

МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ ПРОГНОЗА, ПОИСКОВ, ОЦЕНКИ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ



УДК 553.81

© Коллектив авторов, 2001

НОВЫЕ ПРИЕМЫ ОЦЕНКИ ЛОКАЛЬНЫХ ПЛОЩАДЕЙ НА КОРЕННЫЕ АЛМАЗНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

П.А.Игнатов, Я.И.Штейн (МГГА), С.Д.Черный, Ю.Т.Яныгин (БГРЭ АЛРОСА)

Показаны новые возможности обнаружения кимберлитов при комплексном изучении керн поисковых скважин по нижнепалеозойским терригенно-карбонатным породам Накынского и Мирнинского алмазоносных полей.

На сегодняшний день при поисках кимберлитов, в том числе алмазоносных, используются главным образом шлихоминералогические и магнитометрические методы [2, 15 и др.], которые в некоторых случаях имеют ограниченное применение [16].

Дополнительные возможности отбраковки площадей при проведении поисково-оценочных работ на коренные месторождения алмазов заключаются в установлении признаков скрытых нарушений в нижнепалеозойских осадочных породах, вмещающих кимберлиты, и новообразований в них. Предлагаемый комплекс исследований включает: 1) специальную документацию керн поисковых скважин с выявлением признаков скрытых мелких разломов, контролирующих кимберлиты; 2) изучение проявлений гидрогазоразрывных образований (флюидизитов), связанных с кимберлитами и распространенными в пределах кимберлитовых полей эксплозивными брекчиями базальтоидов; 3) картирование ореолов вторичной сульфидной и карбонатной минерализации, сопровождающих кимберлиты; 4) анализ фотолюминесцентных характеристик кальцитов, свойственных околокимберлитовым ореолам; 5) анализ изотопного состава углерода и кислорода вторичных кальцитов, указывающих на глубинные источники вещества, связанные с кимберлитами; 6) выявление признаков остаточных ударных деформаций на основе ультразвукового структурно-петрофизического объемного анализа пород; 7) изучение плотности, пористости и электрических свойств пород, вмещающих кимберлиты; 8) картирование древних эрозионно-карстовых проявлений. Это позволяет получить разнообразную и независимую информацию для оценки имеющихся шлихоминералогических и геофизических аномалий. Обработка данного ком-

плекса исследований проведена на Ботуобинском и Нюрбинском месторождениях алмазов в центральной части Накынского поля, а также на участке трубки имени XXIII съезда КПСС Мирнинского поля, расположенных в Юго-Западной Якутии.

В ряде публикаций использованы многие из отмеченных данных. В работах Б.М.Никитина [9 и др.] и С.И.Костровицкого [8 и др.] описаны структуры нарушений околокимберлитового пространства, В.А.Боброва с соавторами (1995) и др. — изотопия углерода по валовым пробам вмещающих карбонатных пород, Е.И.Бориса с соавторами [1], В.И.Ваганова и др. [6 и др.] приведены данные по вторичной сульфидной и карбонатной минерализации. Люминесценция вторичных минералов изучена А.Г.Бушевым и др. (1998) на примере Золотицкого кимберлитового поля. Изменения физических и электрических свойств проанализированы А.Т.Бондаренко и др. (1995). Авторами, помимо новых подходов к выявлению скрытых разломов, ультразвуковому анализу ударных деформаций и анализу изотопии мономинеральных фракций карбонатов, на представительном материале по единой методике отработан весь комплекс указанных подходов. Достоверность и сравнимость результатов, прежде всего, основана на результатах детального картирования отмеченных ореолов и зон. При этом учтено, что каждый из указанных методов имеет свои ограничения и «информационный шум».

Проявления скрытых разломов устанавливаются по серии микронарушений седиментационных текстур осадочных пород [5]. По характеру нарушений можно различать краевые и центральные части отдельных тектонических швов. По мере приближения к осевой части разлома выделен их последовательный ряд.

В краях тектонических швов имеют место лишь отдельные кливажные трещины и серии сближенных кливажных крутопадающих трещин с расстоянием между ними первые сантиметры. Они отчетливо документируются по ребристым сколам торцевой части керна. Ближе к центральной части тектонического нарушения появляются зеркала скольжения с субвертикальными или субгоризонтальными бороздами скольжения, которые указывают соответственно на сбросовый или взбросо-сдвиговый типы нарушений. Еще ближе к центру располагаются отдельные микросбросы слоев с амплитудами от миллиметров до первых сантиметров. Последние сменяются сериями сближенных микросбросов с субпараллельными плоскостями и расстоянием между ними первые сантиметры, иногда амплитуды смещения достигают дециметров и первых метров. Микросбросами такие нарушения названы условно, поскольку они могут отражать как сбросовые, так взбросовые перемещения, что по анализу керна определить невозможно. В центральной части разломов развиваются тектонические микробрекчии и брекчии мощностью от сантиметров до долей метра и зоны катаклаза дециметровой мощности. Иногда к осям нарушения приурочены милониты мощностью первые метры.

Указанное соотношение типов деформаций выявлено на примере одного из пересечений зоны крутопадающих нарушений (рис. 1). Оно установлено по результатам специальной детальной документации керна во многих разрезах, вскрывших разломы, и подтверждено наблюдениями в разведочных горных выработках. Пример микросброса, выполненного прожилками кимберлитовых брекчий, расположенных в непосредственном экзоконтакте Нюрбинской трубки, приведен на фотографии штуфа (рис. 2).

Падение кливажных трещин, плоскостей сместителей микросбросов и зеркал скольжения, границ брекчий и милонитов, как правило, составляет 70° и более, что говорит о крутом падении разломов. Изредка углы падения сместителей микросбросов составляют $45\text{--}50^\circ$. Обычно такие углы имеют плоскости зеркал скольжения. В этих случаях они представлены несколькими поверхностями, сменяющими друг друга на сантиметровом расстоянии, что указывает на сбросовый тип дислокаций. Редко встречаются субпослойные плоскости зеркал скольжения, что свидетельствует о существовании межслоевых сдвигов.

Иногда в зонах нарушений отмечаются пликвативные дислокации в виде подворотов слоев и мелких опрокинутых антиклиналь-

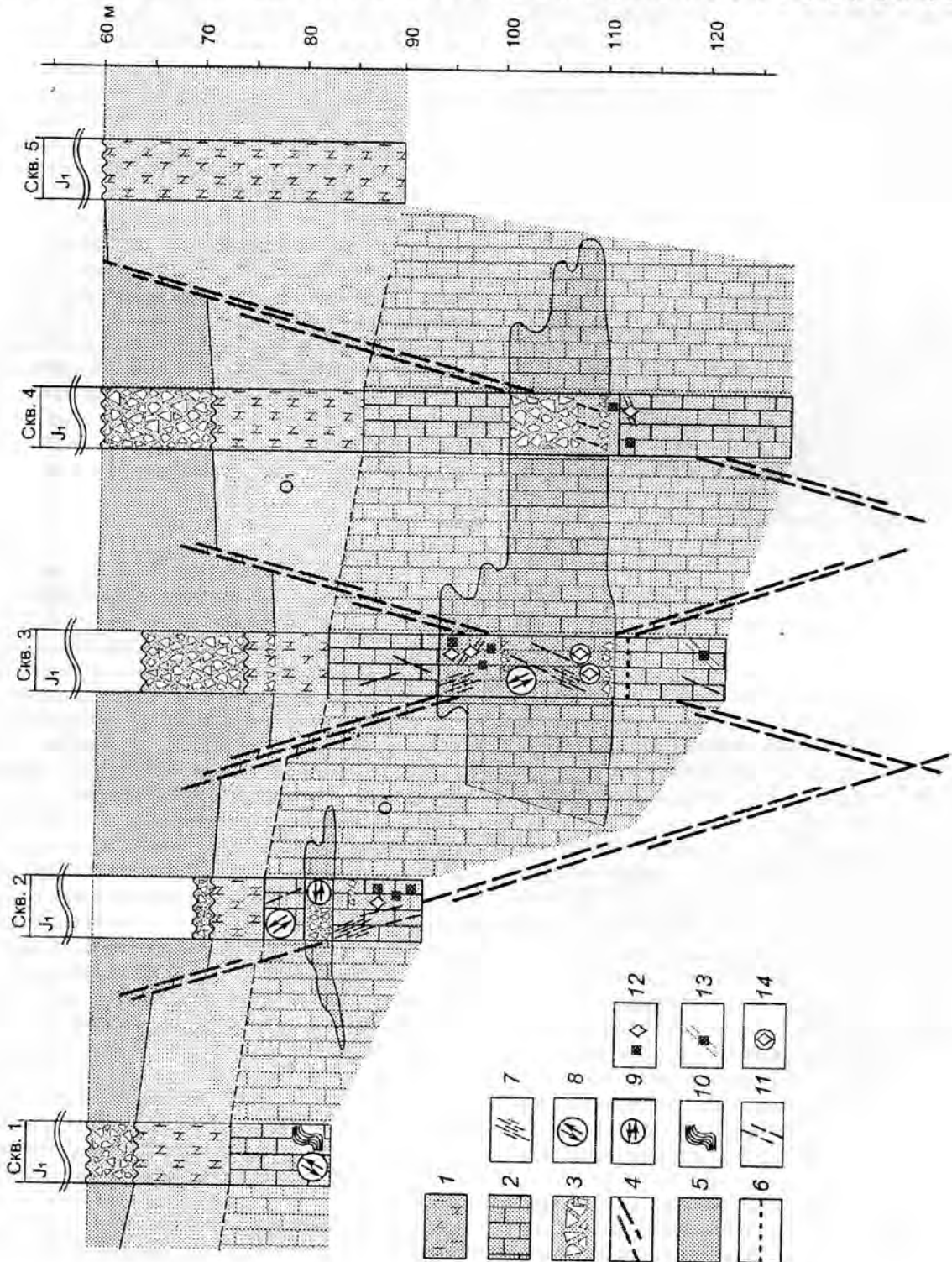
ных складок с амплитудами до десяти сантиметров. По-видимому, они фиксируют завороты слоев вблизи плоскостей сместителей относительно крупных взбросов или сбросов. В кернах встречаются также нарушения нормального субгоризонтального залегания пластов в виде более крутых их падений до $10\text{--}15^\circ$, что интерпретируется как пологие флексуры с амплитудами до первых метров. Такие флексуры связаны с пластичными пластами мергелей и приурочены к малоамплитудным сбросам. Подобные нарушения наблюдались в стенке карьера в околотрубном пространстве диатремы имени XXIII съезда КПСС и отмечены В.А.Ивашиным в карьере трубки Мир в Мирнинском поле.

Тектонические швы, сближенные на первые десятки метров, вместе с пликвативными деформациями составляют ансамбли — зоны разломов разного порядка. Порядок разломов устанавливается по их мощности, интенсивности проявлений и протяженности. К наиболее крупным отнесены разломы, совпадающие с отчетливыми линейными аномалиями магнитного поля, протяженными на километры дайками долеритов девонского возраста, а также скрытыми контролирующими кимберлиты нарушениями (рис. 3). По данным бурения мощность разломов, вмещающих дайки долеритов, достигает $100\text{--}150$ м, тектонических швов скрытых разломов — первые десятки метров. Мелкие разломы представлены единичными тектоническими швами и прослеживаются на сотни метров. Все разломы имеют кулисообразное строение, судя по раздувам и пережигам мощностей проявления указанных ансамблей тектонических нарушений. Выявление данных признаков позволяет устанавливать и проследить на многие сотни метров и километры разломы разной ориентировки.

В ряде мест они совпадают с разломной интерпретацией результатов крупномасштабных сейсмических и магнитометрических работ, на отдельных участках признаки тектонических нарушений фиксируются исключительно по данным документации керна. Интересно сравнить проявления разломов, которые совпадают с линейными аномалиями магнитного поля, где во многих местах бурением вскрыты дайки докимберлитовых долеритов [17], т.е. явных разломов, с зонами нарушений, в которых разломы устанавливаются по документации керна и в редких случаях по результатам интерпретации микросейсмического профилирования (скрытых разломов) (таблица).

Среди локальных тектонических нарушений выделяется две группы, сформированные

Рис 1. Картирование разрывных нарушений по керну скважин, м-бы — вертикальный 1:500, горизонтальный — 1:2000.



1 — глинистые породы, мергели; 2 — известняки и доломиты; 3 — карстовая breкчия с глинистым цементом; 4 — оси разноразориентированных тектонических зон; 5 — предполагаемые карстовые полости и просадки; 6 — горизонты доломитовой муки; 7 — зоны дробления и микроразрывных нарушений; 8—9 — зеркала скольжения с субвертикальным (8) и субгоризонтальным (9) направлением борозд; 10 — зоны смятия и вязко-пластических деформаций; 11 — тектонический кливаж; 12 — зоны интенсивной пиритовой и кальцитовой вкрапленной минерализации; 13 — прожилковые выделения; 14 — выположение жерод и полостей



Рис. 2. Кимберлитовая жила, выполняющая систему микросбросовых нарушений:

ум. в 2 раза

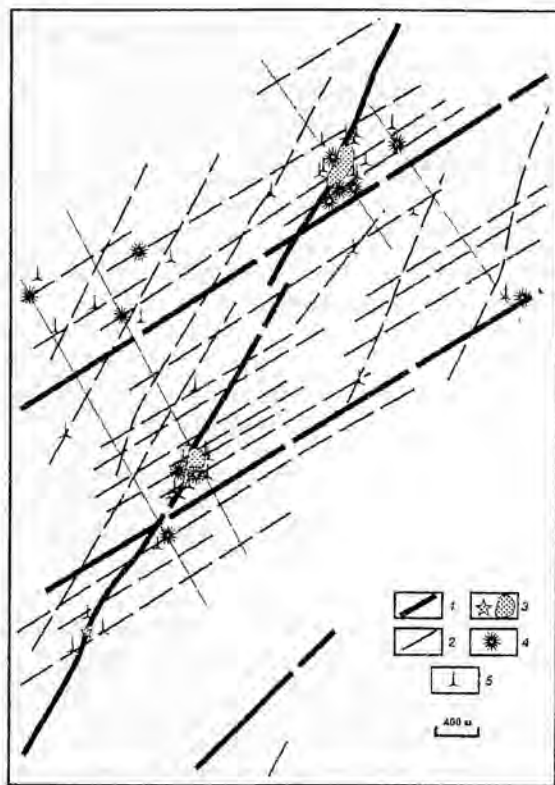


Рис. 3. Тектоническая схема куста трубок Накынского кимберлитового поля:

1 — разломы II—III порядков Виллойско-Мархинской системы, выполненные слепыми дайками долеритов (восточно-северо-восточного простирания), основной шов диагональной кимберлитоконтролирующей зоны скрытых разломов (северо-северо-восточного простирания); 2 — мелкие оперяющие швы IV и более высоких порядков обеих систем, а также предполагаемые швы Средне-Мархинской зоны (северо-западного простирания); 3 — известные кимберлитовые тела; 4 — проявления базальтоидных эксплозивных брекчий; 5 — проявления флюидизитов

в условиях горизонтального растяжения и сжатия. Они во многом близки к однотипным деформациям, описанным Л.М.Плотниковым [12]. К раздвиговым нарушениям первой группы относятся: малоамплитудные сбросы, зафиксированные в стенках карьеров трубок Мир, Удачная, Интернациональная и др. [7, 9 и др.]; ступенчатые субвертикальные зеркала скольжения с субвертикально расположенными бороздами, которые могли формироваться в условиях сбросов; микросбросы и их сближенные серии, плоскости которых выполнены кальцитом и жилами кимберлитов; относительно небольшие флексуры, крылья которых прослежены на протяжении первые метры (при

Признаки тектопических нарушений

Картируемые нарушения	Скрытые локальные нарушения
Значительная мощность тектонических брекчий, составляющая более $n \cdot 10$ см	Мощность тектонических брекчий от $n \cdot 1$ до $n \cdot 10$ см
Крупно- и грубозернистый состав обломков в брекчиях более 10 см	Мелкозернистый состав обломков в брекчиях (не более $n \cdot 1$ см)
Интенсивная мраморизация известняков, доломитов и мергелей мощностью $n \cdot 10$ м	Пятнистая мраморизация и интенсивная перекристаллизация наиболее проницаемых разновидностей пород — биогермных, сгустковых и оолитовых известняков
Интенсивная доломитизация пород по их массе, охватывающая более 10 м мощности	Пятнистая и прожилково-метазернистая доломитизация, распространяющаяся по цементу и трещинам и охватывающая мощности до $n \cdot 1$ м
Скарнирование	
Вторичная кальцитовая минерализация слабо выражена	Прожилковые и микродрузовые выделения кальцита сетчатой и субпараллельной текстур, выполнение кальцитом цемента микробрекчий
Прожилковые и друзовые выделения кристаллического пирита	Прожилково-метазернистые выделения коллоидного пирита
	Проявления вязко-пластических деформаций
Проявления древнего провального карста	Проявления древних флювиальных карстовых накоплений
Аномальная сине-зеленая окраска гипергенно измененных пород	

исключении осадочных и постседиментационных экзогенных деформаций); мелкие коленообразные складки с амплитудой до 10 см; тектонические брекчии карбонатных пород с кальцитовым, включая друзовые выделения, цементом мощностью дециметры и первые метры; зоны тектонической трещиноватости, выполненные кальцитом или доломитом, включающие сближенные крутопадающие субпараллельные и взаимно пересекающиеся прожилки чистого крупнокристаллического кальцита, пирита, реже гипса, в редких случаях доломита, хлорита и гидрослюд, еще реже маломощные (первые дециметры) жилы, выполненные крупнокристаллическим агрегатом кальцита, целестина и барита; субпослойные и субвертикальные жилы гипса.

Нарушения второй группы, обусловленные горизонтальным сжатием, включают взбросовые, сдвиговые и складчатые деформации, в том числе: малоамплитудные взбросы и сдвиги с амплитудами в первые метры, которые устанавливаются при документации карьеров кимберлитовых трубок Мир, имени XXIII съезда КПСС и др. [5, 8 и др.]; микровзбросы и их серии; опрокинутые антиклинальные микроскладки; субвертикальные зеркала скольжения с горизонтальной ориентировкой бо-

розд, свидетельствующих о сдвигах; межпластовые зеркала скольжения с горизонтальными параллельными поверхностям пластов бороздами, также указывающими на сдвиги; милониты; серии сближенных субпараллельных крутопадающих сухих трещин (тектонический кливаж), охватывающих относительно прочные карбонатные породы; нитевидные субвертикальные прожилки, выполненные карбонатами или пиритом, и их субпластовые микро-раздувы; субпослойные метазернистые выделения пирита в комбинации с микровзбросами; клиновидно-зубчатые прожилковые выделения пирита; субвертикальные су-туро-стилолитовые швы.

Данные по генетическим типам нарушений и анализ последовательности вторичных минералов позволили выделять следующие этапы формирования тектонических нарушений:

1) вертикальное региональное сжатие за счет литостатической нагрузки во время катагенеза ордовик-силурийской толщи, перекрывающей верхнекембрийскую холомолохскую и олдондинскую свиты, мощностью в Мало-Ботубинском и Средне-Мархинском районах около 400 м [11, 15 и др.];

2) вертикальное региональное растяжение за счет роста инверсионной антиклинали в де-

вонское время и снятия литостатической нагрузки при палеоэрозии вышележащей толщи мощностью 250—300 м [11, 15];

3) региональное горизонтальное растяжение при раскрытии зон раздвигов Вилуйско-Мархинской зоны глубинного разлома в девоне и внедрение силлов долеритов;

4) локальное вертикальное сжатие и растяжение во время внедрения слепых даек среднепалеозойских долеритов;

5) региональное горизонтальное сжатие в этап становления кимберлитов (в Накынском поле, по данным В.И. Шаталова с соавторами (1999), это поздний девон — ранний карбон), взрывных брекчий базальтоидов, других флюидизитов и непосредственно после него;

6) локальное вертикальное сжатие за счет ударно-взрывных явлений, сопровождавших внедрение кимберлитов и среднепалеозойских базальтовых трубок в девоне, с формированием соответствующих радиальных и дуговых структур;

7) локальное вертикальное сжатие за счет давления газов и артезианских вод в очагах их разгрузки в местах кимберлитовых тел и взрывных брекчий;

8) локальное вертикальное растяжение за счет просядок, обусловленных карстом, включая соляной, из водоносных горизонтов кембрия и ордовика агрессивными подземными водами;

9) региональное вертикальное сжатие за счет накопления каменноугольно-пермских и юрских толщ и покровов мезозойских траппов;

10) локальное вертикальное сжатие в местах мезозойских субвулканических трапповых интрузивов;

11) региональное и локальное вертикальное сжатие за счет формирования мезозойских штамповых структур в осях флексур и коробчатых складок;

12) релаксация тектонических напряжений и вероятные протрузивные явления.

По результатам поискового и разведочного бурения было проведено крупномасштабное картирование выделенных типов тектонических нарушений в центральной части Накынского кимберлитового поля (см. рис. 3). Опыт такого картирования показал возможность выделения и прослеживания разломов разных рангов и направлений по прямым геологическим наблюдениям по керну буровых скважин и последующее их подтверждение аномалиями крупномасштабных магнитометрических и сейсмических съемок. Кроме того, присутствие локальных скрытых разломов заверено методом независимого сгущения сети буровых скважин и выявления соответствующих при-

знаков разломов на более представительном материале. Практически все разломы, намеченные по единичным пересечениям и признакам, в дальнейшем при сгущении сети находили подтверждение по многим признакам и прослеживались более детально.

Наиболее важным результатом такого картирования разломов следует считать установление закономерностей локализации эндогенных взрывных магматических образований. Последние на данной площади представлены тремя телами кимберлитов, включающими Ботуобинское и Нюрбинское месторождения, а также Мархинское рудопроявление алмазов [17], и 14 телами взрывных брекчий базальтоидов, половина из которых выявлена вблизи кимберлитов Нюрбинской диатремы. Все магматические тела взрывной природы находятся в узлах пересечения разломов разных направлений, что характерно для позиции кимберлитов других полей [3].

По имеющимся данным положение кимберлитов отвечает следующим закономерностям: приуроченность к мелким IV порядка разломам скрытого типа, которые составляют небольшую часть, порядка 10% от общего числа, тектонических нарушений и плохо выражены в геофизических полях [17]; расположение всех трех тел кимберлитов в одном тектоническом шве диагональной зоны, представленном двумя его кулисами (см. рис. 3); локализация в зонах пересечения рудоконтролирующих Дяхтарского и Ботуобинского разломов с простираемым 330—350° и рудовмещающего диагонального нарушения с простираемым 20—30°, который подчеркивается ориентировкой длинных осей трубок [17]; локализация в участках флексурных изгибов тектонических швов диагонального разлома, обусловленных сдвиговыми нарушениями, которые фиксируются вдоль мелких разломов, субпараллельных Дяхтарскому и Ботуобинскому нарушениям (рис. 4). Напомним, что существует мнение о важной роли условий сжатия и связанных с ними сдвиговых нарушений для локализации кимберлитов [10, 14 и др.].

Гидрогазоразрывные образования (флюидизиты) в осадочных породах представлены брекчиями и прожилками. Взрывные брекчии и микробрекчии включают обломки, состоящие из осадочных пород раннего палеозоя, девонских траппов и вулканического стекла или только из осадочных пород. Цемент брекчий глинистый алюмосиликатный или карбонатный, иногда в нем отмечается слабо раскристаллизованное вулканическое стекло с флюидалной структурой. Прожилки обычно субвертикальные, сложены песчаным материалом, хлоритом,

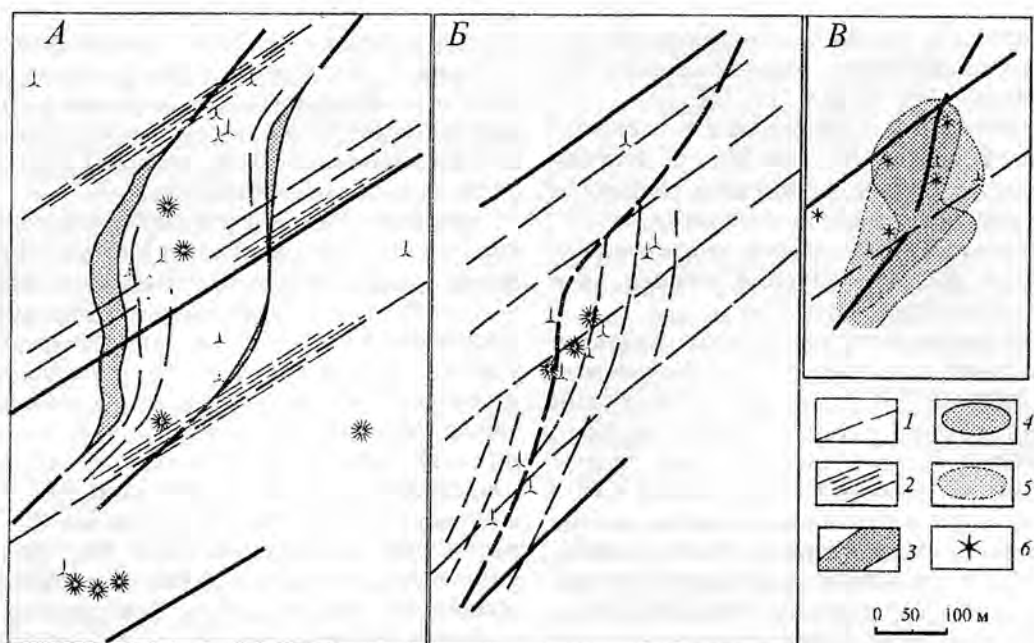


Рис. 4. Тектонические схемы участков проявления кимберлитов Накынского кимберлитового поля:

А — трубка Нюрбинская; Б — трубка Ботубинская, В — рудопроявление Мархинское; 1 — рудоконтролирующие швы III порядка диагональной зоны; 2 — зоны развития сдвиговых нарушений; 3 — участки интенсивного дробления и милонитизации в диагональных швах; 4 — ореол красно-оранжевой фотолюминесценции кальцитов; 5 — ореол интенсивной вторичной пиритизации; 6 — проявления ударных деформаций в породах по УСАПИР; остальные усл. обозн. см. рис. 3

серпентином или кальцитом и доломитом. Об эндогенных условиях образования флюидизитовых прожилков свидетельствует ряд фактов. Доломит цемента агрессивен по отношению к песчаным зернам кварца и полевых шпатов, присутствующих в разных количествах. Вокруг обломков алюмосиликатного состава характерны реакционные изменения в виде каемок гематитизации. Обломки карбонатных пород имеют регенерационные каймы кальцита. Как в брекчиях, так и в прожилках наблюдаются признаки флюидальных микротекстур и структур, сложенных алюмосиликатным и карбонатным материалом. Микрофлюидальная структура подчеркивается в том числе директивным распределением обломочных зерен кварца вдоль контактов прожилков и обволакивающим обломки карбонатных пород распределением песчаной примеси кварца. Все это вместе с кальцитовыми каемками указывает на высокую обогащенность флюида CO_2 .

О сложной парагенетической связи флюидизитов с кимберлитами Ботубинской и Нюрбинской трубок, а также Мархинского рудопроявления свидетельствуют их петрографические особенности. В обломках встречены породы с кальцитовыми микролитами типа ин-

рузивных карбонатитов (рис. 5), описанных В.П.Корниловой с соавторами [7]. Микробрекчии и песчаные прожилки, как и кимберлиты, выполняют трещины без смещения или плоскости микросбросов в осадочных породах и долеритах. Наблюдалось резкое на протяжении первых дециметров выклинивание брекчий с окончанием прожилков в осадочных породах. В последних могут встречаться парагенные с кальцитом выделения пирита, а также вторичные прожилки и новообразования крупнокристаллического кальцита и пирита. Типичны оскольчатые зерна кварца, весьма напоминающие кристаллокласты туффитов, и обломочные зерна кварца с разноориентированной интенсивной трещиноватостью. Песчаные зерна нередко располагаются в виде субвертикальных микропрожилков (рис. 6).

Следует отметить тесную пространственную связь прожилковых и брекчиевых газогидроразрывных образований с кимберлитами и взрывными брекчиями базальтоидов, описанных М.Д.Томшиным с соавторами [10]. Прожилки флюидизитов обнаружены в непосредственной близости от взрывных брекчий (метры и десятки метров). В редких случаях наблюдались непосредственные продолжения та-

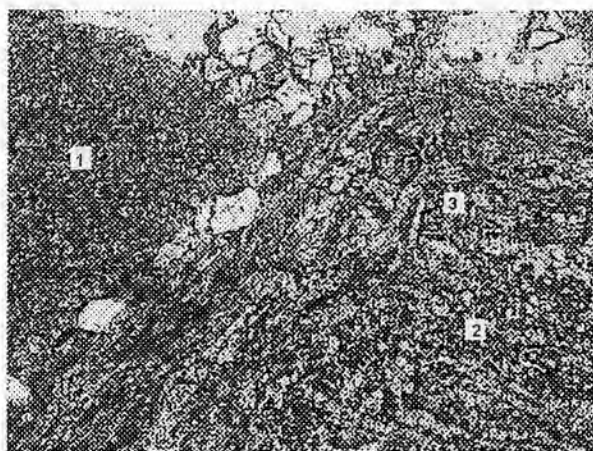


Рис. 5. Эксплозивная брекчия с обломками микрозернистых доломитов (1) и обломком интрузивного карбонатита (2) с кальцитовыми микролитами (3):

наблюдаются вихревая микротекстура в обломке и флюидальная текстура цемента; ув. 19 \times , ник. II



Рис. 6. Нитевидный песчаный прожилок мощностью 0,2 мм:

песчинки, представленные кварцем и полевыми шпатами, угловато-округлой и остроугольной формы; имеются обломки микрозернистых известняков; отмечается коррозия обломков карбонатным цементом; ув. 19 \times , ник. II

кого типа прожилков от эксплозивных брекчий или от кимберлитов. В пределах хорошо изученной бурением центральной части Накынского поля соотношение ряда кимберлиты \rightarrow эксплозивные брекчий базальтоидов + эксплозивные брекчий по карбонатным породам \rightarrow прожилковые флюидизиты составляет 3: 21: 33.

Большая часть находок прожилковых флюидизитов, как и эксплозивных брекчий, связана с участками месторождений. Вне их эксплозивные брекчий встречаются в десяти случаях, флюидизитовые прожилки — в 15 разрезах, включая околотрубное пространство Мархинского тела кимберлитов. Эти данные указывают на весьма локальное расположение флюидизитов, связанное с экзоконтактами эксплозивных образований как кимберлитов, так и базальтоидных брекчий.

Несмотря на малочисленность проявлений флюидизитов, можно говорить о некоторых закономерностях их площадного расположения. Так, по наиболее достоверным данным разведочного бурения на участке Нюрбинского месторождения развиты две системы тектонических нарушений, в которых размещаются тела эксплозивных брекчий (см. рис. 4, А). В северо-восточном тектоническом шве, субпараллельном Ботубинскому разлому, локализованы пять тел эксплозивных брекчий базальтоидов. По трем пересечениям таких брекчий, расположенных несколько севернее, намечается поперечная к нему разрывная локальная структура, на продолжении которой находится флюидизитовый прожилок. Локальные нарушения аналогичных направлений установлены по телам эксплозивных брекчий с обломками карбонатных пород и флюидизитовым прожилком, вскрытым в центральной части Ботубинского месторождения (см. рис. 4, Б).

В Дяхтарском разломе расположены три тела эксплозивных базальтоидных брекчий; в нарушениях, субпараллельных Ботубинскому разлому, локализованы два тела таких брекчий. Поперечные к ним разломы северо-западного простирания намечаются по линиям, в которые объединены точки проявлений эксплозивных брекчий, кимберлитов и флюидизитовые прожилки. Значение поперечных разломов в локализации эксплозивных образований, по-видимому, заключалось в том, что они создавали места изгибов в субширотных разрывных зонах. В последних при сдвиговых деформациях возникали локальные участки растяжения, где и происходили взрывы.

Таким образом, кимберлиты локализуются в узлах пересечения мелких разломов трех направлений — северо-западных, северо-восточных и субмеридионально-северо-восточных.

Отмеченные выше возрастные взаимоотношения базальтоидных эксплозивных брекчий и кимберлитов, как и разная их структурная позиция, позволяют говорить об изменении планов деформаций на стадиях их формирования. Во время внедрения кимберлитов были активными нарушения всех трех

направлений, а во время образования базальтоидных эксплозий и сопровождавших их газозрывов субмеридионально-северо-восточные нарушения, очевидно, были закрыты. Возможно, это связано и с разной глубиной разрывных структур.

Совокупность отмеченных фактов может быть интерпретирована как участие в образовании рассматриваемых брекчий и прожилков большого количества горячих магматических флюидов с преобладанием CO или CO_2 . Эти флюиды обладали весьма высокой механической силой и, вероятно, могли «окачивать» обломки, как показано в работах А.М.Портнова (1979 и др.). Газогидроразрывные (флюидоразрывные) явления совместно с сейсмотектоническими ударами, очевидно, сопровождали внедрение кимберлитов. Эксплозивные брекчий щелочных базальтоидов послекимберлитовой стадии установлены в Накынском поле геологами БГРЭ. Предполагается, что эти породы образовались в результате смешения субщелочной и ультраосновной магм [10, 13]. Вместе с базальтоидными брекчиями могли формироваться и эксплозивные брекчий карбонатных пород. Так же как кимберлиты, данные эксплозии, вероятно, сопровождались газогидроразрывными прожилками (прожилковыми флюидизитами).

Вторичная минерализация, ассоциирующаяся с кимберлитами и вмещающими их породами, представлена главным образом прожилковыми и метазернистыми пиритом, кальцитом и в меньшей мере доломитом. Прожилковые образования выполняют сложные по форме быстро выклинивающиеся микротрещины катаклаза и плоскости микросбросов. Кальцит часто слагает друзовые выделения с полигенерационным их выполнением. Количество, мощность прожилков и диаметры друз вторичных кальцитов возрастают по мере приближения к осевым частям разломов и узлам их пересечения. Вторичный доломит обычно представлен метазернистыми агрегатами, пересекающими слоистость, иногда в виде прожилковых зон. Прожилковые выделения кальцита из осадочных пород по морфологии, изотопному составу углерода и кислорода аналогичны вторичному кальциту из кимберлитов [4, 6].

Пирит обычно встречается в прожилково-метазернистых субпослойных колломорфных и кубооктаэдрических агрегатах. Как и кальцит, он формирует полигенерационные и, вероятно, полистадийные выделения. При этом метазернистые образования пирита, иногда составляющие до 20% массы маломощных прослоев осадочных пород, сопровождают тела кимберлитов. Ореолы экстенсивности но-

вообразований пирита маркируют локальные нарушения, вдоль которых вытянуты тела кимберлитов. Размеры таких ореолов составляют до нескольких диаметров кимберлитовых диатрем. Форма в плане такого ореола интенсивной пиритизации вытянута согласно простиранию дайки порфирированного кимберлита, длиной оси диатремы, выполненной автолитовыми и туфовыми кимберлитовыми брекчиями, а также рудовмещающего нарушения. Установлена также вытянутость такого рода ореола вторичной пиритизации вдоль разлома, в котором расположено Мархинское проявление кимберлитов.

Изучение *фотолюминесценции* (ФЛ) вторичных прожилково-метазернистых кальцитов показало, что вокруг долеритов и связанных с ними скарнов, эксплозивных брекчий и кимберлитов образуются красно-оранжево-желтые ореолы (см. рис. 4 и рис. 7). Такие кальциты по результатам рентгенофлуоресцентного анализа и спектрам электронно-парамагнитного резонанса монофракций кальцитов содержат примесь люминогенных ионов двухвалентного марганца в количестве более 1000 г/т (рис. 8), что указывает на высокотемпературные и, вероятно, высокобарические условия минералообразования. Ореолы отличаются сложным строением и, помимо мягкого спектра, включают кальциты с разной ФЛ. Локальные ореолы вторичных кальцитов с жесткими цветами люминесценции вокруг кимберлитов имеют размеры в один-три диаметра трубок (см. рис. 4, Б, 4, В и 7). Наиболее явно такие ореолы фиксируются при крупномасштабных исследованиях на участках месторождений и рудопроявлений. С увеличением площади исследований и соответствующим изменением масштаба картирования появляется значительное число «ложных» аномалий, в которых имеют место кальциты с красно-оранжевым спектром ФЛ. Они могут включать участки разломов с высокотемпературной кальцитовой минерализацией без проявлений магматизма, еще не обнаруженные слепые дайки долеритов, эксплозивные брекчий базальтоидов и тела кимберлитов.

Изотопный состав углерода и кислорода определялся по масс-спектральному анализу вторичных кальцитов и доломитов. Вблизи кимберлитовых тел и эксплозивных брекчий выявлена высокая дисперсия состава стабильных изотопов с тенденцией облегчения изотопного состава углерода. Реконструкция изотопного состава углерода и кислорода воды и углекислого газа, проведенная с учетом температуры гомогенизации, показала, что в образовании вторичных кальцитов и доломитов око-

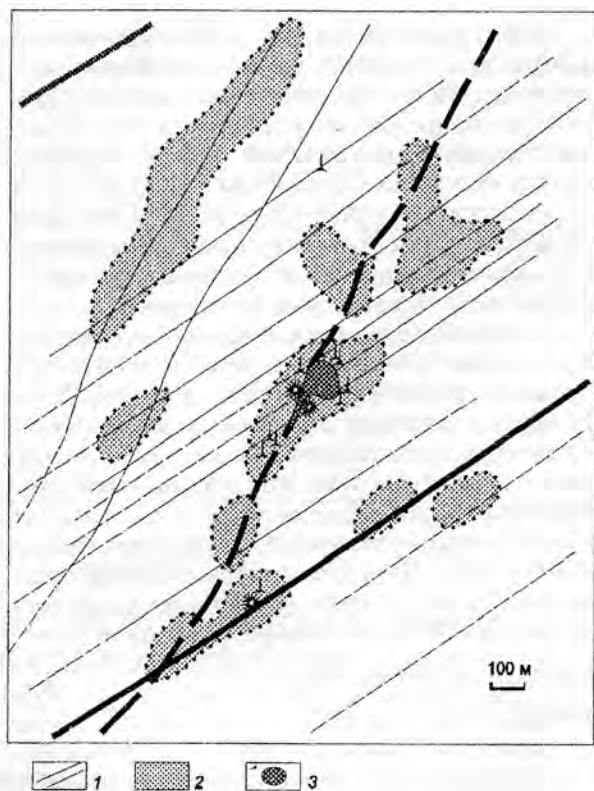


Рис. 7. Схема размещения ореолов красно-оранжевой фотолюминесценции вторичных кальцитов на участке трубки Ботубинская:

1 — основной рудоконтролирующий разлом III порядка диагональной зоны; 2 — ореолы красно-оранжевого фотолюминесцентного свечения вторичных кальцитов; 3 — кимберлитовое тело трубки Ботубинская; остальные усл. обозн. см. рис. 3

лотрубочного пространства участвовали глубинный газ, органический углерод, формационные и метеорные воды [6]. По данным В.А.Боброва и др. (1995), в околокимберлитовом пространстве фоновые значения изотопного состава углерода осадочных карбонатных пород в разной степени нарушены. Там же изотопный состав углерода и кислорода агрегатов кальцита и доломита и монофракций кальцита имеют большую дисперсию с тенденцией облегчения углерода. Аномалии изотопного состава углерода и кислорода вторичных кальцитов указывают на существование локальных очагов разгрузки древних посткимберлитовых палеогеологических систем.

Специальное ультразвуковое сканирование образцов керна осадочных пород и ориентированных образцов из разведочных горных выработок по методике профессора МГУ В.И.Старостина показало, что в породах отчетливы следы

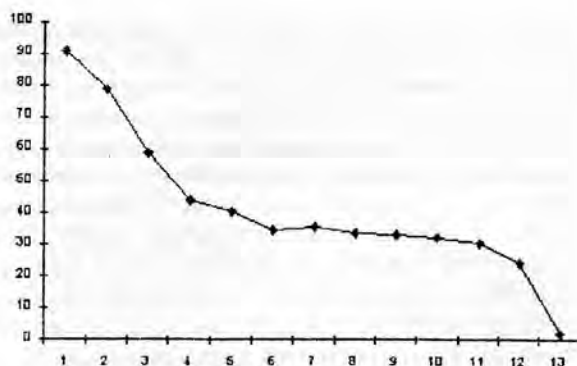


Рис. 8. Диаграмма распределения содержаний Mn^{2+} в монофракциях кальцита с разной фотолюминесценцией:

порядок проб соответствует цветам люминесценции по спектру от красного (слева) до сине-фиолетового (справа), содержания Mn^{2+} — количеству спинов $\times 10^{17}$ в 1 г

разрывных тектонических нарушений и ударных деформаций [5]. Среди них выделяются собственно ударные и ударно-раздвиговые, которые на соответствующих диаграммах характеризуются концентрическими и линейно-концентрическими рисунками изолиний. Последние установлены вблизи дайкового тела кимберлитов Ботубинского месторождения. Проявления остаточных ударных деформаций сопровождают кимберлиты и тела взрывных брекчий. Они слагают ореолы размером в два-три диаметра кимберлитовых трубок и взрывных брекчий базальтоидов и маркируют места их нахождения.

Изучение физических параметров осадочных пород позволило установить вблизи кимберлитов большой разброс плотности и пористости, понижение удельного электрического сопротивления при постоянном токе, изотропию петрофизических параметров вдоль и поперек напластования и связать эти свойства пород с их перекристаллизацией. Анизотропия электрических и упругих свойств пород отражает следы тектонических стрессов в разломах, ударно-взрывных деформаций и проявлений метасоматической пиритизации. По сравнению с фоном в околотрубочном пространстве имеет место наибольший разброс плотности и пористости пород при максимальной пористости и минимальной плотности. Понижение средних значений удельного электрического сопротивления при постоянном токе отражает повышенную трещиноватость геологической среды и более широкое развитие метазернистой пиритизации в экзоконтакте ким-

11. Подвысоцкий В.Т., Белов Е.Н. Состав и условия формирования древних осадочных коллекторов и россыпей алмазов. — Якутск: ЯНИГП ЦНИГРИ, 1995.
12. Плотников Л.М. Атлас тектонических текстур метаморфизованных осадочных пород. — Л.: Недра, 1980. (Тр. ВСЕГЕИ, нов. сер., т. 281).
13. Ротман А.Я. Ассоциации калиевых пород в алмазных районах // Прогнозирование и поиски коренных алмазных месторождений. Симферополь — Судак, 1999. С. 79—84.
14. Филиппов И.Д. Деформации сдвига в осадочном чехле северо-востока Сибирской платформы // Геология, закономерности размещения, методы прогнозирования и поисков месторождений алмазов и других полезных ископаемых. Мирный, 1998. С. 74—76.
15. Харьков А.Д., Зинчук Н.Н., Крючков А.И. Коренные месторождения алмазов мира. — М.: Недра, 1998.
16. Цыганов В.А. Надежность геолого-поисковых систем. — М.: Недра, 1994.
17. Черный С.Д., Сафьянников Ю.В., Яныгин Ю.Т., Шаталов В.И. Особенности прогнозирования и поисков месторождений алмазов в Средне-Мархинском алмазоносном районе (Якутская алмазоносная провинция) // Прогнозирование и поиски коренных алмазных месторождений. Симферополь — Судак, 1999. С. 212—216.

УДК 553.2.064

© Коллектив авторов, 2001

ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ СРЕДНЕМАСШТАБНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗОЛОТО-КВАРЦЕВЫХ РУД В ТАЙМЫРСКО-СЕВЕРОЗЕМЕЛЬСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ЗОНЕ

А.П.Мотов (ВСЕГЕИ МПР России), А.Г.Листков, Ю.Е.Дешко, Г.В.Шнейдер, М.И.Бенца, А.В.Черепанов (ЦАГРЭ)

На примере изучения территории юго-восточной части о-ва Большевик рассматривается возможность прогнозной оценки на золото-кварцевые руды рифей-вендских отложений Таймырско-Североземельской складчатой зоны на основе петрографического изучения их метасоматических преобразований. Позиция проявленной здесь золото-кварцевой минерализации контролируется ореолами лиственитизации, эйситизации и березитизации вмещающих пород, наложенными на дорудные мусковитсодержащие пропилиты и в меньшей мере кордиерит-биотитовые роговики термально-купольных структур. Рудоконтролирующие листвениты, эйситы и березиты трассируют протяженные зоны тектонических дислокаций и, вероятнее всего, связаны с позднепалеозойской тектонической активизацией территории. Березиты и листвениты характеризуют верхний, а эйситы — средний уровень вертикальной метасоматической колонны. Формирование благоприятных для рудолокализации метасоматических термально-купольных структур связано со средне-позднепалеозойской гранитизацией рассматриваемой территории.

В настоящее время территория юго-восточной части о-ва Большевик по сравнению с другими территориями Таймырско-Североземельской складчатой зоны обладает наиболее отчетливыми признаками проявления коренного золотого оруденения. Здесь открыты около сотни точек золоторудной минерализации, ряд проявлений и одно месторождение золота — Нижнелиткинское [7]. Петрографическое картирование метасоматических преобразований пород на этой территории применялось для выделения локальных участков минера-

лизации с наиболее яркими признаками взаимодействия рудоносных гидротермальных растворов с вмещающими породами. Как показывают ранее проведенные исследования в пределах других гидротермальных месторождений [9], именно такие участки потенциально перспективны на обнаружение новых рудных объектов.

Геологическое строение рассматриваемой территории по ряду публикаций [2, 7, 13] определяют флишвидные отложения рифей и венда (рис. 1). В их составе выделяют голышев-