

На правах рукописи

НОВИКОВ Константин Валерьевич

**ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ПРИ ЛОКАЛЬНОМ ПРОГНОЗЕ АЛМАЗОНОСНЫХ КИМБЕРЛИТОВ
НА ЗАКРЫТЫХ ТЕРРИТОРИЯХ
(НА ПРИМЕРЕ НАКЫНСКОГО ПОЛЯ ЯКУТИИ)**

Специальность 25.00.11 - Геология, поиски и разведка твердых полезных
ископаемых, минерагения

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Москва – 2010

Работа выполнена в государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования Российском государственном геологоразведочном Университете им. Серго Орджоникидзе, г. Москва.

Научный руководитель: Кандидат технических наук, доцент
Доброхотова И.А. (РГГРУ)

Официальные оппоненты: Доктор геолого-минералогических наук,
профессор Белов С.В. (МГОУ)

Доктор геолого-минералогических наук,
профессор Оникиенко Л.Д. (РГГРУ)

Ведущая организация: ФГУП «Аэрогеология»

Защита состоится 20 мая 2010 г. в 15 часов на заседании диссертационного совета Д.212.121.04 при Российском Государственном Геологоразведочном Университете по адресу: 117997, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке РГГРУ им. Серго Орджоникидзе

Автореферат разослан __ апреля 2010

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

Бобков А.И.

Введение

Актуальность темы. В настоящее время остро стоит проблема обнаружения новых коренных месторождений алмазов в пределах закрытых территорий. Месторождения, которые сравнительно легко было обнаружить – уже найдены. Остаются лишь месторождения слабоконтрастные по геологическим признакам и физическим свойствам, которые и являются объектами современных поисков. В настоящее время применяется большое количество методов поиска и разведки коренных месторождений, однако ни один из них не является исчерпывающим, поэтому результат может дать только их грамотное комплексное применение и интерпретация результатов на современном техническом уровне. Особенно актуально данная проблема стоит на закрытых территориях, которые недоступны для изучения традиционными геологическими методами. Вся информация о строении подобных территорий извлекается, как правило, из геофизических данных и материалов бурения, причем последнее дает наиболее однозначные и достоверные геологические данные.

В данной работе приведены результаты исследования вмещающих кимберлиты пород и кимберлитоконтролирующих структур на основании обработки и интерпретации данных, полученных путем изучения керна скважин поискового и разведочного бурения.

Целью работы являлось создание геолого-структурных образов кимберлитоконтролирующих структур на основе анализа баз данных по качественным и количественным геологическим показателям, собранным по специализированной документации керна вмещающих кимберлиты осадочных пород.

Согласно поставленной цели решались следующие **задачи**:

- создание специализированных геоинформационных баз данных по признакам, наблюдаемым в керне;
- создание прогнозных трехмерных моделей известных в Накынском поле кимберлитовых тел на основании разведочного и оценочного бурения для уточнения рудовмещающих структур и морфологии алмазоносных кимберлитов;
- создание поисковых моделей структур, вмещающих алмазоносные кимберлиты;
- оценка влияния сетей поискового бурения на обнаружение различных проявлений рудовмещающих структур;
- выделение перспективных на кимберлиты локальных участков в центральной части Накынского поля.

Существо работы отражено в следующих защищаемых положениях:

1. Для выделения и картирования тектонических структур и проявлений магматизма в центральной части Накынского поля разработана технология создания специализированных баз данных по геологическим признакам, выявленным в результате специальной документации керна.

2. Крупномасштабный площадной и объемный анализ распределения флюидоразрывных, тектонических признаков и признаков вторичной минерал-

лизации в пределах месторождений позволяет картировать элементы рудомещающих структур, подводящие каналы и раздувы кимберлитовых тел.

3. Сформирована поисковая модель кимберлитоконтролирующих структур, включающая в себя тектонические и флюидоразрывные признаки, выявленные по данным бурения, а также вторичную минерализацию.

4. Анализ распределения геологических признаков в керне по разным сетям поискового бурения на закрытой территории Накынского поля позволяет: выделять по сети 800×800 м крупные магистральные разломы; по сети 400×400 м уточнять строение крупных разломов, картировать рудоконтролирующие структуры и ареалы флюидного магматизма, выделять перспективные для обнаружения кимберлитов площади; по сетям 200×200 и 100×100 м уточнять внутренне строение рудоконтролирующих структур и выделять локальные перспективные участки.

Фактический материал. Основанием для подготовки диссертации стал фактический материал, представленный специальной документацией керна около 1910 поисковых и разведочных скважин и собранный в ходе полевых исследований в центральной части Накынского кимберлитового поля в период с 1998 по 2008 гг., проводимых под руководством проф. П.А.Игнатова в рамках хоздоговорных работ с Ботубинской геологоразведочной экспедицией АК «АЛРОСА». В работе использовалась документация П.А.Игнатова, Я.И.Штейна, К.Ю.Бушкова, И.Д.Васильева (РГГРУ), Р.В.Еремеева (ЯНИГП ЦНИГРИ) и автора.

На основании фактического материала была создана электронная база, которая послужила основой для последующего анализа. В работе также использован опубликованный и фондовый материал по данному району.

Научная новизна. В результате проведенных исследований впервые получены следующие научные результаты:

1. создана оригинальная база данных по скважинам, керн по которым задокументирован группой под руководством проф. Игнатова П.А. с использованием однотипного подхода;

2. разработана методика первичной обработки баз данных по результатам изучения керна поисковых и разведочных скважин;

3. создана комплексная поисковая модель контролирующих кимберлиты структур, которая может являться основой для прогноза.

4. показаны возможности выявления признаков структур, связанных с кимберлитами, которые устанавливаются по разным сетям поискового бурения (800×800 м, 400×400 м, 200×200 м и 100×100м);

5. обоснованы прогнозные трехмерные модели Майского и Мархинского месторождений.

Практическая значимость. В настоящее время накоплен колоссальный геологический материал, обработать который без специальных информационных средств и современных компьютерных технологий не представляется возможным. Автором предложена и обоснована методика обработки и анализа баз данных по геологическим признакам, выявляемым при специальной докумен-

тации керна. Анализ баз данных позволяет выполнять выделение перспективных на обнаружение коренных месторождений алмазов участков. В основании анализа лежит впервые сформированная модель рудоконтролирующих структур. В границах площади «Северный» выделен ряд участков перспективных на коренные месторождения алмазов.

Апробация диссертации. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на VII международной конференции «Новые идеи в науках о Земле» (Москва, РГГРУ, 2007), на конференции «Прогноз, поиски, оценка рудных и нерудных месторождений – достижения и перспективы» (Москва, ФГУП ЦНИГРИ, 2008), IX международной конференции «Новые идеи в науках о Земле» (Москва, РГГРУ, 2009) ИПКОН РАН, 2009, на V Межвузовской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодые – наукам о Земле» (Москва, РГГРУ, 2010). Все материалы конференций опубликованы в качестве тезисов докладов.

Результаты исследований вошли в четыре отчета, выполненных по договорным работам с Ботуобинской ГРЭ и ЯНИГП ЦНИГРИ (г. Мирный) и две научные статьи, опубликованные в рекомендованных ВАК РФ изданиях.

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 8 работах, в том числе двух статьях и шести тезисах докладов.

Структура и объем работы. Диссертация объемом 132 страницы, состоит из введения, пяти глав и заключения, содержит 68 рисунков, 5 таблиц и список литературы, включающий 95 наименований.

Благодарности. Автор выражает благодарность всем, кто оказывал помощь и поддержку в проведении исследований и подготовке работы, в первую очередь своему научному руководителю профессору Доброхотовой И.А. и консультанту по геологии профессору Игнатову П.А.

Автор признателен руководству и сотрудникам Ботуобинской ГРЭ, и лично Мещанчуку В.Е., Фомину А.С., Разумову А.Н., Малышевой Е.Н., Килижекову О.Н., руководству и сотрудникам ЯНИГП ЦНИГРИ, и лично А.В.Герасимчуку, О.Н.Ковальчуку, Л.В.Лисковой, Р.В.Еремееву, при поддержке которых проводились полевые исследования. Автор признателен коллегам И.Д.Васильеву, М.Ю.Малыху, К.Ю.Бушкову и Я.И.Штейну, которые внесли неоценимый вклад в проведенные работы. Отдельную благодарность автор выражает руководству БГРЭ и РГГРУ за возможность использования в их лабораториях компьютерной техники и программного обеспечения. Свою супругу Новикову А.А. автор благодарит за помощь в оформлении и техническом редактировании работы.

Глава I.

Накынское кимберлитовое поле находится в Средне-Мархинском алмазодонном районе Якутской алмазодонной провинции (ЯАП), расположенном в центральной части Восточно-Сибирской платформы. Оно включает в себя месторождения трубок Ботуобинская, Нюрбинская и дайковидные тела – Майское и Мархинское, а также тело неизвестной морфологии Д-96. Геологическая ха-

рактеристика поля приводится на основании материалов Ботуобинской ГРЭ, проведенных исследований и опубликованных данных.

По геолого-геофизическим данным в районе фундамент платформы представлен гранито-гнейсами и кристаллическими сланцами, парагнейсами и диопсидовыми породами раннего архея. Платформенный чехол сложен породами нижнепалеозойского и мезозой-кайнозойского структурно-формационных комплексов.

Магматические образования в Накынском поле представлены трапповыми дайками и силлами долеритов, щелочными базитами, брекчиями щелочных базитов, а также диатремами и дайковыми телами кимберлитов. Все магматические образования Накынского поля принадлежат к этапу среднепалеозойской тектономагматической активизации Восточно-Сибирской платформы. Считается, что сначала произошли внедрения силлов и даек субщелочных долеритов Вилуйско-Мархинского комплекса, потом кимберлитов, в которых найдены ксенолиты долеритов, затем щелочных базитов, и завершили этот этап активизации внедрения эруптивных брекчий щелочных базитов [Томшин и др., 1998, Киселев и др., 2006].

В структурном отношении Накынское поле располагается в краевой части Вилуйского авлакогена, в узле пересечения Вилуйско-Мархинской и Средне-Мархинской зон глубинных разломов, сформировавшихся в пределах краевой части Анабаро-Тюнгской кратонной области на междуречьи Ханья - Накын в среднем палеозое [Чёрный и др., 1998; Кондратьев, Горев, 2005]. По геофизическим данным Вилуйско-Мархинская зона объединяет разрывные нарушения северо-восточного простирания, образующие систему разломов шириной около 60 км [Матросов, 2005]. Многие разрывы залечены протяжёнными (до 30 км) прерывистыми дайками долеритов, выходящими и не выходящими на поверхность современного среза нижнепалеозойского цоколя.

Центральная часть Накынского поля ограничена четырьмя крупными разломами, которые образуют практически прямоугольник, и названы в соответствии со сторонами света. Северный и Южный разломы (северо-восточного простирания), принадлежат Вилуйско-Мархинской тектоно-магматической системе, Западный и Восточный (Меридиональный) разломы – Средне-Мархинской (рис. 1.1). Внутри этого блока выделяются менее крупные Ботуобинский и Дяхтарский разломы, которые также принадлежат Вилуйско-Мархинской системе и практически параллельны Северному и Южному разломам. Они, также выполнены крутопадающими дайками долеритов, но имеют сравнительно меньшую мощность и частично скрыты в толще палеозоя. Все указанные разломы выражаются в магнитном поле в виде положительных линейных аномалий, аномалий ступени или цепочек положительных аномалий с различной интенсивностью от 10 до 60 нТл [Матросов, 2005].

В становлении кимберлитов определяющая роль принадлежит зонам глубинных разломов среднепалеозойского тектоно-магматического цикла. Рудоконтролирующим для кимберлитов является Диагональный разлом северо-северо-восточного простирания. Он вмещает месторождения Ботуобинское, Нюрбинское, Мархинское и Майское, а также ряд кимберлитовых жил на флан-

гах месторождений. Проявления нарушений, слагающих Диагональный разлом, часто устанавливаются в качестве сдвига или взбросо-сдвига [Бушков, 2006, Игнатов и др., 2001].

Площадь исследования в данной работе ограничена распространением изученных скважин (рис. 1).

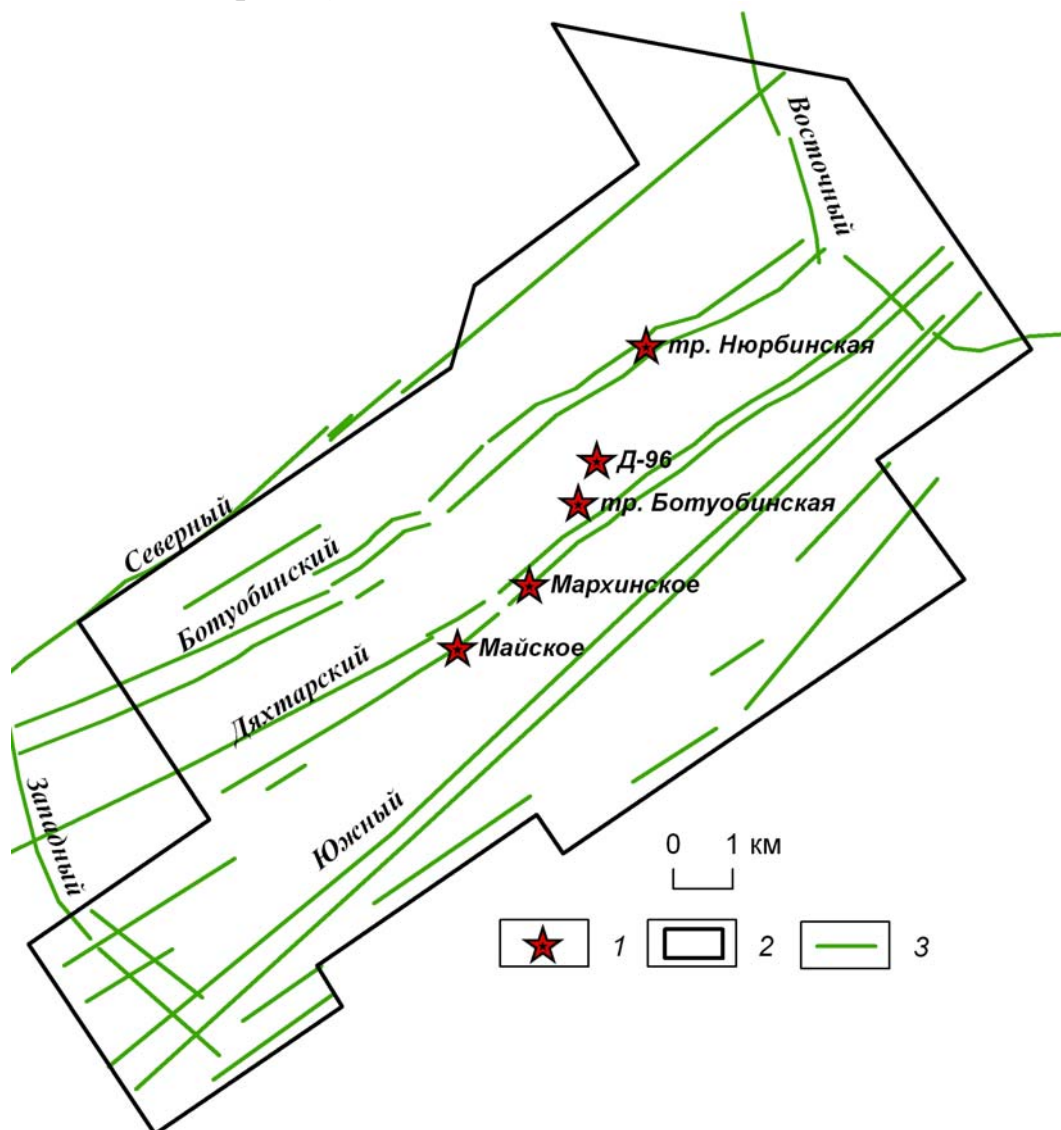


Рис. 1. Площадь исследования: 1 – известные кимберлитовые тела, 2 – границы площади исследования, 3 – крупные разрывные нарушения.

Глава 2

Материалы данной главы положены в основу доказательства первого защищаемого положения: *«Для выделения и картирования тектонических структур и проявлений магматизма в центральной части Накынского поля разработана технология создания специализированных баз данных по геологическим признакам, выявленным в результате специальной документации керна»*.

С целью поисков кимберлитовых тел и рудоконтролирующих структур по авторской методике профессора П.А.Игнатова [Игнатов и др. 1995, 1997, 2001,

2006; Штейн, 1997; Бушков 2006] производится документация и анализ более 40 различных геологических признаков в керне, которые можно разделить на четыре основных категории: флюидоразрывные, магматические, тектонические и вторичной минерализации.

Тектонические признаки в керне представлены как микросбросы, микро-взбросы, системы микросбросов и микровзбросов, взбросо-сбросы, микрограбены, субгоризонтальные и субвертикальные зеркала скольжения, зоны брекчирования, зоны тектонического дробления, субвертикальные и субгоризонтальные сутуро-стилолитовые швы, тектонические брекчии, а также нарушения субгоризонтального залегания в виде углов горизонтальной слоистости к оси керна менее 80 градусов, карст, зияющие трещины, микроскладки волочения. *Вторичная минерализация* представлена, главным образом, пиритовой, кальциевой, баритовой и целестиновой минерализацией различного генезиса и морфологии. *Флюидоразрывные* признаки включают в себя проявления эруптивных брекчий щелочных базитов, карбонатных эксплозивных брекчий, флюидизитовые прожилки и кимберлиты. Собственно *магматические* признаки представлены дайками и силлами долеритов. К прочим можно отнести перекристаллизацию карбонатных пород, доломитизацию, проявления скарнов, древнего карста, мощности континентальных отложений дяхтарской свиты (ТЗ-Ј1) и др.

Важно подчеркнуть, что данный набор признаков выбран с учетом особенностей геологического и тектонического строения Накынского кимберлитового поля. Для других кимберлитовых полей этот набор может претерпеть существенные дополнения и изменения. Далее термин «признаки» или «геологические признаки» применен к приведенному списку. Применение геологических признаков в керне, их разновидности, некоторые вопросы методики их наблюдения и способы анализа ранее были обоснованы в ряде работ [Игнатов и др., 1995, 1997, 2001, 2006, 2008; Штейн, 1997; Бушков, 2006 и др.].

По свойствам признаки в керне можно разделить на качественные и количественные. Качественные признаки являются бинарными, т.е. определяются наличием или отсутствием в скважине, например, микросбросы или баритовая минерализация, при этом также важно регистрировать количество этих признаков в скважине. Три и более микровзброса в одной скважине, позволяют судить о большей степени нарушенности блока. Количественные, помимо своего присутствия в скважине, характеризуются определенным численным значением, например, мощность развития экстенсивной пиритизации или мощность делювиально-пролювиальных отложений и древнекарстовых образований позднего триас-раннеюрского возраста.

Электронные базы данных являются одним из наиболее структурированных, наглядных и функциональных инструментов для изучения геологической среды. Они позволяют хранить большие объемы информации, производить поиск и обработку данных с помощью специальных пакетов программ. По проектированию и реализации баз данных написано множество работ [Коннолли, Берг, 2003; Дейт К. Дж, 2001 и др.], в том числе и по базам данных в алмазной геологии [Мясников, 2009; Новиков, Игнатов, 2008 и др.]. Обработка баз данных производится, как правило, в специальных программах, принадлежащих к

типу геоинформационных систем или систем автоматического проектирования (САПР).

Для быстрой обработки и анализа распределения признаков в керне была сформирована электронная база данных, отвечающая современным требованиям. Она проста в обращении, совместима с ГИС-системами, редактируема и дополняема. Необходимость ее создания была продиктована большим объемом изученных скважин (более 1900) и соответственно большим количеством зафиксированных признаков (более 11000). По Накынскому кимберлитовому полю уже существуют современные базы данных, созданные специалистами Ботубинской ГРЭ и основанные на производственной документации. Однако, по специальной документации керна, наиболее полная база данных сформирована впервые.

Своеобразие материала и методов его обработки определило методики, способы построения баз данных по специальным признакам в керне. База данных, предназначенная для двумерного (площадного) анализа признаков, наблюдаемых в керне, представляет собой *электронную таблицу* с определенным набором полей данных. Поля данных должны содержать информацию о номере скважины, ее координатах, глубине, наборе признаков, годе исследования, площади работ, исполнителе и объекте.

Главной особенностью базы данных геологических признаков в керне является способ записи признаков в базу. Признаки записываются в базу данных в виде специальных кодов (рис. 2). Коды представляют собой буквенную запись для качественных признаков, для оценки количественных показателей служат численные индексы, следующие за буквенным символом признака. Они записываются в поле данных «Code», где с помощью специального шрифта «*Nakin*» они могут быть визуализированы в виде принятых условных обозначений (см. табл. 2). В дальнейшем, это позволяет визуализировать их в виде карт или же производить последующую обработку.

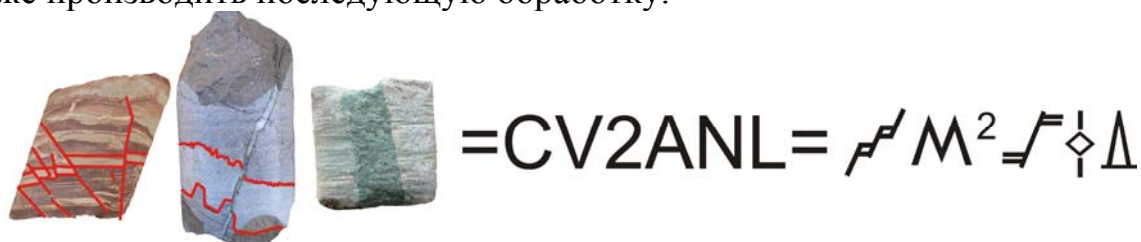


Рис. 2. Кодирование признаков.

Созданная база данных имеет ряд вспомогательных полей. Поле «*studied*» показывает, изучена ли скважина по специальной методике и в каком году. Поле «*Scv_uni*» позволяет выявлять повторяющиеся скважины, которые могли быть ошибочно изучены или внесены в базу два раза. В случае если скважина была изучена дважды, признаки, зафиксированные в ней суммируются, повторная скважина удаляется из базы данных.

Подобные базы данных удобны и просты в обращении. Они могут формироваться уже сразу после исследования скважины. Это делает возможным

применять методику анализа признаков в керне как инструмент экспресс-анализа во время бурения серии скважин.

Основным методом обработки базы данных по геологическим признакам в керне является построение карт признаков, наборов признаков или сумм признаков. Для построения карт также применяются специальные условные обозначения. На карте должны быть вынесены скважины, их номера, анализируемые признаки, а также известные геологические и геофизические данные.

Глава 3

Данная глава посвящена доказательству второго защищаемого положения: *«Крупномасштабный площадной и объемный анализ распределения флюидоразрывных, тектонических признаков и признаков вторичной минерализации в пределах месторождений позволяет картировать элементы рудовмещающих структур, подводящие каналы и раздувы кимберлитовых тел».*

Анализ рудовмещающих структур производится в двухмерном варианте, так как из-за небольшой глубины скважин не удастся проследить особенности вертикальной зональности распределения признаков. Трехмерный анализ решает задачи установления формы и прогноза по конкретному кимберлитовому телу. Эти подходы были использованы при анализе рудовмещающих структур, морфологических особенностей и прогнозирования по кимберлитовым телам Майское и Мархинское. Для Майского и Мархинского тел были созданы комплексные трехмерные модели, включающие в себя объемное распределение тектонических и флюидоразрывных признаков, вторичной минерализации, фиксируемых в керне, а также объемную морфологическую и прогнозную модели. При площадном анализе рудовмещающих структур использовалась сеть бурения не менее 100×100 м. Для трехмерного анализа морфологии кимберлитовых тел использовались разведочные наклонные и вертикальные скважины. Для крупномасштабного площадного анализа используется база данных, рассмотренная в главе 2. Базы данных для трехмерного анализа имеют ряд особенностей. Прежде всего геологические признаки характеризуется глубиной залегания, следовательно, одного поля данных для записи всех признаков в скважине уже недостаточно.

Визуализация пространственных данных производится в виде интерактивных трехмерных моделей с указанием стволов скважин и поглубинным распределением признаков. Для этого необходимы специальные программные пакеты, способные работать с подобными моделями. Автором использовались пакеты программ ArcGIS (программа ArcScene) и AutoCAD.

Площадь Майского участка на востоке непосредственно контактирует с юго-западным окончанием Мархинского месторождения. На рассматриваемой площади имеется достаточно плотная сеть поискового бурения (не менее 50×50 м), проведенного в основном 2001–2007 гг. Само Майское тело вскрыто рядом наклонных разведочных скважин.

При анализе рудовмещающих структур и морфологии Майского тела кимберлитов использована специальная документация керна абсолютного

большинства наклонных и вертикальных скважин. Также привлечены результаты производственной документации и инклинометрии Мархинской геологоразведочной партии Ботуобинской ГРЭ. На основе этих данных с учетом строения других кимберлитов Накынского поля была составлена трехмерная геолого-структурная модель Майского месторождения алмазоносных кимберлитов.

Структурное положение Майского объекта отличается значительным своеобразием. На данном этапе изученности необходимо отметить три особенности. *Во-первых*, дайковое тело кимберлитов необычно ориентировано в северо-северо-восточном направлении. Это можно объяснить с тектонодинамических позиций. В Накынском поле предполагается различное влияние рудоконтролирующих разломов сдвиговой природы. При их равном значении должны быть изометричные кимберлитовые трубки. При преобладании одного из них ориентировка длинных осей вдоль Диагонального разлома должна больше или меньше отклоняться от его северо-восточного простирания в северных румбах за счет влияния северо-западных сдвигов.

Вторая особенность выявлена по результатам анализа признаков тектонических проявлений на площади, включающей Майское месторождение, которые показывают его локализацию в узле пересечения сдвигов Поперечного и Дяхтарского нарушений и Диагонального разлома. Сдвиг по Поперечному разлому представляется левым, по шву Дяхтарского разлома – правым. В месте Поперечного разлома фиксируется пережим тела кимберлитов и наибольшие проявления признаков сжатия в виде субвертикальных сутурных швов. По аналогии с позицией известных тел алмазоносных кимберлитов на данном участке выделены сектора растяжения и сжатия (рис. 3).

При этом отдельного внимания заслуживает Диагональный разлом. Майское тело находится в предполагаемом месте Z-образного изгиба или кулисообразного сочленения двух швов Диагонального разлома. Диагональный разлом является правосдвиговым нарушением [Бушков, 2006]. В обоих случаях в таких местах должны формироваться зоны, проницаемые для флюидизированных кимберлитовых магм. Локальные изгибы плоскостей сместителей сдвигов или pull-apart зоны могут располагаться в разных частях флексурных изгибов в зависимости от направления перемещения блоков. Трубки Айхал, Мир и Юбилейная локализованы в таких структурах [Гладков и др., 2006, Семинский и др., 2005].

Третья особенность структурной позиции Майского тела кимберлитов заключается в том, что оно, в отличие от всех до сих пор известных кимберлитов Накынского поля, располагается не в осевой части Диагонального разлома, а в нескольких сотнях метров северо-западнее. Это имеет принципиальное значение, поскольку такой «отскок» позволяет существенно расширить перспективы поисков новых, в том числе слепых тел кимберлитов.

В юго-западном секторе растяжения геологами БГРЭ зафиксирован небольшой раздув кимберлитов. В симметричном ему северо-восточном секторе также можно предполагать раздув кимберлитов. Оба раздува мощностей кимберлитов представляются слепыми и фиксируются по экзоконтактовому осветлению красноцветных пород кембрия. Данные изучения глубоких горизонтов

Ботуобинского, Нюрбинского и Мархинского месторождений в местах контакта кимберлитов с красноцветными породами кембрия указывают на существование в ближайших их экзоконтактах на расстояниях от первых до 10–15 м зон трещиноватости с прожилковым осветлением [Игнатов и др., 2007]. Оно выражено однонаправленными и сетчатыми прожилками голубовато-зеленой окраски мощностью до первых сантиметров и суммарными мощностями интервалов до нескольких метров. В некоторых случаях удалось установить ориентацию прожилков осветления. Их простирание и падение совпали с положением дайки кимберлитов.

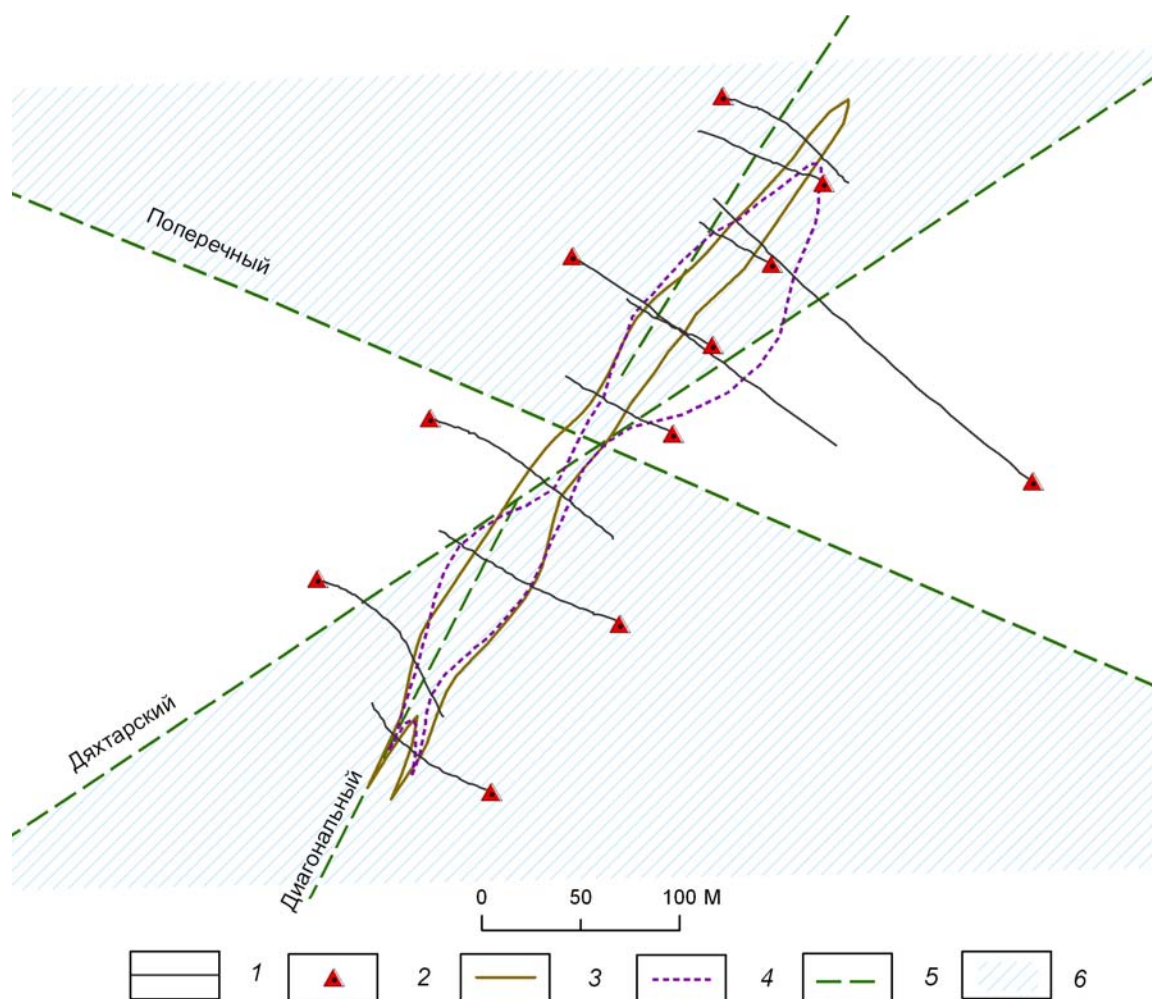


Рис. 3. Схема строения Майского тела кимберлитов:

1 – горизонтальное проложение стволов скважин; 2 – устья скважин; сечения кимберлита на глубинах: 2 – 80 м и 3 – 280 м; 5 – проекции основных швов Дяхтарского, Поперечного разломов и Диагонального разломов; 6 – сектора растяжения.

Прожилковое оглеение ярко выражено в восточном боку кимберлитов в скв. ШМ-7, ШМ-9 и ШМ-12. В этих скважинах осветление сопровождает все рудные интервалы. Однако в разрезах по скв. ШМ-7 и ШМ-9 такое осветление развито самостоятельно, что указывает на наличие скрытых контактов с кимберлитами.

В предполагаемом северо-восточном раздвиге имеют место признаки глубинного магматизма. Во-первых, здесь в скв. ШМ-7, ШМ-9 и ШМ-12 вскрыты порфировые кимберлиты. При этом в скв. ШМ-7 и ШМ-9 порфировый кимберлит контактирует с кимберлитовой брекчией. Во-вторых, указанные места раздвигов кимберлитов совмещаются с проявлениями глубинной минерализации, сопровождающей кимберлиты. В скв. ШМ-1, ШМ-2 и ШМ-3 распространены вторичные кальциты с красной и голубой фотолюминесценцией, которая характерна для глубинных генераций кальцита. Здесь же отмечено много прожилков барита и интенсивная пиритизация. Они приурочены к верхним гипсометрическим уровням и расположены на глубинах около 100–150 м.

Отмеченные признаки следует связать с наличием в раздвиге двух слепых кимберлитовых трубок (рис. 4.). Главная расположена на северо-востоке, где очевидно есть подводящий канал, зафиксированный порфировыми кимберлитами. Вероятно, ее краевая часть вскрыта скв. ШМ-9 и ШМ-7. Южная диатрема, прогнозируемая вблизи скв. ШМ-6, вполне может оказаться сателлитной. Предполагаемая морфология Майского кимберлитового тела со скрытыми трубками на глубине аналогична модели предложенной для Нюрбинской трубки. [Корнилова, Малышева, 2008]. Слепая кимберлитовая трубка обнаружена на месторождении Снэп Лэйк [Kirkley and oth. 2003]. На месторождении Гачо

Кью (кратон Слейв, Канада) также обнаружено кимберлитовое тело 5034 с четырьмя подводящими каналами [Caro and oth.; 2004].

На основании моделирования прогнозируется еще одно кимберлитовое тело, находящееся рядом с Майским. На самостоятельное тело кимберлитов указывает осветление, вскрытое в скважине ШМ-7 на глубинах 284 м и 348 м. Эти признаки экзоконтакта кимберлитов расположены достаточно далеко от известного Майского тела. Косвенным признаком такого тела может быть интенсивная пиритизация, проявленная в верхней части разреза. По морфологии предполагается жильное тело, хотя не исключена возможность наличия небольшой трубки.

Мархинское тело расположено в центральной части Накынского кимберлитового поля и локали-

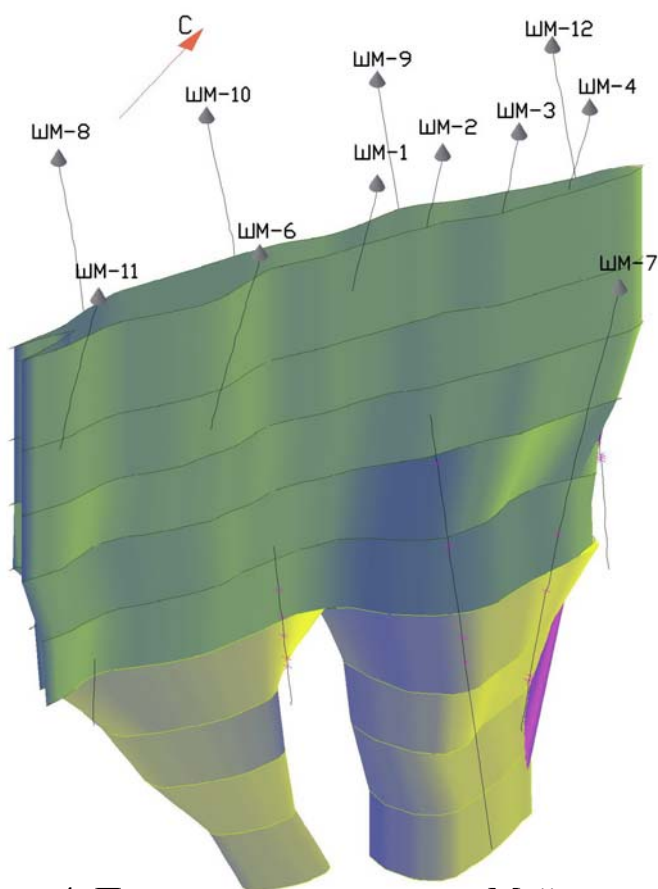


Рис. 4. Предполагаемая модель Майского тела (по данным на август 2007г.)

зовано в Диагональном разломе. Северо-восточнее от него находится трубка Ботубобинская, юго-западнее – дайковое Майское тело. Многие особенности

строения Мархинского тела и вмещающего его Диагонального разлома были установлены ранее [Игнатов и др., 2006, Бушков, 2006]. Например, были выявлены некоторые характерные особенности нарушений зоны Диагонального разлома, где широко распространены признаки сдвиговых нарушений, выраженные в многочисленных зеркалах скольжения с горизонтальным расположением борозд; преобладают крутопадающие плоскости, однако встречаются и послойные зеркала скольжения. По керну наклонных скважин устанавливается юго-восточное падение разлома под углом 85-87°. [Игнатов и др., 2006]. Установлено, что кимберлиты часто имеют тектонические контакты с вмещающими породами, в них много зеркал скольжения с горизонтальным расположением борозд. Верхний контакт кимберлитов с вмещающими породами преимущественно тектонический, нижний – флюидоразрывной. В порфировых кимберлитах наблюдается флюидальность, которая параллельна тектоническому контакту [Игнатов и др., 2006].

Представленные данные по строению Диагонального разлома являются весьма важными, но не исчерпывающими. Впервые созданная трехмерная модель существенно их дополняет и дает лучшее представление о морфологии Мархинского тела. Необходимо отметить, что вышеуказанная модель, по сравнению с приведенными данными, дополнена результатами бурения за 2008 год. По имеющейся инклинометрии, выполненной специалистами Ботубинской ГРЭ, и специальной документации керна создана пространственная модель распределения признаков. На основании ее анализа построена комплексная прогнозная 3D модель Мархинского тела. По результатам анализа строения рудовмещающей структуры и пространственного распределения признаков были установлены следующие особенности Мархинского тела и Диагонального разрывного нарушения.

На юго-восточном окончании Мархинского тела наблюдается интенсивное проявление тектонических признаков сжатия: микровзбросов и их систем, вертикальных сутурных швов и других. Там же наблюдается выклинивание тела кимберлитов. Этот факт позволяет предполагать, что Диагональный разлом в этой области был закрыт для магматического расплава, и именно поэтому Мархинское тело представляет собой дайку столь малой мощности.

В скважинах М-22 и D-83 вскрывается дайка долеритов, которая пересекает Мархинское тело и локализуется в шве Дяхтарского разлома. Прохождение разлома через данный участок Майского тела подтверждается наличием в скв. М-22 и М-24 тектонических брекчий. Кимберлит, зафиксированный в скв. М-22, прорывает вышеуказанную дайку. Этот факт требует особого внимания, так как магматическому расплаву требуется значительное количество энергии для разрыва достаточно прочных долеритов. И так как, что здесь наблюдается пересечение двух разломов Дяхтарского и рудоконтролирующего Диагонального, данное место представляется перспективным, где может быть вскрыта небольшая диатрема.

По всей длине Мархинского тела наблюдается трещинное осветление (оглеение) красноцветных мергелей кембрия, которое приурочено к кимберлитам или другим магматическим телам. Причем некоторые скважины с оглеением

так и не вскрыли кимберлит (по данным трехмерного моделирования – из-за неудачного угла наклона ствола).

Предполагается погружение тела на глубину в районе скважин М-20 – М-26 (рис. 5). Это можно объяснить двумя фактами. Во-первых, Диагональный разлом может выклиниваться на этом участке в верхней части разреза. Это подтверждается слабым проявлением тектонических признаков в верхних горизонтах. Во-вторых, здесь расположена дайка долеритов, прорванная кимберлитами, на преодоление которой кимберлитовая магма могла израсходовать существенное количество энергии.

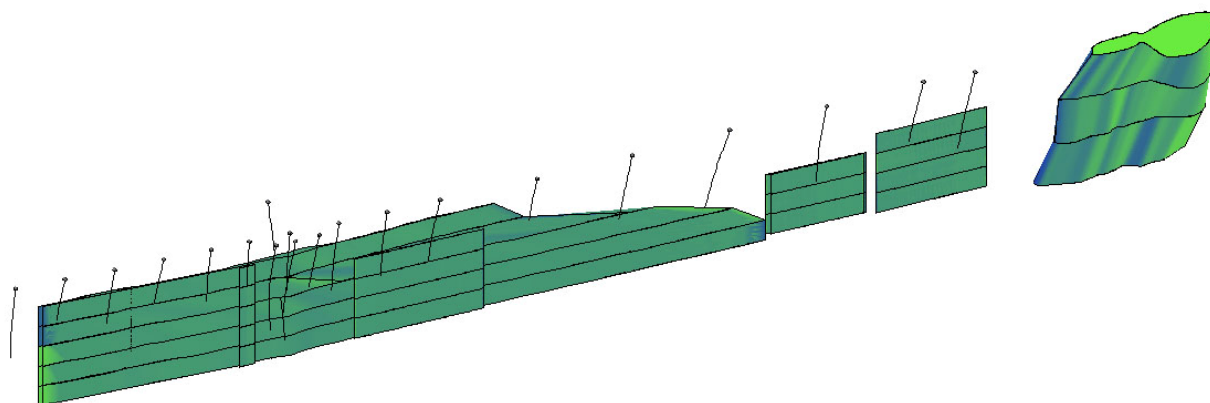


Рис. 5. Трехмерная модель Мархинского тела и Ботуобинской трубки. Ботуобинская трубка построена по литературным данным [Толстов и др., 2005]

Отдельные части тела имеют кулисное сочленение, это обусловлено особенностями строения рудоконтролирующей структуры, которая имеет изгибы и кулисные швы. Также не исключена возможность соединения Мархинского тела в его северо-восточном окончании с Ботуобинской кимберлитовой трубкой. Последняя скважина, вскрывшая Мархинское тело, находится в 200 м от окончания Ботуобинской трубки, причем известно, что с юго-запада к Ботуобинской трубке примыкает дайка имеющая крутое падение.

Вдоль Мархинского тела, на всем его протяжении Диагональный разлом маркируют прожилки типичных флюидизитов. Мархинское тело, как и остальные кимберлиты Накынского поля, сопровождают проявления эруптивных брекчий базитов. Они расположены севернее и западнее от раздува Мархинского тела, зафиксированного скважиной М-8. Как и на Майском теле, на Мархинском отмечается баритовая минерализация.

Для дальнейшего анализа весьма полезно оценить значение общих и отличительных особенностей Майского и Мархинского тел. Во-первых, по морфологии они оба являются дайками, во-вторых, локализованы в Диагональном разломе, в-третьих, оба сопровождаются эруптивными брекчиями базитов и интенсивной вторичной минерализацией.

Существенные отличия заключаются в их структурных позициях, несмотря на то, что они оба локализованы в швах Диагонального разлома. Майское тело находится в зоне окончания шва Диагонального разлома и пересечении его с поперечным и швом Дяхтарского, что обусловило его форму. Здесь преобладают признаки локального растяжения, с отдельными проявлениями

областей локального сжатия. Более сложно анализировать расположение Мархинского тела прежде всего из-за его длины. Условия локального растяжения/сжатия на протяжении всего Мархинского тела неоднородны. В юго-западной части, вплоть до пересечения с Дяхтарским разломом, существенно преобладают признаки локального сжатия; на пересечении с Дяхтарским и далее, вплоть до Ботубинской трубки, доминируют условия растяжения.

Таким образом, трехмерное моделирование и крупномасштабный площадной анализ являются мощными инструментами, направленными на анализ рудоконтролирующих и рудовмещающих структур, а также на прогноз.

Глава 4

Данная глава посвящена доказательству третьего защищаемого положения: *«Сформирована поисковая модель кимберлитоконтролирующих структур, включающая в себя тектонические и флюидоразрывные признаки, выявленные по данным бурения, а также вторичную минерализацию».*

Исследование рудоконтролирующих структур является одной из ключевых составляющих в исследовании кимберлитового магматизма. Этот вопрос освещен достаточно широко в большом количестве работ [Милашев, 1979; Штейн, 1997, Игнатов и др., 1997, 2006, Бушков, 2006, Гладков и др. 2009], но нельзя сказать, что исчерпывающе. В Накынском поле распространены сбросовые, сдвиговые нарушения. Рудоконтролирующими структурами являются правосторонние сдвиги [Бушков 2006]. Как правило, это малоамплитудные сдвиги (первые метры – первые десятки метров), поэтому их выраженность в макропространстве мала.

Обобщая предшествующие исследования [Игнатов и др., 1997, 1999, 2006; 2008 Штейн, 1997; Бушков, 2006] по методике наблюдения геологических признаков в керне и существующие модели сдвиговых нарушений [Буртман и др., 1971; Стоянов, 1979; Семинский, 2003, Гончаров и др., 2005], сформируем модель сдвига, которая будет отражать площадное распределение тектонических признаков, фиксируемых в керне. Формируемая модель будет обладать рядом особенностей. Во-первых, это «плоская» модель, в которой не рассматривается вертикальное строение сдвига, а только распределение признаков вдоль сместителя. Это обусловлено тем, что поисковое бурение, как правило, вскрывает только несколько первых десятков метров карбонатного цоколя, а падение сместителей субвертикальное.

Выделим некоторые особенности распределения основных тектонических признаков в сдвиговых нарушениях (рис. 6). Микросбросы и их системы возникают в локальных зонах растяжения, микровзбросы, системы микровзбросов и сутурные швы – в локальных зонах сжатия, горизонтальные зеркала скольжения – в швах сдвигов, микроскладки волочения – в зонах между швами сдвига. По трещинам отрыва проявлена вторичная минерализация. При этом проявления признаков могут быть как единичными для небольших сдвиговых нарушений, так и интенсивными для крупных сдвигов.

Подобное распределение признаков справедливо для одного отдельно взятого сдвига. Более сложные структуры предусматривают более сложные распределения признаков. Причем, основной интерес для поисков и представляют именно зоны локального растяжения, как наиболее вероятные для кимберлитов, например, с пересечением двух или более сдвигов, где возникают целые сектора локального растяжения и сжатия. На изгибах сдвигов могут развиваться зоны присдвигового растяжения (pull-apart zone). Для правосторонних сдвигов это Z-образные pull-apart зоны, для левосторонних – S-образные. Также формируются зоны растяжения на кулисных сочленениях сдвигов. Зоны растяжения будут отмечаться проявлением микросбросов, их систем, тектонических брекчий и карста.

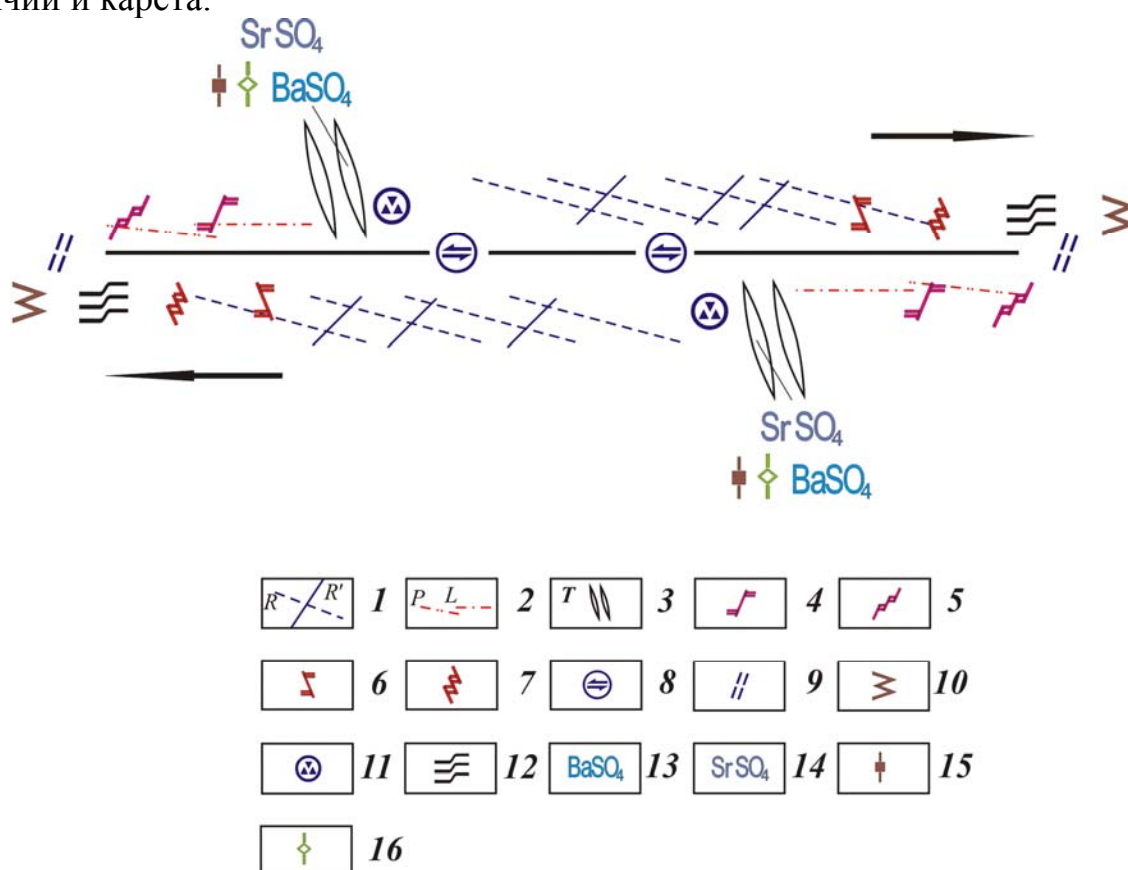


Рис. 6. Выражение сдвигового нарушения в тектонических признаках в керне: 1 – сопряженные сколы Ридделя (R и R'), 2 – продольные (L) и косые (P) сколы, 3 – трещины отрыва (T); проявления признаков в керне: 4 – микросбросы, 5 – системы микросбросов, 6 – микровзбросы, 7 – системы микровзбросов, 8 – горизонтальные зеркала скольжения, 9 – зоны расщепления, 10 – вертикальные сутурные швы, 11 – тектонические брекчии, 12 – микроскладки волочения; 13-16 – проявления прожилковой вторичной минерализации: 13 – баритовой, 14 – целестиновой, 15 – пиритовой, 16 – кальцитовой.

В рассматриваемом районе выделяются также сбросовые нарушения, которые необходимо отличать от рудоконтролирующих сдвиговых. Из тех же соображений рассмотрим распределение тектонических признаков в керне для сбросового нарушения (рис. 7). Шов сбросового нарушения отмечается субвертикальными зеркалами скольжения и тектоническими брекчиями. В сторону

опущенного блока развиваются системы микросбросов и микросбросы. По ослабленным зонам активно развивается линейный карст. В поднятом блоке, около сместителя по трещинам отрыва, развивается вторичная минерализация. На фланге сброшенного крыла должны быть взбросы.

При сравнительном анализе видно, что сдвиговые нарушения в признаковом выражении будут иметь зональность вдоль сместителя, а сбросовые – поперек.

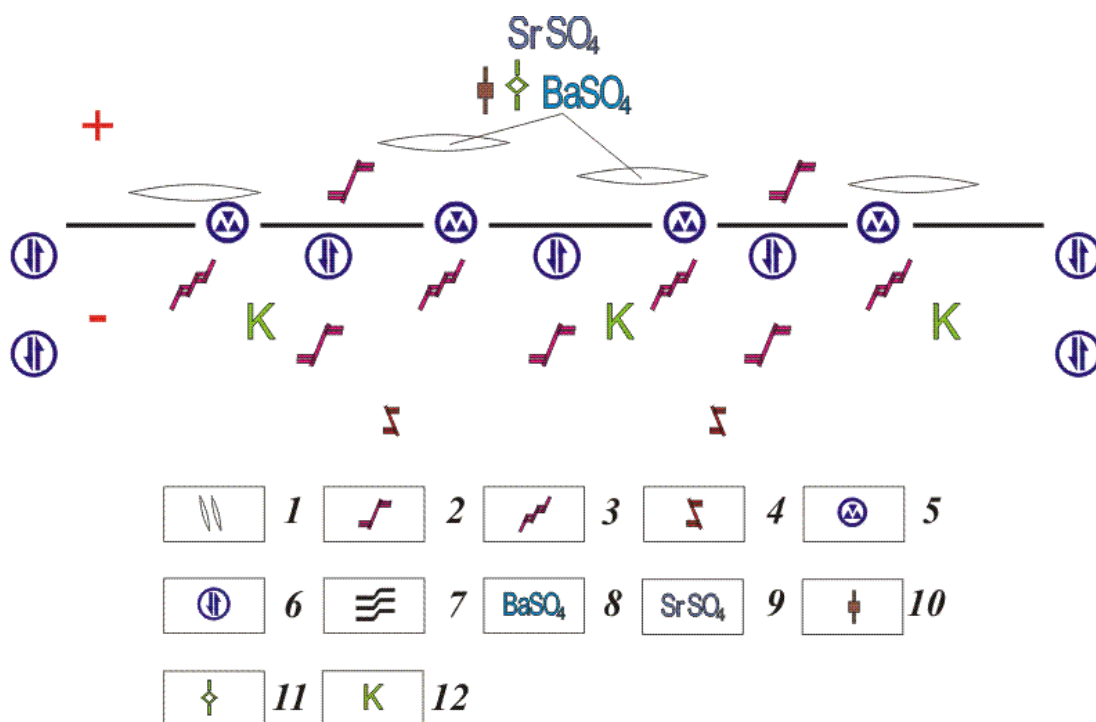


Рис. 7. Выражение сбросового нарушения в тектонических признаках в керне: 1 – трещины отрыва; тектонические признаки в керне: 2 – микросбросы, 3 – системы микросбросов, 4 – микровзбросы, 5 – тектонические брекчии, 6 – вертикальные зеркала скольжения, 7 – микроскладки волочения; 8-11 – проявления прожилковой вторичной минерализации: 8 – баритовой, 9 – целестиновой, 10 – пиритовой, 11 – кальцитовой; 12 – карст.

Кроме тектонических признаков, рудоконтролирующие структуры и ареалы распространения кимберлитового магматизма могут выражаться проявлениями других магматических тел. Для Накынского поля таковыми могут считаться взрывные брекчии щелочных базитов. Они макроскопически весьма напоминают кимберлиты и представлены столбообразными телами, по размерам сопоставимыми с кимберлитами. Термин «взрывные брекчии» не совсем подходит для определения данных пород [Киселев А.И. и др., 2006, Томшин М.Д. и др., 1998]. Вероятно, это эруптивные образования, поскольку в ассоциации с ними не обнаружен пепловый материал. Типоморфными признаками рассматриваемых пород следует считать: брекчиевую и брекчиевидную текстуру; наличие в составе обломков долеритов и карбонатных пород; каймы закаливания и карбонатизации вокруг обломков долеритов; присутствие в хлорит-карбонатном цементе и среди остроугольных обломков плохо раскристал-

лизованного стекла. По данным бурения эруптивные брекчии базитов слагают изометричные в плане и, вероятно, крутопадающие столбообразные тела, которые в поперечном сечении достигают нескольких сотен метров.

В пределах центральной части Накынского поля тела брекчий щелочных базитов зафиксированы в 47 из 1910 изученных представительных разрезов. Брекчии базитов локализованы в крупных разломах либо в оперяющих их нарушениях и в большинстве случаев приурочены к приконтактовым частям даек долеритов [Киселев А.И. и др. 2009]. Некоторые из тел брекчий базитов не ассоциируют с дайками долеритов и пространственно связаны с кимберлитовыми телами. Эти тела обнаружены на контакте с кимберлитовыми брекчиями Нюрбинской трубы, а также встречены рядом с Майским и Мархинским телами и Ботубинской трубой.

Намечаются следующие закономерности пространственного размещения эруптивных брекчий базитов. Во-первых, они группируются в ареал в виде эллипса с параметрами 20×8 км с длинной осью, вытянутой на северо-восток вдоль Диагонального разлома, контролирующего положение всех известных тел кимберлитов (рис. 8). Внутри ареала расположены все известные в Накынской области тела кимберлитов, которые слагают куст линейного типа. Очевидно, что совместно с ними кимберлиты формируют своеобразную структуру центрального типа, которая требует дальнейшего анализа. Во-вторых, абсолютное большинство находок рассматриваемых брекчий приурочено к разломам Вилуйско-Мархинской тектонической зоны, и в меньшей мере к Средне-Мархинской. Преимущественно брекчии базитов приурочены к Ботубинскому и Дяхтарскому нарушениям (см. рис. 6). Возможно, это связано с неравномерным бурением этих нарушений. В-третьих, брекчии базитов концентрируются на участках Ботубинской и Нюрбинской кимберлитовых труб, как это видно на примере Нюрбинской трубы. Вблизи кимберлитовых даек, представленных Майским и Мархинским телами, брекчии базитов вскрыты единичными скважинами. Наряду с двумя отмеченными сгущениями эруптивных брекчий, намечаются еще два подобных участка – западнее трубы Нюрбинской с условным центром в 3 км от трубы и восточнее трубы Ботубинской с условным центром в 1 км от неё, где могут быть скрытые тела кимберлитов. Следует подчеркнуть, что в рудоконтролирующем Диагональном разломе все кимберлитовые тела сопровождаются проявлениями эруптивных брекчий базитов.

Подобные образования ранее обнаружены и в Мирнинском кимберлитовом поле (трубы Маар-Сизэн, Ан 446, Лиственичная и др.), где также наблюдается пространственная близость базитов и кимберлитов.

В практическом плане наличие эруптивных брекчий в рудоконтролирующей структуре кимберлитового поля может служить поисковым признаком на обнаружение кимберлитовых кустов. Локальное проявление брекчий базитов может являться признаком самой рудоконтролирующей структуры.

Локальные перспективы в рамках рудоконтролирующей структуры могут быть обусловлены вторичной минерализацией, а именно баритовой и кальцитовой. В Накынской кимберлитовой области вторичные кальциты развиты повсеместно, их вскрывает около 60% скважин. Для выявления их генезиса необходима

классификация. Параметром, по которому их можно классифицировать, является фотолюминесценция (ФЛ). В общем ФЛ кальцитов информативна в генетическом и прикладном аспектах и является типоморфным признаком [Горобец, Рогожин, 2001].

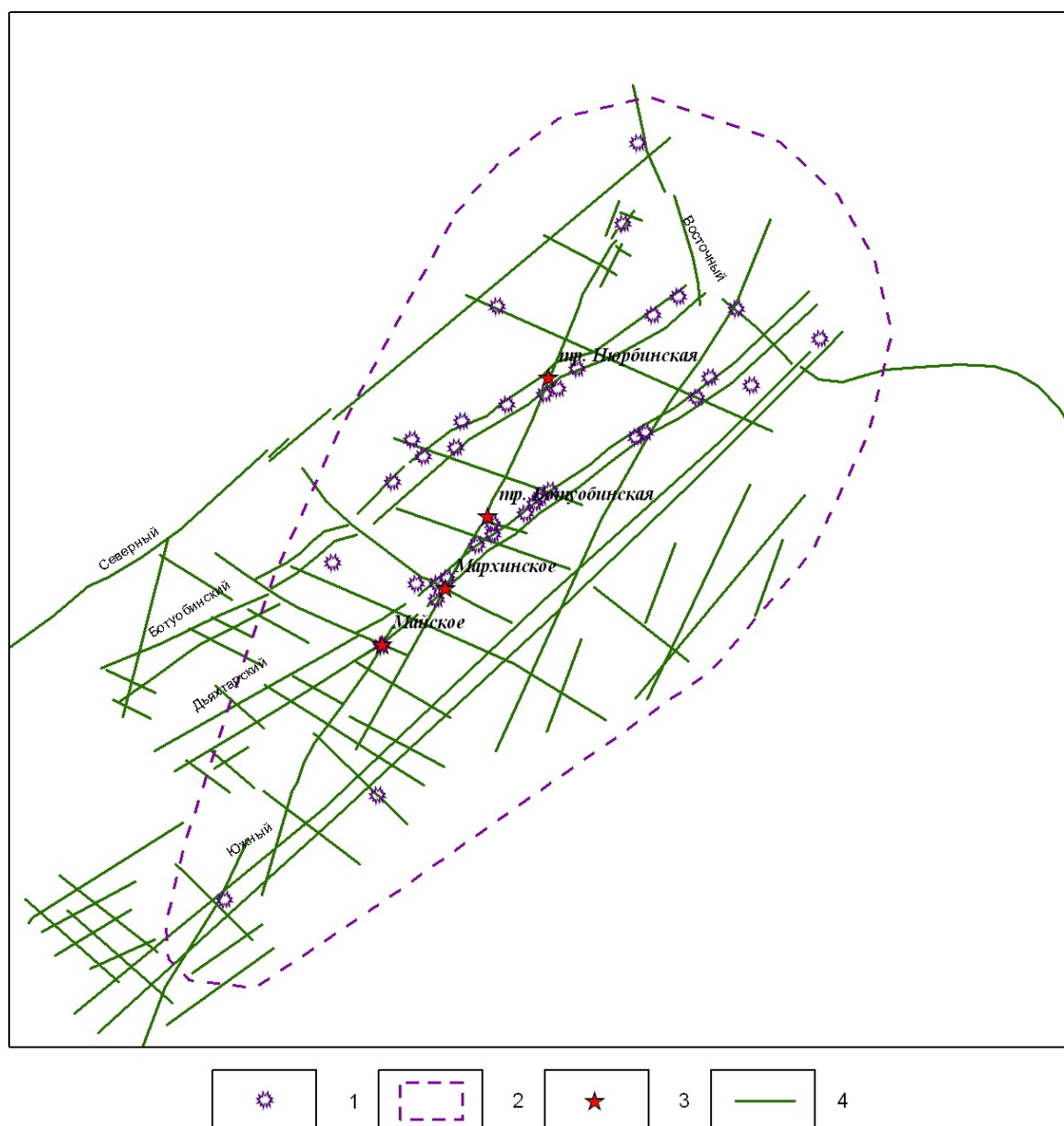


Рис. 8. Ареал распространения брекчий щелочных базитов Накынского поля. 1 – проявления брекчий щелочных базитов в скважинах, 2 – ареал брекчий базитов, 3 – кимберлитовые тела, 4 – зоны разломов, выделенные по геофизическим данным и бурению.

Рассмотрим фотолюминесценцию кальцитов на примере Майского месторождения (рис. 9.). В строении фотолюминесцентных ореолов кальцитов имеет место зональность. Самый обширный ореол представлен желтой ФЛ, внутри него с перекрытием расположены кальциты с фиолетовой ФЛ, внутри последнего – с голубой и в центре – с красной и розовой ФЛ. Кальциты с желтой ФЛ обнаружены по всей протяженности кимберлита. Ширина этого ореола

в два-три раза превышает площадь выхода тела кимберлитов. Ореол кальцитов с фиолетово-аметистовой ФЛ более изометричен, но вытянут согласно с простиранием кимберлита. Его центральная часть расположена в месте пересечения разломов разных направлений и совпадает с участком пережима мощности кимберлита (скв. ШМ-1). Важно подчеркнуть, что в этот ореол попадает проба, отобранная из скв. ШМ-9 с наибольшей глубины 463 м. Ореол голубой ФЛ также вытянут в северо-северо-восточном направлении согласно с кимберлитом и расположен в северо-восточной половине тела между скв. ШМ-1 и ШМ-3. Две пробы кальцитов с красной и одна проба с розовой ФЛ находятся в экзо-контакте с кимберлитом, их проекции попадают в его внутренний контур.

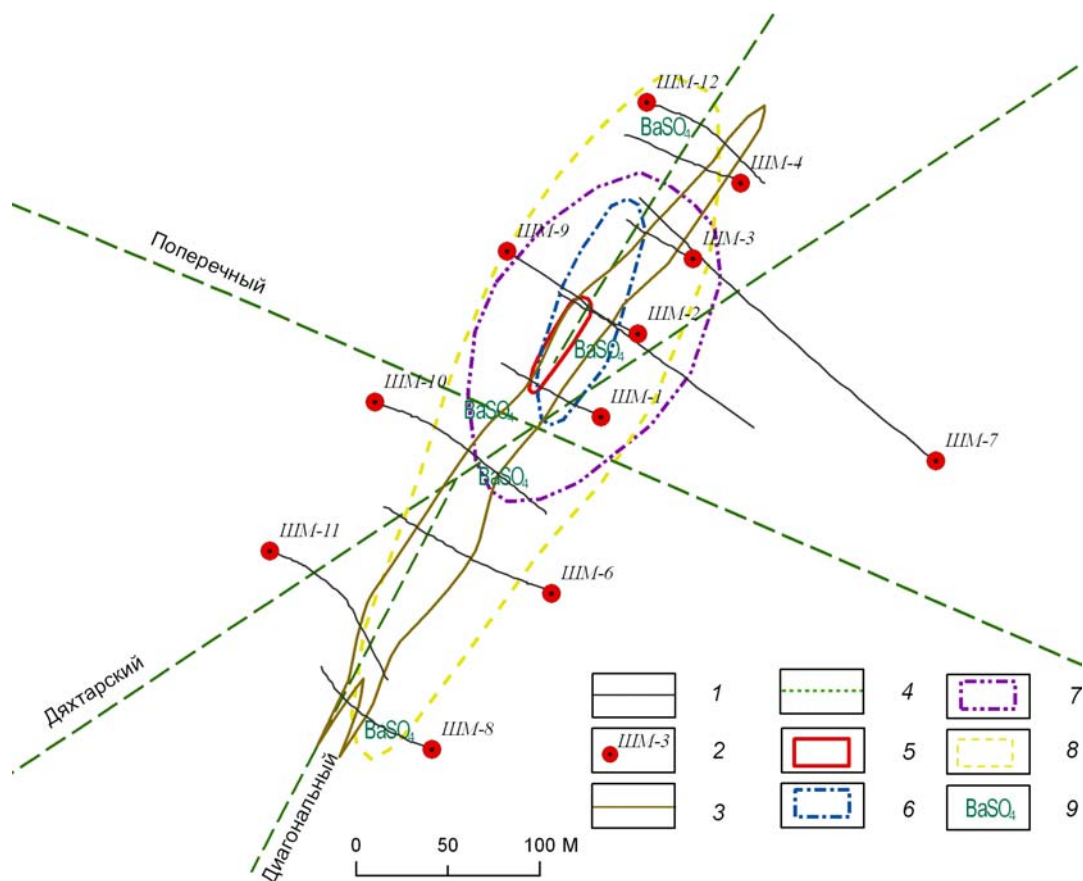


Рис. 9. Ореолы распределения фотолюминесценции кальцитов во вмещающих породах Майского тела: 1 – проекции наклонных скважин; 2 – устья скважин; 3 – контур Майского тела в верхних горизонтах, на глубине контур Майского тела показан фиолетовой линией; 4 – осевые зоны Дяхтарского, Диагонального и Поперечного разломов; 5-8 – ореолы фотолюминесценции кальцитов: 5 – красной и розовой, 6 – голубой, 7 – фиолетовой, 8 – желтой; 9 – прожилки барита.

Отмеченные закономерности распределения ФЛ кальцитов хорошо корреспондируются со структурно-морфологическими особенностями и данными по продуктивности Майского месторождения. Общая вытянутость ореолов с желтой, фиолетово-аметистовой и голубой ФЛ в целом совпадает с направлением оси кимберлитового тела. Кальциты с голубой, фиолетовой, розовой и красной ФЛ маркируют наиболее продуктивную часть кимберлитов, сложенных автолитовыми кимберлитовыми брекчиями и порфировыми кимберлитами,

расположенную между скв. ШМ-7 и ШМ-10. При этом ореолы с фиолетово-аметистовой и голубой ФЛ маркируют ближайший до 10 м экзоконтакт, а с красной и розовой – практически совмещаются с проекцией кимберлита. Здесь же зафиксировано совмещение в одних и тех же пробах кальцитов с разной ФЛ.

Таким образом, на участке Майского месторождения распределение кальцитов с разной ФЛ показывает зонально построенный околокимберлитовый ореол, отражающий структурно-морфологические характеристики и, в какой-то мере, продуктивность кимберлита. Это является принципиально новым в изучении фотолюминесцентных ореолов.

Проявления красной и фиолетово-аметистовой фотолюминесценции кальцитов и баритовая минерализация отмечались также на трубках Ботубинская и Нюрбинская, а также на Мархинском теле [Игнатов и др., 2001, 2006; Бушков, 2006, Игнатов и др., 2008]. Также изучение фотолюминесценции вторичных кальцитов показало, что вокруг долеритов и связанных с ними скарнов, эксплозивных брекчий и кимберлитов образуются ореолы красной и аметистово-фиолетовой фотолюминесценции.

На Майском месторождении отмечается прожилковая баритовая минерализация. Наибольшее количество прожилков барита приурочено к центральной части тела, где также отмечаются вторичные кальциты с красной и голубой фотолюминесценцией. Здесь же отмечен раздвиг кимберлитовой дайки.

Подводя итоги главе, можно заключить, что комплексная модель рудоконтролирующей структуры будет характеризоваться рядом параметров. Во-первых, это сдвиговая структура с соответствующим распределением тектонических признаков в керне. Во-вторых, рудоконтролирующая структура находится в ареале распространения магматических образований, часть из которых пространственно связана с кимберлитами. В-третьих, в рамках рудоконтролирующей структуры наиболее перспективными являются области развития баритовой минерализации, а также вторичных кальцитов, обладающих красной и аметистово-фиолетовой люминесценцией.

Глава 5

Данная глава посвящена доказательству четвертого защищаемого положения: *«Анализ распределения геологических признаков в керне по разным сетям поискового бурения на закрытой территории Накынского поля позволяет выделять: по сети 800×800 м крупные магистральные разломы; по сети 400×400 м уточнять строение крупных разломов, картировать рудоконтролирующие структуры и ареалы флюидного магматизма, выделять перспективные для обнаружения кимберлитов площади; по сетям 200×200 и 100×100 м уточнять внутренне строение рудоконтролирующих структур и выделять локальные перспективные участки».*

Анализ признаков производится в рамках сформированной комплексной модели рудоконтролирующих структур. Особенностью анализа геологических признаков в керне является обилие дискретных данных, вариантов интерпрета-

ции которых может быть целое множество. Поэтому анализ должен базироваться на априорных данных. Определение типов структур и их перспективность проводятся по комплексной модели, описанной в главе 4. При этом некоторые признаки могут быть не вскрыты существующей сетью бурения, а значит, и поле распределения признаков будет не полным. Это обуславливает необходимость оценки влияния сетей бурения на результаты анализа признаков в керне и выявления признаков, применимых при той или иной сети. Оценка влияния сетей поискового бурения на результаты анализа распределения признаков в керне выполнена впервые.

Для оценки влияния сетей бурения на результаты работ согласно представленной методике, была проведена искусственная разрядка существующей в Накынском кимберлитовом поле сети бурения до 800×800 м, 400×400 м, 200×200 и 100×100 м. Последние две сети рассмотрим совместно, так как по практике предыдущих исследований сеть 100×100 не добавляет существенно новых фактов, а только уточняет или подтверждает результаты исследований по сети 200×200 м. Для разных сетей бурения следует использовать масштаб карты, соответствующий наилучшей визуализации (примерно 1 см между скважинами). Так для сети бурения 800×800 м оптимальными являются масштабы 1:100 000-1:50 000, для 400×400 м – 1:50 000-1:25 000, для сетей 200×200 м и 100×100 – масштабы 1:25 000-1:10 000. При этом для удобства рассмотрим группы признаков по их виду – тектонические, магматические и флюидоразрывные, а также вторичную минерализацию

Анализ признаков по сети 800×800 м не дает качественно новой информации о геологическом строении района, а только подтверждает структуры, выявленные по геофизическим данным. Поэтому рассматривать признаки по сети 800×800 необходимо в комплексе с имеющейся информацией о геологическом строении района или с геофизическими данными. Подобный подход позволяет дополнить уже имеющуюся информацию о структурах и магматических образованиях, а также выделить наиболее информативные при такой сети бурения признаки.

При рассмотрении тектонических признаков в керне вместе с данными магниторазведки, сейсморазведки и данными традиционных геологических методов установлено, что подавляющее большинство зафиксированных тектонических признаков (около 80%) находится в зонах влияния крупных разломов. Признаки представлены, главным образом, микросбросами, микровзбросами, системами микросбросов и микровзбросов, горизонтальными и вертикальными зеркалами скольжения, сутурными швами, зонами расщепления и дробления. По тектоническим признакам по рассматриваемой сети подтверждаются и уточняются разломы, выделенные по геофизическим данным. Стоит отметить, что уже при таком масштабе бурение обнаруживает отдельные признаки сдвиговых структур в виде горизонтальных зеркал скольжения.

Флюидоразрывные и магматические признаки представлены прожилками типичных флюидизитов, дайками и силами долеритов. Эруптивные брекчии щелочных базитов, которые, по мнению многих исследователей, в том числе и

автора [Томшин и др., 1998, Игнатов и др. 2010], связаны с кимберлитом, сетью 800×800 не фиксируются. Также не фиксируются проявления собственно кимберлитов. Прожилки типичных флюидизитов широко распространены в Накынском поле. При данной сети бурения зафиксировано 11 прожилков типичных флюидизитов. Причем 3 из них находятся в непосредственной близости от рудоконтролирующего Диагонального разлома. Необходимо отметить, что прожилки флюидизитов встречаются рядом со всеми известными в Накынском поле кимберлитовыми телами и являются индикатором проявления флюидного магматизма.

Выделяются отдельные части даек долеритов, заполняющих все крупные разломы в Накынском поле. На юго-восточном окончании расположена область широкого распространения долеритовых силлов.

Признаки вторичной минерализации, например, барит и целестин, отражают проявление глубинных процессов. Однако при таком масштабе исследования можно судить только об их принадлежности к зонам крупных разломов, а не к рудоконтролирующим структурам. Сетью 800×800 м не отмечено ни одного прожилка, находящегося в непосредственной близости от кимберлитовых тел. Пиритовая и кальцитовая минерализация отмечаются практически в 60% исследованных скважин, поэтому их информативность как признаков структур и флюидного магматизма весьма мала.

При рассмотрении сети наблюдений 400×400 м увеличим масштаб и рассмотрим центральную часть Накынского поля, включающую в себя все известные здесь кимберлитовые тела – трубки Ботуобинская и Нюрбинская, дайки Мархинская и Майская, тело Д-96. Здесь также изучено подавляющее число скважин.

Рассмотрим разрывные нарушения, которые выделяются по тектоническим признакам при сети бурения 400×400 м. Магистральные разломы: Ботуобинский, Дяхтарский и Южный интерпретировались с учетом геофизических данных. По микросбросам, их системам и горизонтальным зеркалам скольжения надежно трассируется крупный Ботуобинский разлом. Дяхтарский разлом, картируется в основном горизонтальными зеркалами скольжения, а меньшее число признаков, отмечаемое в нем, определяется его относительно слабой выраженностью в чехле по сравнению с Ботуобинским. Рудоконтролирующий Диагональный разлом отмечается отдельными проявлениями микросбросов и микровзбросов. На данном этапе всеми видами тектонических признаков отмечаются и отдельные поперечные нарушения, практически перпендикулярные Диагональному разлому.

По поисковой сети 400×400 м Мархинской ГРП в 1999 году было вскрыто Мархинское тело, которое по морфологии является дайкой. В данном эксперименте кимберлит Мархинского тела также зафиксирован. Отметим, что в эксперименте по сети 400×400 м другие тела кимберлитов не были вскрыты, в том числе оказались пропущены две трубки, являющиеся месторождениями, которые, однако, на момент бурения сети 400×400 м были открыты.

Прожилки флюидизитов образуют локальные области, проявления флюидного магматизма, в том числе рядом с известными кимберлитовыми телами. Брекчии щелочных базитов в данном масштабе дают локальный ареал, в центре которого расположена Нюрбинская трубка.

Вторичная минерализация по сравнению с сетью 800×800 м не дает новых фактов, а также отражает узлы пересечения разломов.

Сети 200×200 и 100×100 м по существу являются близкими, поэтому их рассматривать их будем вместе. При таких сетях распределение признаков в керне можно анализировать уже в масштабе рудоконтролирующей структуры.

Диагональный разлом в местах внедрения кимберлитовых тел при такой сети наблюдений выделяется повышенной концентрацией признаков. Необходимой составляющей на этом этапе является выявление зон локального растяжения и сжатия.

Флюидизиты и брекчии базитов позволяют оценить правильность интерпретации тектонических признаков. Они также определяют локальные перспективы, маркируя проницаемые зоны, в том числе около кимберлитовых тел. Брекчии базитов при данном масштабе образуют локальный ареал, в который попадает северо-восточная часть Мархинского тела. Особый интерес представляет баритовая минерализация, которая маркирует Диагональный разлом и кимберлитовые тела. Напомним, что около всех известных кимберлитовых тел отмечены находки барита. Поэтому баритовая минерализация внутри рудоконтролирующей структуры подкрепляет локальные перспективы.

Таким образом, тектонические признаки позволяют производить анализ, начиная с сети 800×800 м и крупнее, флюидоразрывные – с сети 400×400 м и крупнее, а вторичная минерализация только с сети 200×200 м. При этом тектонические признаки по сети 800×800 м маркируют крупные магистральные разломы, типа Ботубинского; по сети 400×400 м – уточняют строение магистральных разломов и отдельными фактами отмечают рудоконтролирующий Диагональный разлом и поперечные к нему; по сети 200×200 и 100×100 м надежно картируются рудоконтролирующий разлом и поперечные к нему, устанавливаются особенности их строения. Флюидоразрывные признаки, главным образом, эксплозивные брекчии щелочных базитов, начиная с сети 400×400 м, определяют локальные перспективы в рамках рудоконтролирующей структуры. Вторичная минерализация, начиная с сети 200×200 м, также определяет локальные перспективы внутри рудоконтролирующей структуры.

По описанной методике был проведен анализ участка «Северный», где в 2007-2009 гг, было выделено 5 перспективных участков, переданных на заверку Ботубинской ГРЭ. Здесь перспективы обуславливаются наличием проницаемых тектонических зон, которые находятся на продолжении основной рудоконтролирующей структуры – Диагонального разлома, присутствием прожилков типичных флюидизитов, которые по ряду признаков можно отнести к карбонатизированным кимберлитам [Игнатов и др., 2008], проявлениями баритовой минерализации и красной фотолюминесценцией кальцитов.

Заключение

В настоящей работе по результатам документации тектонических, магматических и флюидоразрывных признаков в керне и вторичной минерализации, отработана методика создания и анализа электронных баз данных. По данным специализированной документации керна обоснованы трехмерные прогнозные модели кимберлитовых даек Майской и Мархинской. Их анализ послужил основой для создания комплексных обобщающих поисковых моделей рудоконтролирующих структур Накынского поля, включающих в себя тектонику, флюидный магматизм и вторичную минерализацию. Исследованы вопросы зависимости результатов анализа данных по методике исследования специальной документации керна от сети бурения.

Применение на практике данной методики позволит существенно увеличить объем информации, извлекаемой при геологоразведочном процессе на закрытых территориях. По результатам анализа базы данных по признакам в керне выделен ряд перспективных на обнаружение кимберлитов участков, которые переданы для заверки в Ботуобинскую ГРЭ.

Автор видит следующие направления для развития рассматриваемой методики. Электронные базы данных, созданные по результатам специализированной документации керна, открывают возможности количественной оценки и компьютерной обработки данных. Перспективными направлениями являются: дополнение баз данных результатами вещественных анализов, такими как, фотолюминесценция, рентгенфлуоресцентный, изотопный и структурно-петрофизический анализы, фотографиями шлифов и штуфов; статистическая обработка геологических признаков в керне; применение автоматических систем прогноза в виде разработки алгоритмов распознавания рудоконтролирующих структур по данным исследования керна.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Игнатов П.А., Новиков К.В., Толстов А.В., Разумов А.Н. Морфология кимберлитов Майского месторождения в Накынском поле Якутии по результатам компьютерного моделирования. // Руды и металлы, 2009. №4. стр. 62–66.
2. Игнатов П.А., Бушков К.Ю., Новиков К.В., Толстов А.В. Ареал брекчий базитов Накынского кимберлитового поля. // Известия ВУЗов. Геология и разведка. 2010. №2.
3. Абрамов В.Ю., Лаптев М.Н., Васильев И.Д., Новиков К.В., Комплекс геофизических методов при поиске кимберлитовых трубок в условиях балтийского кристаллического щита. VII международная конференция «Новые идеи в науках о Земле». (Секция S-VI). Т.6., стр. 3–5. Москва, 2007.
4. Новиков К.В., Игнатов П.А. Организация баз данных для двухмерного анализа флюидоразрывных, тектонических и минерализационных признаков кимберлитовмещающих структур. Тезисы доклада. IX международная конференция «Новые идеи в науках о Земле», Т.1. стр. 334. Москва, 2009.

5. *Новиков К.В.*, Игнатов П.А. Применение ГИС-технологий для анализа тектонических и других нарушений осадочных пород, вмещающих кимберлиты. // Доклады 6-й Международную школу молодых ученых. Москва, ИПКОН РАН, 2009.
6. *Новиков К.В.* Игнатов П.А. Зависимость результатов анализов формализованных признаков разломов от сети поискового бурения. // “Молодые – наукам о Земле”. Материалы V международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Москва, 2010. с. 14.
7. *Новиков К.В.* Малых М.Ю. Составление базы данных по прожилковой минерализации в осадочных толщах, включающих кимберлиты, по одному из районов Якутии // “Молодые – наукам о Земле”. Материалы V международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Москва, 2010. с. 15.
8. Игнатов П.А., *Новиков К.В.*, Толстов А.В., Разумов А.Н. Морфология кимберлитов Майского месторождения в Накынском поле Якутии по данным 3D моделирования. // Прогноз, поиски, оценка рудных и нерудных месторождений – достижения и перспективы. Сборник тезисов докладов, стр. 93–94. Москва, ЦНИГРИ, 2008.