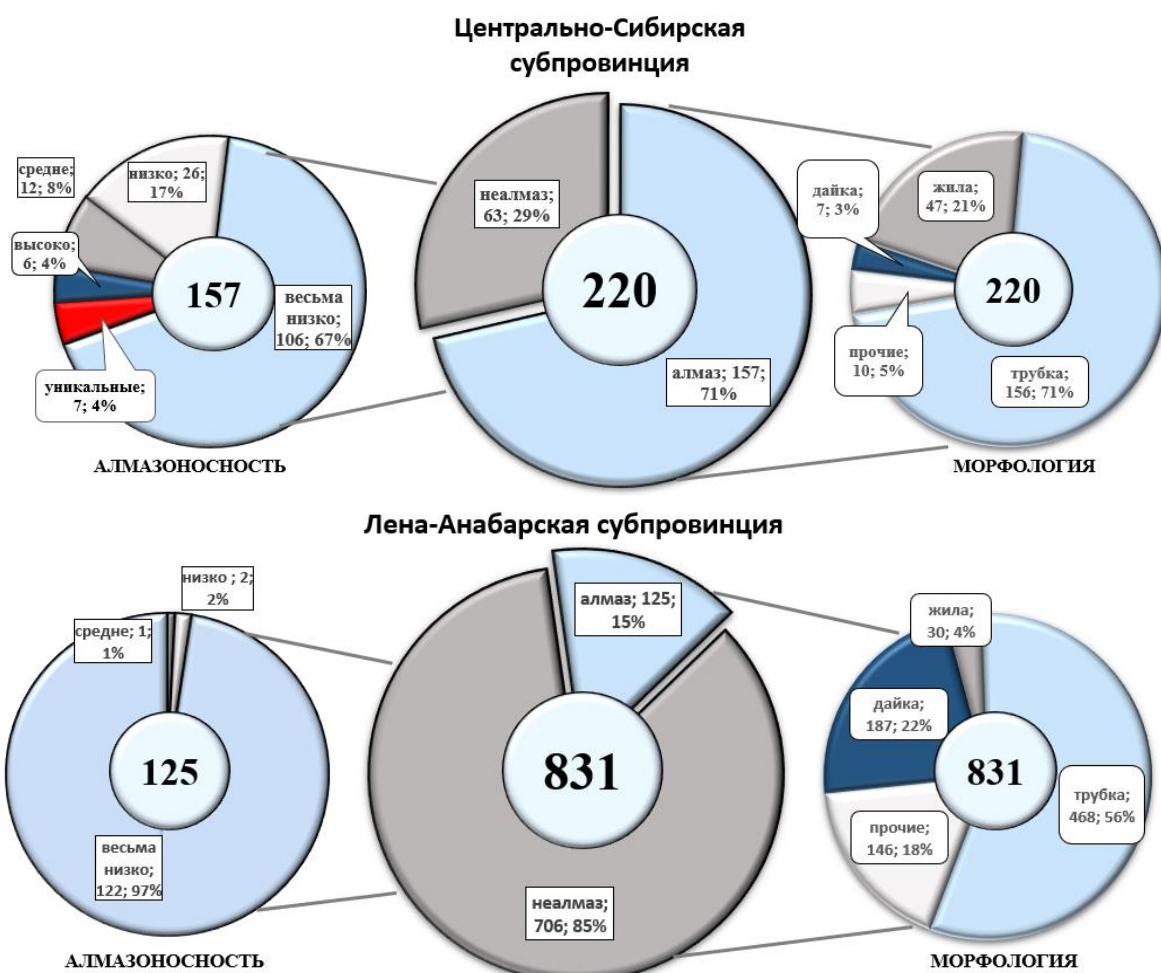


Рис. 2. Главные характеристики кимберлитовых тел Якутской алмазоносной провинции

Таблица 1

Каталог коренных месторождений алмазов Западной Якутии

№ п/п	Месторождение	Размеры	Ср.сод, кар/т	№ п/п	Месторождение	Размеры	Ср.сод, кар/т
Мирнинское поле				13	Краснопресненская*	590*372	1,32
1	Мир	490*320	3,61	14	Сытыканская	735*105	0,16
2	Таежная	143*121	0,22	15	Юбилейная	1293*741	1,24
3	Интернациональная	152*112	8,27	Далдынское поле			
4	Спутник	106*51	0,65	16	Дальняя	375*300	0,54
5	Дачная	65*64	1,76	17	Зарница	540*520	0,24
6	Им.ХХІІІ съезда КПСС	55*36	3,73	18	Иреляхская*	145*97	0,36
Накынское поле				19	Удачная	500*320	1,49
7	Нюрбинская	358*177	4,53	Верхнемунское поле			
8	Ботуобинская	264*117	6,36	20	Деймос	115*85	0,5
9	Тело Майское	430*40	6,46	21	Заполярная	445*200	0,67
Алакит-Мархинское поле				22	Комсомольская-Магнитная	275*110	0,5
10	Айхал	510*80	5,71	23	Новинка	305*125	0,69
11	Заря	470*250	0,29	24	Поисковая*	200*80	0,33
12	Комсомольская	297*223	0,38				

Иреляхская*- беднотоварное месторождение

Четкой корреляционной связи размеров кимберлитовых тел и их алмазоносности нет; небольшие трубки, так же, как и крупные диатремы могут

быть промышленно-алмазоносными и неалмазоносными. Кимберлитовые тела небольших размеров в пределах полей встречаются весьма часто, а общие запасы кимберлитовых пород и алмазов в их полной для поля совокупности соизмеримы с этими показателями, установленными для единичных крупных тел. При этом, даже самые мелкие из кимберлитовых тел могут представлять экономический интерес [Цыганов, 2005], (Рис.3).

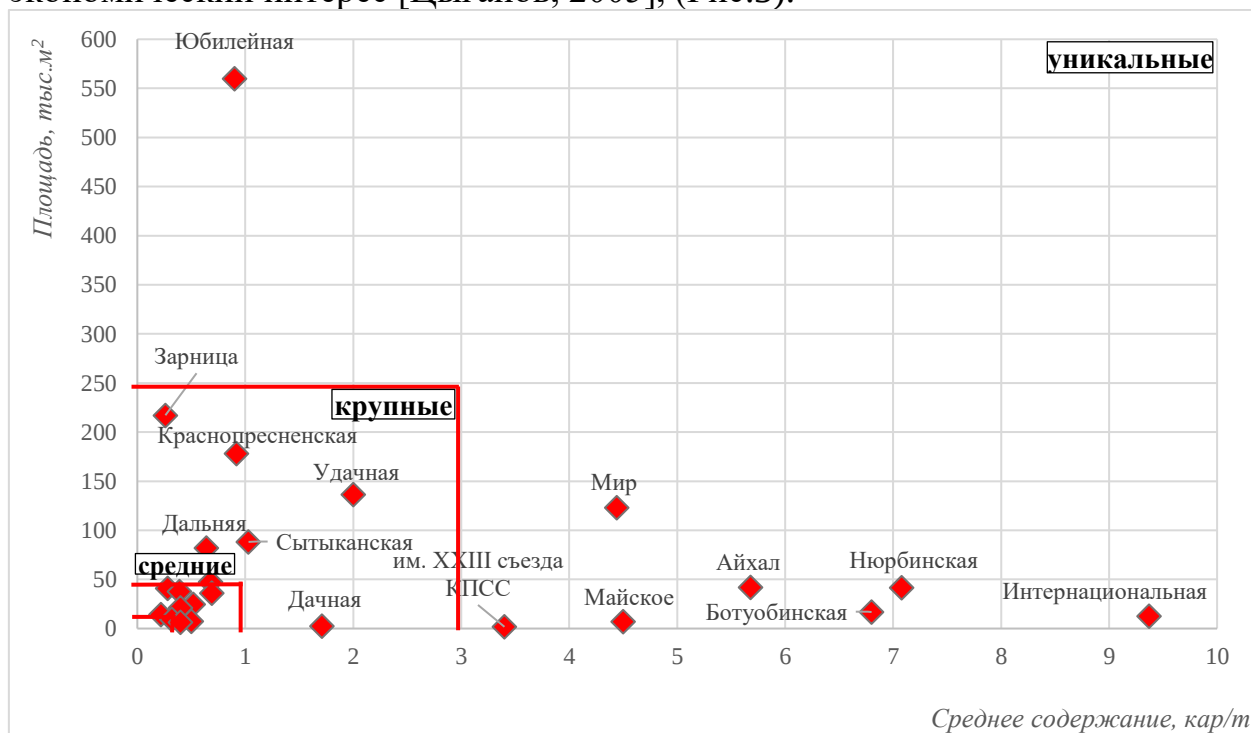


Рис. 3. Соотношение размеров и алмазоносности коренных месторождений алмазов Западной Якутии.

Согласно Методическому руководству главным фактором при оценке прогнозных ресурсов является выбор эталонного объекта, в котором учитывается весь комплекс данных о геолого-промышленных и генетических типах месторождений, особенностях их размещения, геологического строения, морфологии и степени алмазоносности, полученных ранее в результате разномасштабных поисковых и разведочных работ. Для оценки перспективного объекта нового кимберлитового поля должны использоваться параметры объекта, аналогичного по рангу [Кривцов, 2010]. Фактические данные алмазоносности кимберлитовых тел объекта-аналога и средневзвешенные значения параметров модельного объекта рассчитаны нами для всех известных кимберлитовых полей ЦСС в целях дальнейшей оценки прогнозных ресурсов алмазов в Западной Якутии.

Изучаемая площадь расположена в центральной части Ыгыаттинского алмазоносного района [Горев, 2005], в междуречье рр. Сюльдюкар и Холомолох-Юрях, на территории которой выявлена одна алмазоносная трубка Сюльдюкарская, состоящая из двух сопряженных тел, алмазоносность их колеблется от 0,25 до 0,35 кар/т [Старкова, 2022; Мальцев, 2018].

В геологическом строении территории принимают участие разновозрастные осадочные образования чехла Сибирской платформы и магматические породы трапповой формации. В осадочном чехле выделяются венд-нижнепалеозойский, среднепалеозойский, верхнепалеозойский-мезозойский и кайнозойский структурные ярусы. Осадочные породы интродуцированы среднепалеозойскими и триасовыми трапповыми образованиями. Более 28% площади характеризуется развитием IV геотипа (верхнепалеозойские терригенные отложения перекрыты трапповыми телами мезозойского возраста). В структурном плане площадь приурочена к области сочленения северо-западного склона Непско-Ботуобинской антеклизы (Сюльдюкарское поднятие) и Сюгджерской седловины, которые, находятся в пределах Анабаро-Мирнинского стабильного блока фундамента архейской консолидации [Проценко, 2018].

Таким образом, разработанная автором ГИС-интегрированная база данных позволила получить достоверные данные о пространственном положении кимберлитовых тел ЯАП, которые необходимы для определения прогнозно-поисковых критериев коренных месторождений алмазов и развития минерально-сырьевой базы Компании. На основе полученных основных характеристик кимберлитов созданы эталонные геолого-экономические модели кимберлитовых полей Западной Якутии.

Второе защищаемое положение. Узлы пересечения центральной подзоны Вилуйско-Мархинской зоны глубинных разломов (ВМЗ) с секущей Ыгыаттинской зоной, характеризующиеся повышенной плотностью разрывных нарушений, являются дополнительными структурно-тектоническими предпосылками выделения внутри ее локальных площадей, благоприятных для проявления кимберлитового магматизма.

Выделение факторов структурного-тектонического контроля кимберлитовых тел и разработка поисковых критериев и признаков является одной из важнейших составляющих прогнозирования месторождений алмазов в Западной Якутии [Дукарт, 1996]. Целью наших исследований является выделение тектонически ослабленных участков, наиболее благоприятных для внедрения кимберлитового магматизма. В основу исследований положены данные о разрывной тектонике, полученные по результатам разномасштабных геологосъемочных и поисковых работ, сейсморазведочной и аэромагнитной съемок, выполненных специалистами ГРК АК «АЛРОСА» (ПАО) в пределах Вилуйско-Мархинской минерагенической зоны (ВМЗ).

ВМЗ занимает площадь свыше 70 тыс. км² (Рис.4). Ее протяженность достигает 800 км, а ширина варьирует от 30–50 км на юге до 150 км на северо-восточном фланге. Многочисленными исследователями установлено, что кимберлитовые поля тяготеют к краевым частям стабильных блоков и располагаются в узлах пересечения разнонаправленных разломных зон (линеаментов) [Антипин, 2018; Горев, 2005; Горев, 2017]. Структурный анализ верхней части кимберлитовмещающей толщи ВМЗ позволил выделить в ней подзоны. В центральной подзоне локализованы высокоалмазоносные

Мирнинское и Накынское кимберлитовые поля, к западной – среднеалмазоносное Слюдякарское поле [Проценко, 2018]. Прогнозируемая площадь локализована в узле пересечения центральной подзоны ВМЗ с Ыгыаттинской секущей ветвью, прослеженной по опущенным блокам пород на пересечениях с подзонами ВМЗ [Колесник, 2021ф].

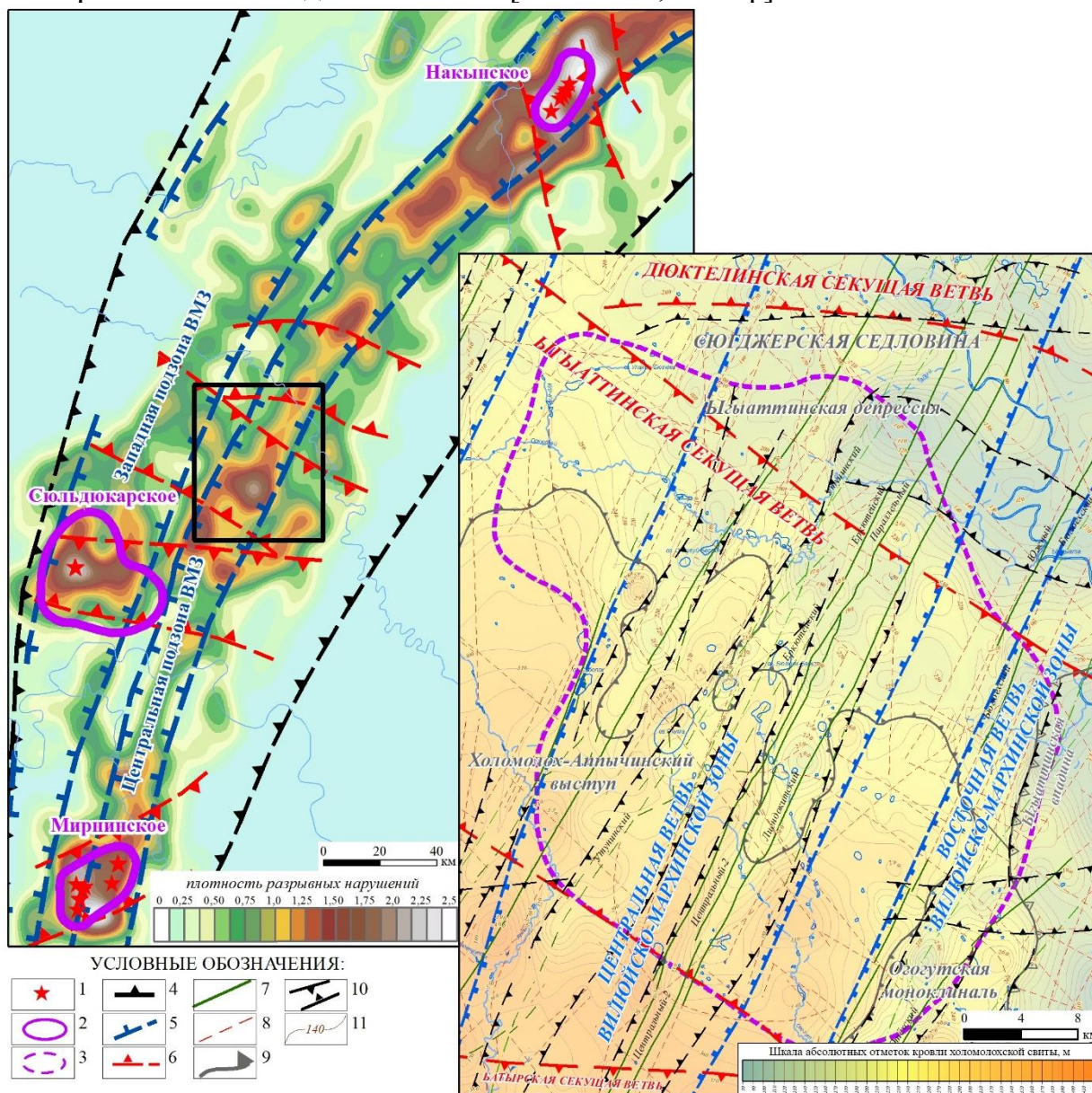


Рис. 4. Структурно-тектонические схемы Вилуйско-Мархинской зоны (плотность разрывных нарушений) и прогнозируемого кимберлитового поля. Условные обозначения: 1- кимберлитовые трубки; 2- контуры кимберлитовых полей; 3- контур прогнозируемого поля; 4- Вилуйско-Мархинская зона глубинных разломов I порядка; 5- подзоны ВММЗ; 6- секущие рифтоподобные структуры; 7- дайки долеритов; 8- разрывные нарушения; 9-пликативные структуры 1 и 2 порядков; 10- линейные прогибы (грабены) в структуре нижнепалеозойских пород; 11- изогипсы кровли холомолахской свиты верхнего кембрия, м.

Анализ характера дизъюнктивных дислокаций выполнен с помощью модуля ArcGIS Spatial Analyst Kernel Density (вычисление количества на единицу площади (плотности) точечных и полилинейных объектов). Для

прогнозирования объекта ранга «кимберлитовое поле» построены схемы плотности разрывных нарушений на всю территорию ВМЗ и на прогнозируемое поле, плотность дизъюнктивов на ВМЗ варьирует от 0,05 до 2,5 км/км². Области повышенной плотности разрывных дислокаций протягиваются широкой непрерывной полосой в центральной части зоны и фрагментарно фиксируются на ее западном фланге, причем они хорошо согласуются с подзонами ВМЗ, выделенными в результате структурного анализа [Проценко, 2018]. Наибольших значений (1,0–2,5 км/км²) данная величина достигает в пределах известных кимберлитовых полей.

На изучаемой территории преобладают разломы с-с-в (71%) и с-з простирания (18%). Длина разрывных нарушений колеблется от 1,5 до 8 км, в редких случаях достигая 18 км, в среднем составляет 3,3 км. Построенная схема плотности разрывных нарушений, характеризуется плотностью от 0,01 до 1,24 км/км², наибольшая плотность наблюдается на ю-з территории (0,5–0,9 км/км²) (Рис.4).

Таким образом, по структурно-тектоническим признакам, являющимся дополнительным критерием выделения площадей первой очереди при поисковых работах на коренные месторождения алмазов в Ыгыаттинском алмазоносном районе, в узле пересечения центральной подзоны ВМЗ с секущей Ыгыаттинской ветвью разломов выделена площадь, характеризующаяся повышенной плотностью разрывных нарушений, Установлено, что именно подобные участки повышенной плотности разрывных нарушений, совмещенные с областями усложненного структурного плана нижнепалеозойских пород (подзонами), являются наиболее перспективными на выделение кимберлитовых полей и на этом основании требуют пристального внимания при детальном изучении.

Третье защищаемое положение. *Ограничение количества параметров типоморфных и типохимических характеристик ИМК, определение их минимально-аномальных значений при обработке результатов анализов позволили выполнить среднемасштабное минералогическое районирование Ыгыаттинского алмазоносного района. В результате районирования по прогнозно-поисковым критериям и признакам кимберлитового магматизма наиболее перспективным является Восточный минералогический узел, в пределах которого прогнозируется Еркютейское кимберлитовое поле.*

Фактическим материалом для выполненных построений стали результаты опробования горных выработок на наличие индикаторных минералов кимберлита (ИМК), алмазов, их морфологических особенностей и результаты микрорентгеноспектрального анализа. Всего на площади пройдено 3788 выработок, из которых 34% - выработки с ИМК, общее количество которых – 24765 зерен, из которых 2256 гранатов, 4423 ильменита и 18086 хромшпинелидов. Для разбраковки минералогических данных принят наш подход «фон-аномалия», аномалии выделены посредством принятия минимально-аномальных значений [Шахурдина, 2022]. Минимально аномальным содержанием ИМК в аллотигенной составляющей тяжелой

фракции принято >16 мг/г, так как медианный вес ТФ рядовой шлиховой пробы составляет 1 г, чтобы получить аномальную концентрацию ИМК по отношению к 1 г. ТФ шлиха, необходимо не менее 25 зерен пиропов гранулометрического класса $-1+0,5$ мм [Антипин, 2009]. Наличие ИМК 0, I, II класса механического износа указывает на возможную близость коренного источника [Афанасьев, 2010]. Минимально-аномальными параметрами по химсоставу приняты ИМК «алмазной ассоциации» (химико-генетических групп (ХГГ), для которых доказана генетическая связь с алмазами [по классификации Гаранина, 2006] и «редких химико-генетических групп», поскольку при разнообразии ИМК имеют существенное сходство в химическом составе, независимо от кимберлитового поля: так у гранатов преобладают четыре ХГГ (79%), у ильменита три (75%), у хромпинелидов четыре (70%). К «редким группам» ХГГ отнесены ИМК, частота встречаемости которых как в кимберлитах, так и в осадочных образованиях составляет менее 7% от выборки.

Основными коллекторами ИМК в Ыгыаттинском районе являются верхнепалезойские отложения (ботуобинская свита верхнего карбона, ахтарандинская и боруллойская свиты перми). Для анализа пространственных минералогических данных нами создана цифровая база, включающая горные выработки с типоморфными характеристиками ИМК. По значениям прогнозно-поисковых признаков все выработки с находками ИМК разделены на «фоновые» и «аномальные». В модуле Model Builder ArcGIS разработан набор инструментов для обработки минералогической информации, который состоит в построении равномерной сетки и суммировании всех шлихоминералогических аномалий, т.е. формируется индивидуальный «паспорт» с набором типоморфных характеристик ИМК всей территории.

Анализ полученных данных позволил ранжировать территорию Ыгыаттинского алмазоносного района по степени проявленности аномальных минералогических параметров. При среднемасштабном прогнозировании производится минералогическое районирование на основе геолого-минералогического картирования масштаба 1:200 000, с выделением таксонов уровня минералогический район, узел, участок [Антипин, 2006]. Применение этой методики позволило выделить на территории ЫАР шесть минералогических узлов: Сюльдюкарский, Западный, Восточный, Кютерский, Саламачанский и Аччыгый-Сюгджерский, отличающиеся составом ассоциации и типоморфными характеристиками ИМК (Рис. 5). Участки в пределах минералогических узлов выделены по сближенному расположению шлихоминералогических аномальных точек.

Выделенный минералогический узел Восточный, площадью 946 км^2 , располагается в центральной части Ыгыаттинского алмазоносного района, он имеет вытянутую форму и северо-западное простирание. В пределах узла пройдено 1067 выработок, обнаружено 11088 зерен ИМК, минералогическая ассоциация пироп-пикроильменит-хромшпинелидовая (1:1,2:6).

Предложена методика среднемасштабного минералогического районирования, основанная на выделении минералогических узлов с

использованием минимально-аномальных значений для каждого минералогического признака. Применяя методику в других алмазоносных районах, необходимо учитывать специфику изучаемой площади, поскольку стабильно аномальными значениями ИМК могут быть только высокосохранные зерна ИМК и аномальные химико-генетические группы.

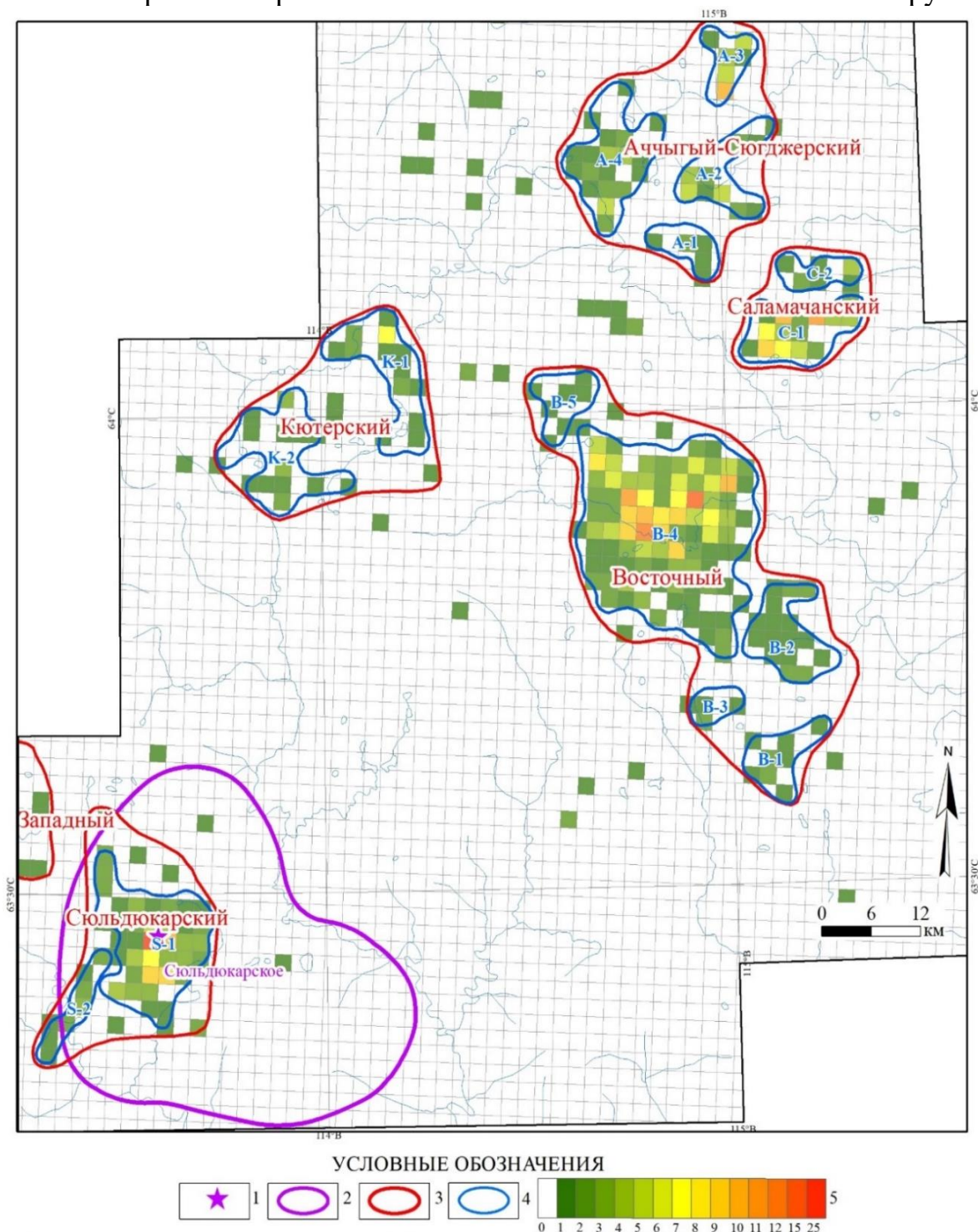


Рис. 5. Схема минералогического районирования Ыгяттинской площади, масштаб 1:600 000. 1- Сюльдюкарская кимберлитовая трубка, 2- Сюльдюкарское кимберлитовое поле, 3- контуры минералогических узлов PZ, 4-контуры минералогических участков, 5- ранжирование площадей по наличию илихominералогических аномалий

Оконтуривание нового кимберлитового поля и оценка алмазонасности

Для прогнозирования и поисков алмазонасных объектов необходимо достоверное выделение границ кимберлитового поля. Для оконтуривания прогнозируемого кимберлитового поля использован комплекс прогнозно-поисковых признаков кимберлитового магматизма: структурно-тектонические, минералогические, геофизические и палеогеографические.

Структурно-тектонические признаки. Еркютейское прогнозируемое поле находится на стыке Непско-Ботуобинской антеклизы и Сюгджерской седловины, в центральной части ВМЗ I порядка, в узле пересечения центральной подзоны ВМЗ с Ыгыаттинской ветвью секущей Ыгыаттинской зоны [Проценко, 2018]. По структурно-тектоническим признакам выделены две перспективные площади, одна из которых находится в узле пересечения центральной подзоны ВМЗ с секущей Ыгыаттинской ветвью, другая площадь характеризуется повышенной плотностью разрывных нарушений.

Минералогические признаки. Для разбраковки минералогических данных принят подход «фон»-«аномалия». Комплексный анализ распространения выделенных шлихоминералогических аномалий позволил оконтурить Восточный минералогический узел в верхнепалеозойских отложениях (ботуобинской, ахтарандинской и боруллойской свитах) Ыгыаттинского алмазонасного района. Минералогическая ассоциация пироп-пикроильменит-хромшпинелидовая (1:1,2:6) [Шахурдина, 2022].

Геофизические признаки. По результатам тематических работ выделена Хампинская область проявленности геофизических прогнозно-поисковых критериев, соответствующих объекту ранга «кимберлитовое поле», для которой характерны зоны разуплотнения, понижение магнитоактивной поверхности, кольцевые аномалии, выделенные по гравитационному и магнитному полям, зоны повышенной проводимости в кристаллическом фундаменте [Колесник, 2021ф].

Палеогеографические признаки. По результатам поисковых работ локализованы два перспективных участка: Восточный и Бюгюехский. Восточный участок расположен в пределах современных Еркютейской и Укугутской палеовозвышенностей. В ботуобинское и ахтарандинское время с площади участка осуществлялся снос ИМК в Восточный минералогический узел короткими временными водотоками, нашедшими отражение в разрезах верхнего палеозоя. Бюгюехский участок охватывает водораздельную часть речных водотоков ахтарандинского и ботуобинского времени, с переносом терригенного материала и зерен ИМК, в направлении на север и северо-восток.

Выделение прогнозируемого кимберлитового поля выполнено на основе анализа карты проявленности прогнозно-поисковых критериев и предпосылок кимберлитового магматизма. Процесс оконтуривания состоит в объединении полигональных данных в один цифровой слой и суммирование всех прогнозно-поисковых признаков. Границы поля определяются сочетанием не менее трех прогнозно-поисковых признаков. Таким образом, путем синтеза полученных цифровых данных, оконтурено Еркютейское прогнозируемое кимберлитовое поле, площадь которого составила 1390 км² (Рис.6).

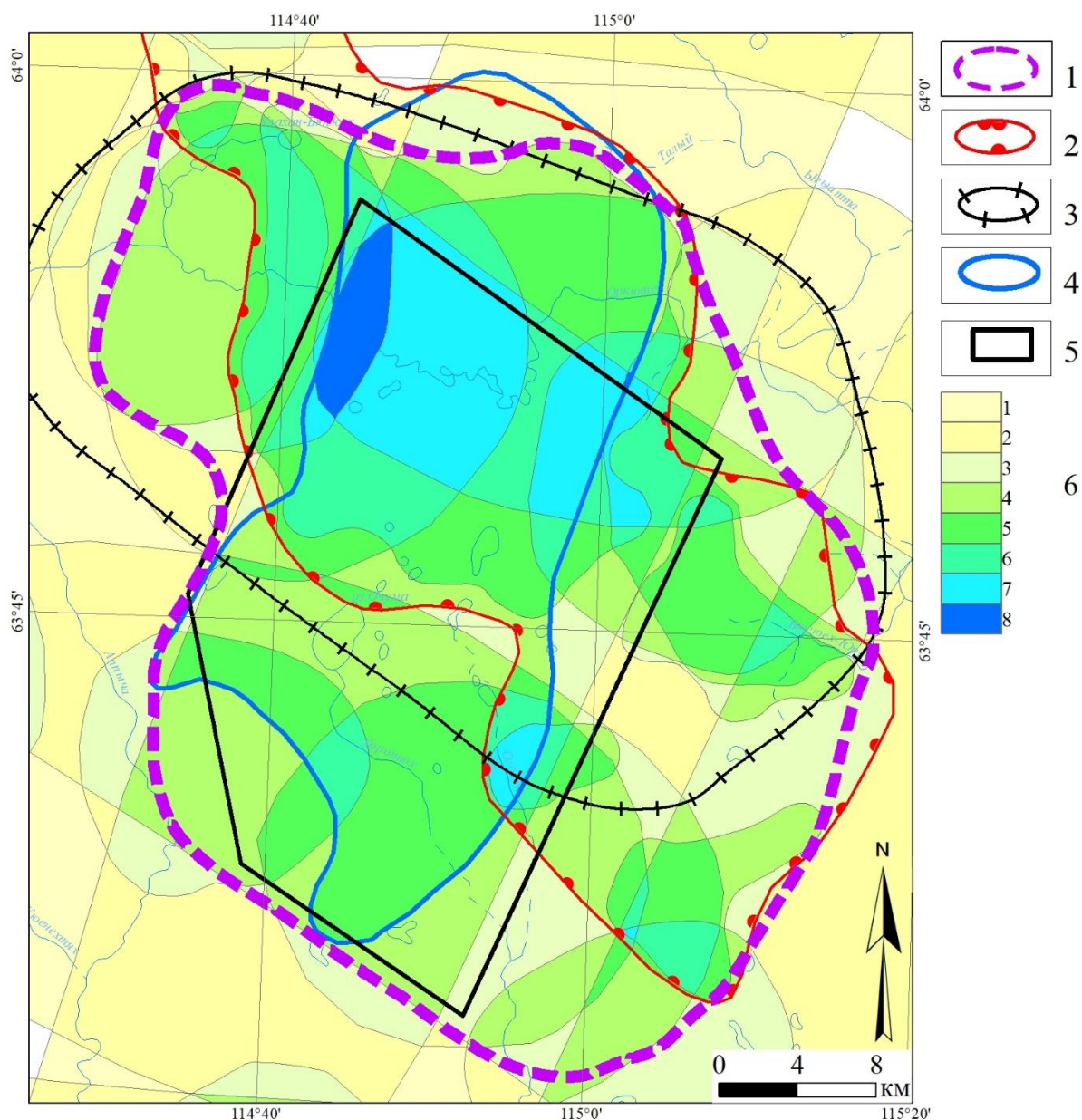


Рис. 6. Схема оконтуривания Еркютейского прогнозируемого кимберлитового поля, масштаб 1:400 000. 1- обобщенный контур Еркютейского прогнозируемого кимберлитового поля; 2-Восточный минералогический узел; 3-перспективная площадь по комплексу геофизических критериев; 4- максимальная плотность разрывных нарушений; 5- Оркютей-Хороннохская перспективная площадь по структурно-тектоническим критериям; 6- количество прогнозно-поисковых признаков.

Главной задачей прогноза является выбор эталонного объекта, параметры которого закладываются в количественную оценку прогнозных ресурсов [Кривцов, 2010]. При отсутствии выявленного объекта в прогнозируемом Еркютейском кимберлитовом поле единственной возможностью является обоснование и выбор подобного эталона в известных кимберлитовых полях.

Геолого-геофизическая и структурно-тектоническая модель поля

По данным сейсморазведки в рельефе поверхности границы Мохоровичича существуют прогибы, с относительно пониженными

значениями от 43 км до 60 км. В таких прогибах расположены многие кимберлитовые поля [Манаков, 1998]; в Мирнинском кимберлитовом поле глубина до границы Мохо составляет 43 км, в Накынском – 47 км, в Сюльдюкарском – 43 км, в Еркютейском - 44 км.

На поверхности верхней мантии (граница М) обнаружены высокие значения граничной скорости, достигающие 8,6—9,0 км/с (при относительно пологом рельефе) на фоне нормальных скоростей 7,9—8,2 км/с [Ваганов, 2002]. Такие участки выделены вблизи Мирнинского, Накынского, Сюльдюкарского полей и Еркютейского прогнозируемого поля.

Известные кимберлитовые поля Центрально-Сибирской субпровинции характеризуются отрицательными аномалиями поля ΔG , им соответствуют отрицательные аномалии магнитного поля, несколько больших размеров, чем аномалии в гравиметрическом поле.

Мирнинское поле находится в пределах Непско-Ботуобинской антеклизы, на склоне Мирнинского поднятия, где отметки до кровли фундамента составляют 1700–1900 м. Поле контролируется узлом пересечения центральной подзоны ВМЗ с Укугутской ветвью Джункун-Хампинской секущей зоны [Проценко, 2021]. Основными кимберлитоконтролирующими структурами являются пары сближенных разломов субмеридионального простирания.

Накынское поле расположено в области сочленения Анабарской антеклизы и Вилуйской синеклизы, на пересечении центральной подзоны ВМЗ и секущей Средне-Мархинской зоны. Отметки до кровли фундамента – 3500 м. Рудоконтролирующие разломы северо-восточного простирания, фрагментарно залеченные маломощными дайками долеритов.

Сюльдюкарское поле находится на борту Непско-Ботуобинской антеклизы, на пересечении западной ветви ВМЗ и секущей Батырской зоны, отметки до фундамента- 2200–2500 м. Разломы субмеридионального и север-северо-восточного простирания.

Прогнозируемое Еркютейское поле находится в сочленении Непско-Ботуобинской антеклизы и Сюгджерской седловины, на пересечении центральной подзоны ВМЗ и секущей Ыгыаттинской зоны, на северо-восточном склоне Холомолох-Аппычинского выступа, осложненного тремя грабенообразными прогибами. Отметки до фундамента – 2500–2700 м.

Минералогическая модель кимберлитового поля

Для выбора эталонного объекта выполнен сравнительный анализ основных характеристик алмазов и ИМК Еркютейского поля с аналогичными параметрами известных алмазоносных месторождений Якутской алмазоносной провинции (Рис.7). Всего по ЯАП выявлено 24 промышленных месторождений алмазов, все они сосредоточены в Центрально-Сибирской субпровинции: в Мирнинском, Накынском, Алакит-Мархинском, Далдынском и Верхнемунском кимберлитовых полях.

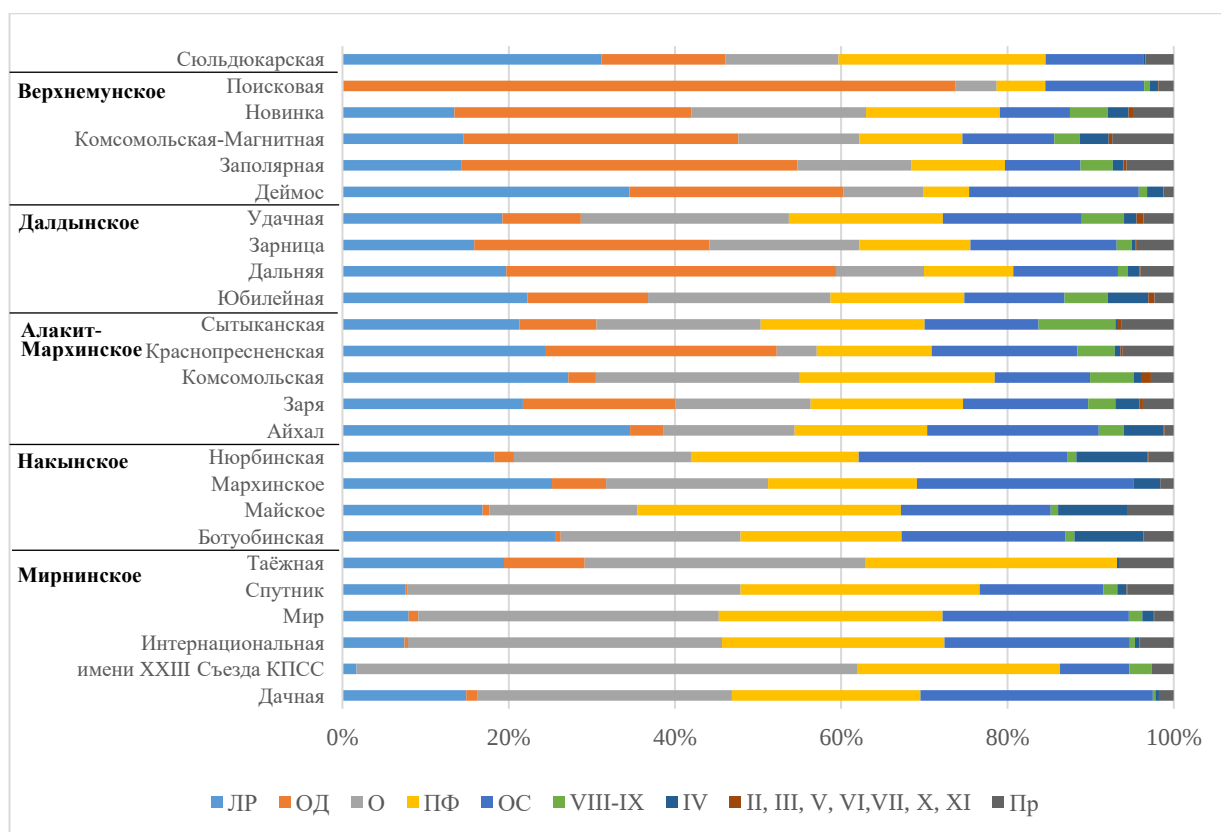


Рис. 7. Основные характеристики алмазов месторождений Центрально-Сибирской субпровинции. *Морфология*: I разновидность [О - октаэдры, ПФ - переходные формы, ЛР - ламинарные ромбододекаэдры, ОД - округлые додекаэдрониды, Пр - прочие], ОС - осколки, II-XI - остальные разновидности.

Фактическим материалом для проведения сравнительного анализа послужили данные из электронной базы данных (БД) «RSearch», разработанной в НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО) (программа RSearch-клиент зарегистрирована в реестре ЭВМ № 2017618988 от 14.08.2017 г). В качестве инструмента оперативного статистического сопоставления нескольких объектов по основным характеристикам использовано Web-приложение «PassportObject» - Web-приложение, позволяющее формировать отчетные материалы из БД «RSearch-геопривязка», «RSearch-Алмазы», «RSearch-MCA» с возможностью выборки данных по различным факторам (по контуру, по объектам: НИР, ГРП, Геологический объект, Точка наблюдения) (свидетельство № 2019665386 от 22.11.2019).

Алмазы. В пределах нового Еркютейского поля имеется информация по 18 алмазам. Среди алмазов из пермских отложений присутствует кристалл класса -4+2 мм весом 29,2 мг, в отложениях каменноугольного возраста встречен кристалл класса -2+1 мм весом 1,4 мг. Остальные кристаллы относятся к классу -1+0,5 мм со средним весом 1,2 мг. Алмазы представляют собой, преимущественно, бесцветные октаэдры I разновидности со средней степенью прозрачности, низкой степенью сохранности, часто с единичными трещинами. Большинство алмазов – монокристаллы, среди индивидов с повреждениями наиболее распространены комбинационные (механические + протоматические) сколы. Характер свечения в УФ-лучах разнообразен,

присутствуют кристаллы с розово-сиреневой, сине-голубой и желто-зеленой фотолюминесценцией. Алмазы из пермских отложений не были исследованы оптико-спектроскопическими методами, представлены, в основном, разновидностями эклогитовой группы второй и третьей генераций, один индивид относится к первой генерации перидотитовой группы.

Индикаторные минералы кимберлитов. В Восточном минералогическом узле ИМК представлены пироп-пикроильменит-хромшпинелидовой ассоциацией. Преобладают *гранаты* лерцолитового парагенезиса (77,3%); *гранаты* дунит-гарцбургитового парагенезиса составляют 14,8%, верлитового – 5,4%, эклогитового – 2,4%. *Гранаты алмазной ассоциации* (дунит-гарцбургитового парагенезиса) составляют 7,5% (классификация Соболева, 1974). *Ильмениты* – преобладают с содержаниями MgO от 7 до 10 масс.%, что, в целом, соответствует «кимберлитовому тренду». При этом отмечается ильменит с содержанием Mg до 4 мас.%. *Хромшпинелиды* по составу варьируют в широких пределах: от хромшпинели до высокохромистых пикрохромитов, при этом оставаясь в «кимберлитовых» пределах. Хромшпинелиды, соответствующие алмазной ассоциации по классификации Соболева (1974) составляют 5,3% от количества изученных.

Анализ главных вещественно-индикационных признаков кимберлита Еркютейского поля показал, что аналогом для прогнозной оценки нового кимберлитового поля является типовая трубка Мирнинского поля со следующими характеристиками: площадь среднего сечения – 71500 м², среднее содержание алмазов 4,7 кар/т, глубина прогноза до 200 м, удельный вес кимберлита 2,4 т/м³, коэффициент подобия 0,1 (Табл. 2).

Таблица 2

Эталонная модель Мирнинского кимберлитового поля

№ п/п	Месторождение	ср. S, тыс. кв. м	глубина ПЗ, м	ср. сод, кар/т	запасы, тыс. кар.	% от общ. сод. алм
1	Мир	92,1	1635	3,607	453000	75,2
2	Интернациональная	9,0	1650	8,269	146100	24,3
3	им. XXIII съезда КПСС	1,0	195	3,73	1214	0,2
4	Дачная	1,4	150	1,76	761,4	0,1
5	Таежная	8,9	200	0,22	464,2	0,1
6	Спутник	4,8	340	0,648	833	0,1
	<i>Сумма</i>				602372,6	100
	<i>ср. взвеш</i>	71,5	1632	4,73		

На территории прогнозируемого Еркютейского кимберлитового поля выделены четыре локальных перспективных участка на выявление алмазоносных тел: Еркютейский, Восточный-локальный, Северный, Южный, в пределах каждого из которых прогнозируется по одному кимберлитовому телу, сопоставимому с эталонным объектом (Рис.8). Итого в пределах поля ожидается выявление четырех кимберлитовых тел среднего размера.

Прогнозные ресурсы Еркютейского прогнозируемого кимберлитового поля категории P₃ по коренным алмазам составляют:

$$Q = 71500 \text{ м}^2 \times 200 \text{ м} \times 4,7 \text{ кар/т} \times 2,4 \text{ т/м}^3 \times 0,1 \times 4 = 64,5 \text{ млн. карат}$$

Таким образом, комплексный анализ прогнозно-поисковых признаков кимберлитового магматизма позволил локализовать в центральной части Ыгыаттинского алмазоносного района новое Еркютейское прогнозируемое кимберлитовое поле и оценить его потенциальную алмазоносность.

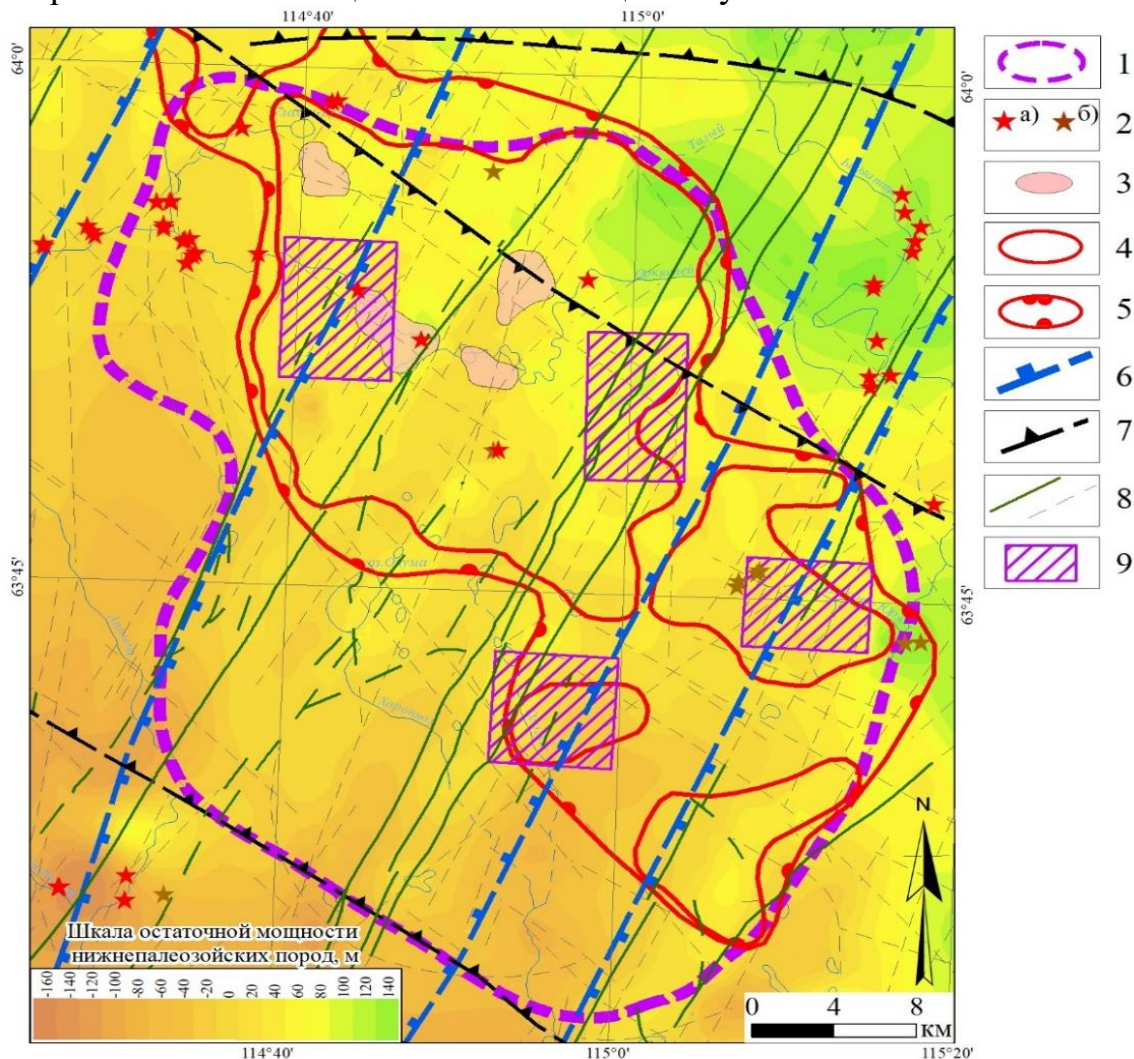


Рис. 8. Схема прогноза коренной алмазоносности Еркютейского прогнозируемого кимберлитового поля, масштаб 1:400 000. 1- обобщенный контур Еркютейского прогнозируемого кимберлитового поля; 2- отдельные находки в разновозрастных отложениях: а)-кайнозойских, б)палеозойских; 3-высококонтрастные ореолы ИМК; 4- контуры минералогических участков в пределах минералогических узлов; 5- контуры минералогических узлов в верхнепалеозойских отложениях; 6- отдельные ветви Вилуйско-Мархинской зоны; 7- секущие рифтоподобные структуры и их отдельные ветви; 8- а) дайки долеритов Вилуйско-Мархинского комплекса, б) разрывные нарушения выделенные по АМС; 9- перспективные участки

Сопоставление химического состава ИМК минералогического узла Восточный и трубки Сюльдюкарская показал существенные различия, что свидетельствует о наличии на территории Ыгыаттинского района новых коренных источников. Сравнительный анализ основных характеристик алмазов и ИМК известных алмазоносных месторождений ЯАП показывает, что аналогами являются трубки Мирнинского кимберлитового поля.

Заключение

В итоге проведенных исследований автором получены результаты:

Выполнено геологическое картирование месторождений и проявлений алмазов в распределенном и нераспределенном фондах недр РС(Я). Созданная автором цифровая база данных коренных и россыпных объектов алмазов содержит достоверные сведения о местоположении, возрасте и продуктивности кимберлитовых тел, включенных в кадастр коренных месторождений алмазов и кимберлитовых полей ЯАП. Полученные результаты позволили актуализировать схему коренной и россыпной алмазоносности Западной Якутии, масштаба 1:1 000 000.

По структурно-тектоническим признакам выделена перспективная площадь на выделение нового кимберлитового поля, характеризующаяся повышенной плотностью разрывных нарушений, расположенная в узле пересечения центральной подзоны ВМЗ с секущей ветвью Ыгыаттинской зоны. Участки повышенной плотности разрывных нарушений, совмещенные с областями усложненного структурного плана нижнепалеозойских пород (подзонами), требуют пристального внимания и детального изучения, поскольку они характеризуются максимальной дислоцированностью осадочного чехла и по сумме прогнозных факторов наиболее благоприятны для расположения кимберлитовых тел, вследствие чего должны стать первоочередными объектами для опоискования.

Разработана методика среднемасштабного минералогического районирования, основанная на принципе «фон-аномалия» посредством принятия минимально-аномальных значений для каждого минералогического признака. В Ыгыаттинском районе аномальным значениям соответствуют: концентрация ИМК в 10-литровой пробе более 25 знаков; содержание ИМК в тяжёлой фракции свыше 16‰; ИМК высокой степени сохранности (0-II класс); ИМК «аномальных» химико-генетических групп. При этом для каждой выработки формируется индивидуальный «паспорт» с набором типоморфных характеристик ИМК. Предложенный подход к оконтуриванию единиц «минералогический узел», «минералогический участок», учитывающий максимально возможное количество типоморфных особенностей ИМК, позволил выделить шесть минералогических узлов: Сюльдюкарский, Западный, Восточный, Кютерский, Саламачанский и Аччыгый-Сюдджерский.

Сопоставление состава ИМК и алмазов Восточного минералогического узла и трубки Сюльдюкарская показало существенные различия, что свидетельствует о присутствии на данной территории невыявленных коренных источников. Сравнительный анализ алмазов и ИМК месторождений алмазов ЯАП показал, что аналогами прогнозируемых кимберлитов выступают трубки Мирнинского поля. Анализ и синтез геологических данных позволил локализовать в центральной части Ыгыаттинского алмазоносного района новое Еркютейское кимберлитовое поле и оценить его потенциальную алмазоносность. В пределах Еркютейского прогнозируемого поля выделены четыре локальных участка, перспективных на выявление кимберлитовых тел: Еркютейский, Восточный-локальный, Северный, Южный.

Список опубликованных источников по теме диссертации

Статьи в реферируемых журналах, рекомендуемых ВАК

1. **Шахурдина Н.К.** Методика количественного анализа признаков кимберлитоконтролирующих структур Средне-Мархинского района // Наука и образование. 2007. № 4. С. 28-33.
2. Коробков И.Г., **Шахурдина Н.К.** Структуры осадочного чехла кимберлитовых полей Западной Якутии как основа локального прогноза новых коренных источников алмазов // Руды и металлы. 2011. № 5. С. 27-34.
3. Коробков И.Г., **Шахурдина Н.К.** Структуры кимберлитовых полей как основа инновационного подхода к прогнозу коренных месторождений алмазов // Руды и металлы. 2011. № 3-4. С. 94-95.
4. **Шахурдина Н.К.**, Тарских О.В. Методика оконтуривания кимберлитовых полей с применением ГИС-Технологий (на примере Якутской алмазоносной провинции) // Наука и образование. 2017. № 4 (88). С. 29-36.
5. Горев Н.И., Колесник А.Ю., Николенко Е.И., Проценко Е.В., Старостин П.В., **Шахурдина Н.К.** История формирования среднепалеозойских кимберлитов Алакит-Мархинского поля, Западная Якутия // Руды и металлы. 2020. № 2. С. 58-68.
6. Горев Н.И., **Шахурдина Н.К.**, Салихов Р.Ф., Проценко Е.В. К вопросу об эрозионном срезе кимберлитов Алакит-Мархинского рудного поля // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2020. Т. 25. № 1. С. 20-31.
7. Голубев Ю.К., Гаранин К.В., Кошкарев Д.А., Голубева Ю.Ю., **Шахурдина Н.К.** Состояние и перспективы развития минерально-сырьевой базы алмазов России // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2020. № 6 (174). С. 3-11.
8. Проценко Е.В., **Шахурдина Н.К.** Дополнительные структурно-тектонические факторы локализации кимберлитов в пределах Вилюйско-Мархинской зоны разломов // Руды и металлы. 2021. № 3. С. 14-21.
9. **Шахурдина Н.К.**, Тарских О.В., Колесник А.Ю. Методика среднемасштабного минералогического районирования при поисковых работах на алмазы (на примере Ыгыаттинской площади) (Западная Якутия) // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2023. Т.28. №2. С. 223-235.
10. **Шахурдина Н.К.** Геологическое картирование кимберлитового магматизма как фактурная оценка алмазоносных объектов Западной Якутии // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К.Аммосова. Серия «Науки о Земле». Earth Sciences. 2024;(1): С. 68-74.

Публикации в материалах научных мероприятий:

11. Коробков И.Г., Кондратьев А.А., **Шахурдина Н.К.** Структуры осадочного чехла Накынского кимберлитового поля. // Геологические аспекты минерально-сырьевой базы акционерной компании АЛРОСА: современное состояние, перспективы, решения – г. Мирный, 2003г, С. 135-140.
12. **Шахурдина Н.К.**, Плотников Д.А. Структуры осадочного чехла Мирнинского и Накынского полей. // В сб.: Проблемы геологии и освоения недр. Тр. IX межд. симпоз. студентов и молодых ученых. ТПУ. 2005. С. 68-70.

13. **Шахурдина Н.К.** Анализ разрывных нарушений Малоботуобинского района (Западная Якутия) с применением ГИС-технологий// В сб.: Геологическое обеспечение минерально-сырьевой базы алмазов АК «АЛРОСА». Тр. V научно-практического семинара, 2015. С.221-225.
14. **Шахурдина Н.К.,** Проценко Е.В. Использование программной среды ArcGIS для анализа разломной тектоники кимберлитоперспективных территорий на примере Накынского кимберлитового поля (Западная Якутия) // В сб.: Геологическое обеспечение минерально-сырьевой базы алмазов АК «АЛРОСА». Тр. V научно-практического семинара, 2015. С. 225-229.
15. **Шахурдина Н.К.** Применение информационных методов ArcGIS ArcMap при анализе разрывных нарушений (на примере Сюльдюкарского кимберлитового поля) // В сб.: Эффективность геологоразведочных работ на алмазы: прогнозно-ресурсные, методические, инновационно-технологические пути ее повышения. М-лы V Всеросс. Науч.-практ. конф. с межд. уч., Мирный, НИГП. АК АЛРОСА (ПАО). 2018. С. 400-402.
16. Толстов А.В., Горев Н.И., Проценко Е.В., **Шахурдина Н.К.** Проблемы геологии при наращивании сырьевой базы алмазов в западной Якутии // В сб.: Наука и инновационные разработки – Северу. Сб. м-лов конф. в 2-х частях. ПИ (ф) ФГАОУ ВО «СВФУ им. М.К. Аммосова» в г. Мирном. 2019. С. 97-100.
17. Забелин А.В., Зайцевский Ф.К., **Шахурдина Н.К.,** Кедрова Т.В., Тарских О.В., Ковальчук О.Е. PASSPORTOBJECT // Св-во о регистрации программы для ЭВМ RU 2019665386, 22.11.2019. Заявка № 2019663721 от 01.11.2019.
18. **Шахурдина Н.К.,** Тарских О.В. Минералогическое районирование Ыгыаттинского алмазоносного района (Западная Якутия) // В сб.: Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов. Труды XII межд. конференции. ЦНИГРИ, 2023. С. 538-541.
19. Кошкарев Д.А., Гаранин К.В., **Шахурдина Н.К.,** Евстратов А.А., Серов И.В. Ресурсная база алмазов Российской Федерации. Геология и недропользование. 2022. №5. С. 4-18.
20. Серов И.В., Мальков А.А., **Шахурдина Н.К.** Оценочные параметры алмазоносных кимберлитов (поисковые и прикладные аспекты) // В сб.: «Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов». Труды XIII межд. конференции ЦНИГРИ, 2024. С. 343-345.

Технический редактор Т.С. Курганова

Подписано в печать

г.

Бумага 60x84 1/16. Бумага офсет №1. Гарнитура «Таймс»

Усл. печ. л. 1.0. Тираж 100 экз. Заказ № ...

ИНГГ СО РАН, ОИТ, 630090, Новосибирск, пр-т Ак. Коптюга, 3