

УДК 553.8+551.243.6

© Коллектив авторов, 2006

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ СТРУКТУР, КОНТРОЛИРУЮЩИХ АЛМАЗОНОСНЫЕ КИМБЕРЛИТЫ НАКЫНСКОГО ПОЛЯ ЯКУТИИ

П.А.Игнатов, К.Ю.Бушков, Я.И.Штейн (РГГРУ), А.В.Толстов, Ю.Т.Яныгин (Ботуобинская ГРЭ АК «АЛРОСА»)

Закономерности пространственного положения кимберлитов рассмотрены по отношению к крупным структурам — кратонам, рифтам, зонам крупных разломов. Изучение кимберлитовмещающих структур проводилось по керну скважин в Накынском алмазоносном поле. Особенностью фактического материала, используемого авторами, является систематический анализ признаков тектонических нарушений, фиксируемых по авторской специализированной документации керна в центральной части Накынского поля. Выводы о генетической связи тектонических нарушений и ассоциирующей с ними минерализации сделаны на основе детальных наблюдений в пределах Ботуобинского, Нюрбинского месторождений и Мархинского рудопроявления. Выявлены признаки кимберлитовмещающих структур в м-бе 1:2000, проанализировано пространственное их положение по площади центральной части Накынского поля в м-бах 1:10 000 и 1:50 000.

Тектонические нарушения (трещины и собственно разломы) устанавливаются по серии деформаций седиментационных текстур осадочных пород. Они представлены разными по генезису и интенсивности структурами: кливажные трещины; зеркала скольжения; микросбросы и микровзбросы с амплитудами от миллиметров до первых сантиметров и крутыми углами падения; серии смещений с амплитудами до дециметров и первых метров; тектонические брекчии; зоны расланцевания; иногда милониты мощностью дециметры и первые метры. Встречаются субпослойные плоскости зеркал скольжения, подвороты слоев, мелкие опрокинутые и S-образные складки волочения с амплитудами до первых дециметров, которые фиксируют межслоевые сдвиги. В керне наблюдаются также нарушения нормального субгоризонтального залегания пластов в виде более крутых их падений до 10–15°, что интерпретируется как признаки флексур с амплитудами до первых метров. Они связаны

с пластичными пластами мергелей и приурочены к малоамплитудным сбросам.

Отмеченные нарушения, сближенные в пределах первых десятков метров, группируются в линейные зоны. Их порядок устанавливается по мощности, интенсивности проявлений и протяженности. По данным бурения ширина влияния разломов, вмещающих дайки долеритов, достигает 400–600 м, протяженность — километров. Мелкие разломы представлены единичными тектоническими швами мощностью первые десятки метров и прослеживаются на сотни метров. Все разломы имеют кулисное строение, что устанавливается по раздувам и пережикам мощностей указанных тектонических нарушений. Во многих местах они отчетливо совпадают с крупномасштабными магнитными и сейсмическими (высокочастотное зондирование) аномалиями. На ряде участков признаки тектонических нарушений фиксируются исключительно по данным документации керна. Так различаются явные и скрытые нарушения.

Среди локальных тектонических нарушений выделены две группы, сформированные в условиях горизонтального растяжения и сжатия. Они близки к однотипным деформациям, описанным ранее [6, 12, 13, 15]. К раздвиговым нарушениям первой группы относятся сбросы с амплитудами от дециметров до 20–30 м, зафиксированные в стенках карьеров и установленные в геологических профилях. Они сопровождаются: ступенчатыми зеркалами скольжения с крутопадающими плоскостями и бороздами; микросбросами, плоскости которых часто выполнены кальцитом; флексурами, крылья которых прослежены на протяжении первых метров; тектоническими брекчиями карбонатных пород с кальцитовым, включая друзовые выделения, цементом; зонами тектонической трещиноватости, выполненными кальцитом, доломитом, пиритом или гипсом. Предполагается, что сбросовые деформации преобладали во время регионального гори-

зонтального растяжения при раскрытии раздвигов Виллойско-Мархинской глубинной зоны и внедрении девонских силлов и даек долеритов. Дайковые тела среднепалеозойских траппов фиксируют осевые зоны нарушений этого типа и отчетливо картируются по магнитометрии. В центральной части Накынского поля они сформировали каркас северо-восточных и субмеридиональных северо-западных разломов (Северный, Южный, Ботуобинский, Дьяхтарский, Западный, Восточный), отражающих узел пересечения Виллойско-Мархинской и Средне-Мархинской зон глубокого заложения.

Нарушения, обусловленные горизонтальным сжатием, включают взбросовые, сдвиговые и складчатые деформации, в том числе взбросы и сдвиги с амплитудами в первые метры, которые устанавливаются при документации карьеров кимберлитовых трубок. При изучении керна устанавливаются микродеформации и новообразования — опрокинутые антиклинальные складки и S-образные складки волочения; субвертикальные и межпластовые зеркала скольжения с горизонтальной ориентировкой борозд, милониты; нитевидные субвертикальные прожилки и их субпластовые микрораздувы, выполненные кальцитом, пиритом, реже целестином, баритом, доломитом или гидрослюдой; субпослойные метазернистые и клиновидно-зубчатые прожилковые выделения пирита; субвертикальные сутуро-стилолитовые швы; участки интенсивной перекристаллизации карбонатных пород; зонки микроразвальцевания оолитов. Основные деформации горизонтального сжатия, очевидно, сопровождали становление кимберлитов, эксплозивных брекчий базальтоидов и других флюидизитов. Это обосновано приуроченностью сдвиговых деформаций к зоне Диагонального разлома, контролирующего тела кимберлитов Накынского поля; выполнением кимберлитовыми жилами плоскостей микровзбросов; директивными текстурами обломков кимберлитовых брекчий, расположенных параллельно их тектоническим контактам; параллельной тектоническому контакту флюидалностью в порфириновых кимберлитах. Для Накынского поля этот этап определен как поздний девон — ранний карбон [14].

Независимыми признаками разломов являются линейные формы древнего карста. Они развиваются в зонах сближенных тектонических швов и слагают в плане более широкие полосы. Карстовые образования перекрыты юрской толщей и представлены различными элювиальными, делювиальными и флювиальными отложениями. Связь древних карстовых образований с разломами устанавливается по следующим фактам. В каждом из вскрытых раз-

резов с крупными карстовыми полостями наблюдаются те или иные признаки разломов. В крупных обломках, выполняющих карстовые полости, обычно можно найти прожилки кальцита, реже кливажные тектонические трещины. В коренных породах основания карстовых полостей, как правило, отмечается тектонический кливаж, затрагивающий крепкие сгустковые или оолитовые известняки. В плане хорошо согласуются позиции крупных карстовых полостей и провалов и тектонических швов.

Минералого-геохимические признаки разломов Накынского поля отражены в закономерном размещении ореолов вторичного пирита, барита, целестина и кальцитов, обладающих красной фотолюминесценцией. Повышенное количество кальцитовых прожилков отмечается в экзоконтактах даек и силлов базитов, щелочных базитов, иногда наблюдается метазернистая кальцитизация по массе породы. Об участии глубинных газов, прорыв которых сопровождал формирование кимберлитов, в проявлении кальцитовой минерализации свидетельствуют следующие факты. Часть кальцитовых прожилков встречается в ассоциации с такими же тектоническими нарушениями, что и жилы, и прожилки кимберлитов, распределяясь вдоль плоскостей микровзбросов и сдвиговых нарушений. На Мархинском рудопроявлении кальцитовые прожилки «заполняют» ортогональную систему сдвиговых нарушений, контролирующих кимберлиты. Наблюдалось ответвление кальцитовых прожилков от жил порфириновых кимберлитов и кимберлитовых брекчий. В экзоконтактах трубок Ботуобинская и Нюрбинская обнаружено повышенное количество кальцитовых прожилков и жезд. Подобная кальцитизация ранее описана в околотрубочном пространстве кимберлитовых месторождений Мирнинского и Далдыно-Алакинского полей [10]. Таким образом, кальцитовая минерализация связана с девонским этапом тектономагматической активизации. Имеющиеся материалы указывают на ее полигенность и полихронность.

Исследованы люминесцентные особенности кальцитов. Известно, что фотолюминесценция (ФЛ) карбонатов является их типоморфным признаком; для многих цветов ФЛ кальцитов определены ионы-люминогены, отвечающие за ФЛ данного типа [2]. По ФЛ во внешне гомогенных кальцитовых прожилках устанавливается до пяти различно люминесцирующих генераций. Наблюдаются красные, оранжевые, желтые, голубые, белые и фиолетовые цвета ФЛ. Часто встречается красная, оранжевая, желтая, белая фосфоресценция кальцитов длительностью до 3–4 с.

Как правило, красная фотолюминесценция

кальцитов связывается с изоморфной примесью Mn^{2+} [1]. На основании данных изучения типоморфных особенностей кальцитов из различных образований (от осадочных кальцитов марганцевых месторождений до гидротермальных и карбонатитовых) можно выявить причины, влияющие на изоморфное вхождение марганца в структуру кальцита. Первые три (повышенные температуры минералообразования, флюидное, литостатическое или тектоническое давление и активность марганца в растворе) априори равновероятны, четвертая (автоколебательные процессы самоорганизующихся систем) носит гипотетический характер.

При однородном геологическом строении кальцитовая минерализация с повышенной примесью двухвалентного марганца в любом случае должна быть связана со скрытыми тектоническими нарушениями, по которым разгружались горячие флюиды или глубинные рассолы. Изучение составов кальцитов с различными цветами ФЛ по однородно люминесцирующим монофракциям и зональным прожилкам с применением методов ЭПР-спектроскопии, рентгенорадиометрического анализа показало, что кальциты с красной ФЛ отличаются повышенным содержанием ионов Mn^{2+} . Различные концентрации железа — элемента-гасителя фотолуминесценции [2, 11] — не оказывают влияния на интенсивность последней.

Детальное картирование в м-бах 1:2000–1:10 000 показывает, что кальциты с красной ФЛ фиксируются в экзоконтакте даек долеритов и кимберлитов. Также наблюдается хорошее пространственное совпадение ореолов кальцитов с красной ФЛ со структурными узлами, вмещающими кимберлиты и тела щелочных базитов, скрытыми сдвиговыми структурами.

Результаты изучения флюидных включений в кальците и целестине в сростках с кальцитом (лаборатория ИГЕМ РАН, аналитик Л.А.Дорожкина) показали, что флюид был гетерогенным, состоящим из раствора и углекислотного флюида. Присутствие сингенетичных водно-солевых и азотно-углекислотных включений позволило рассчитать давление по методу Калюжного по пересечению изотерм, определяемых температурой гомогенизации водно-солевых включений, и изохор, построенных по плотности (или молярному объему) включений азотно-углекислотного флюида. Для кальцитов из сдвиговых нарушений, в том числе и из Диагонального разлома, получены высокие температуры гомогенизации, в среднем 270–300°C. По этим данным выделяются три типа растворов: низкоминерализованные хлоридно-натриевые и хлоридно-магниево-натриевые и рассольные.

В кальцитах с красной и оранжевой ФЛ, содержащих марганец >1500 г/т и $Mn^{2+} >40 \cdot 10^{17}$ сп/гр, чаще встречаются относительно высокие значения $\delta^{13}C$ (–3,5, –2,0, –2,8, –3,0 ‰) и $\delta^{18}O$ (17,7, 16,7, 16,6 и 16,3‰) по сравнению с кальцитами с другой ФЛ. Такие изотопные тренды прежде всего следует связывать с более высокобарическими условиями образования этих кальцитов. В меньшей мере они фиксируют изменения температурного режима, поскольку изотопный состав кислорода варьирует незначительно и, более того, растет для кальцитов с красно-оранжевыми цветами ФЛ. Кроме того, выявленные вариации $\delta^{13}C$ и $\delta^{18}O$ можно объяснить участием в минералообразовании различных газов и воды. Кальциты с фиолетовой ФЛ, характерной для органического вещества, отличаются легким изотопным составом углерода. Особо легкий изотопный состав углерода ($\delta^{13}C = -28,1$ и $-16,7$ ‰) зафиксирован в пробах с сине-фиолетовой и зеленоватой бело-голубой ФЛ соответственно, что указывает на участие в минералообразовании органического вещества.

Только для вторичных кальцитов из зоны Диагонального разлома и околотрубочного пространства характерны кальциты с голубой ФЛ. Голубая ФЛ связывается с примесью Eu^{2+} , которая считается репером мантийных образований [11].

Как показано выше, внешне однородная кальцитовая минерализация палеозойского этапа полистадийна. Установлены различные источники CO_2 и вод, участвовавших в минералообразовании. Кальцитовая минерализация кимберлитовмещающих и кимберлитоконтролирующих сдвиговых нарушений имеет качественные геохимические особенности.

В пределах центральной части Накынского поля выявлены своеобразные доломитовые, кальцит-доломитовые прожилки, содержащие подчиненное количество оскольчатых кварцевых зерен, алюмосиликатного вещества, иногда листочков хлорита, обломочки микрокварцитов и вулканического стекла. Наличие микрообломков вулканического стекла с вкрапленниками плагиоклаза и директивное расположение остроугольных кварцевых зерен параллельно контактам прожилков позволили отнести данные образования к флюидизитам, т.е. к интрузивным туфам.

Макроскопически данные образования представлены зелеными и грязно-зелеными прожилками мощностью от первых миллиметров до 1 см. О возможной парагенетической связи флюидизитовых прожилков с кимберлитами могут свидетельствовать их взаимопереходы. Так, в скв. Д-71 наблюдался прожилок кимберлита, который на протяжении

полуметра выклинивался вверх. В нижней его части в карбонатизированном цементе отмечались листочки флогопита и очень мелкие зерна пиропса, в верхней — прожилок был неотличим от кальцит-доломитового агрегата флюидизита. Подобные прожилки флюидизитов, ответвляющиеся от кимберлитов, фиксировались на Нюрбинском и Ботуобинском месторождениях. Они часто встречаются в ассоциации со взбросовыми и сдвиговыми тектоническими нарушениями, как и прожилки кимберлитов. Прожилки, как правило, развиты в пределах структурных узлов размером 700×1800 м, которые вмещают кимберлиты и (или) брекчии щелочных базитов. В некоторых узлах прогнозируются не выявленные кимберлиты.

В карбонатных породах распространена пиритовая минерализация. Пирит из реликтов триас-юрской коры выветривания не рассматривается. Очевидно, он образовался из восстановительных вод юрского угленосного бассейна. Возраст основной пиритовой минерализации определен по частой ассоциации пиритовых прожилков с кальцитовыми. Иногда пирит — более ранний по отношению к кальцитовым прожилкам, иногда — более поздний. Ореолы пиритизации встречаются в экзоконтакте даек базитов, тел щелочных базитов и кимберлитов. На Мархинском рудопроявлении пиритовые прожилки и ореол пиритизации в целом укладываются в ортогональную систему нарушений (по Диагональному разлому и поперечным к нему нарушениям).

В основе расшифровки генезиса пиритов лежат данные о приуроченности пиритовой минерализации к определенным уровням в разрезе, контроле ее размещения литологическим составом пород. Пирит тяготеет к экранам более глинистых известняков и доломитов; метазернистые пириты формируют своеобразные текстуры типа колец Лизеганга. В пределах центральной части Накынского поля ореолы пиритизации распространены крайне неравномерно и прослеживаются в экзоконтакте эндогенных образований всех типов. Метазернистая пиритизация часто сопровождается флюидизитовыми прожилками. В шлифах наблюдаются коррозионные соотношения пирита с обломочными зернами кварца. На Мархинском и Ботуобинском месторождениях ореол прожилковой метазернистой пиритизации пространственно совпадает с ориентировкой кимберлитовмещающих сдвиговых нарушений. Тонкие прожилки и метазернистые пиритовые образования встречены в микронарушениях плоскости Диагонального разлома.

Выполненные изотопные исследования серы пиритов по Накынскому полю показали, что $\delta^{34}\text{S}$

близки к нулю ($-5 \dots +3\%$). Такие значения изотопов характерны для метеоритной серы, встречены в глубинных включениях в кимберлитах [4, 5], и приближаются к таковым в пробах вторичных пиритов из экзоконтакта трубки Ботуобинская (скв. В-32-22, глубина 158 м, $\delta^{34}\text{S}=+5,8\%$), в дальнем околотрубочном пространстве той же диаграммы (скв. 523-439, глубина 155 м, $\delta^{34}\text{S}=+7,1\%$). Важно отметить, что эта скважина расположена в оси рудоуплотняющего Диагонального разлома.

Вышеизложенные факты позволяют предполагать, что пиритизация связана с диффузией сероводорода в ослабленных структурных узлах. В целом она отвечает палеозойскому этапу тектономагматической активизации.

Прожилки барита и целестина пространственно ассоциируют с участками сдвиговых деформаций. Они часто выполняют плоскости послонных зон дробления, ряд прожилков установлен в плоскости Диагонального разлома на Мархинском объекте, на фланге Ботуобинского месторождения, рядом с жилой порфировых кимберлитов в Диагональном разломе между Ботуобинским и Нюрбинским месторождениями, послонные кальцит-целестиновые прожилки — в экзоконтакте Нюрбинской диаграммы. Намечается несколько уровней распространения целестиновой минерализации в разрезе. Однако в пределах Диагонального разлома крутопадающие и субпослонные прожилки барита и целестина встречаются на меньших глубинах.

Изотопные составы стронция из проб целестина, отобранных вблизи Нюрбинской диаграммы из кимберлитовмещающих сдвиговых нарушений и на Ханнинской поисковой площади из послонных прожилков в сдвиговых нарушениях, идентичны ($^{87}\text{S}/^{86}\text{Sr} 0,7089 \pm 0,0001$). Эти значения и резкое их возрастание по мере удаления от кимберлита ($0,710-0,754$) существенно отличаются от таковых для карбонатных пород, вмещающих кимберлиты некоторых полей Якутии [8]. Отметим, что полученные значения являются промежуточными.

В целестине однофазные вакуоли имеют азот-углекислотный состав. Присутствие существенно газовых включений, сингенетичных двухфазным газ+раствор, указывает на то, что минералообразующая система временами была гетерогенной и состояла из водно-солевого и углекислотного флюидов. В первичных флюидных включениях температура плавления эвтектики варьирует в узком интервале $-60,8 \dots -54,9^\circ\text{C}$, что соответствует эвтектике водно-солевой системы $\text{CaCl}_2\text{-NaCl-H}_2\text{O}$ (теоретическое значение $-55,0^\circ\text{C}$). Следовательно, основной компонент раствора — CaCl_2 , но возможно

присутствие других катионов. Концентрация раствора 20,2–20,5 мас.%, экв. NaCl. Поэтому растворы, участвующие в минералообразовании, относятся к высокосоленым. Изучение флюидных включений в целестинах и баритах из сдвиговых нарушений, в том числе из Диагонального разлома, позволило оценить температуры минералообразования в 200–430°C, а давление в некоторых случаях составляло 1560 бар. Учитывая небольшой (до 300 м), по данным БГРЭ, реконструированный эрозионный срез на момент внедрения кимберлитов, такие высокие *PT*-оценки объясняются не столько литостатическим, сколько тектоническим давлением. Картирование целестиновой минерализации в совокупности с анализом литогеохимических данных также показало ее пространственную связь со сдвиговыми структурами, вмещающими кимберлиты Накынского поля.

Приведенные изотопные соотношения, ассоциация целестина с баритом, результаты термобарогеохимических исследований и картирования указывают на происхождение целестина из глубинных коровых гидротермальных растворов, ассимилировавших часть формационных стронциеносных соленых вод и рассолов.

Главной особенностью строения Накынского поля является наличие скрытой протяженной структуры — Диагонального разлома, выделенного геологами БГРЭ. Разлом очень слабо выражен в геофизических полях и лишь намечается по данным высокочастотного зондирования и детальной магнитометрии. В его пределах локализованы Ботубинское, Нюрбинское и Мархинское месторождения.

На участке Мархинского месторождения детально изучены скважины наклонного бурения по Диагональному разлому. Это позволило ориентировать в пространстве выявленные признаки тектонических нарушений: падение и простирание поверхностей отдельных сместителей, контактов кимберлитовых жил, борозд скольжения в плоскости нарушений и минерализованных трещин. На рудопроявлении встречены все основные петрографические типы кимберлитов — порфиновые кимберлиты, автолитовые кимберлитовые и кимберлитовые брекчии. Дайково-жильная форма тела позволила получить более представительный разрез Диагонального разлома, чем на известных месторождениях. В этой связи структура Мархинского месторождения представляется ключевой для понимания механизма формирования главной рудовмещающей структуры поля.

В зоне Диагонального разлома установлены характерные особенности нарушений. В его пределах

широко распространены признаки сдвиговых нарушений, выраженные в многочисленных зеркалах скольжения с горизонтальным расположением борозд. Преобладают крутопадающие плоскости, однако отмечаются и послонные зеркала скольжения. По керну наклонных скважин устанавливается юго-восточное падение разлома под углом 85–87°, что подтверждается бурением «вилки» двух наклонных скважин. Зона нарушений имеет мощность 40–110 м, ее увеличению соответствует наибольшая мощность кимберлитовой дайки.

В пределах участка все нарушения укладываются в три системы: крутопадающие взбросо-сдвиговые и сбросо-сдвиговые нарушения с простиранием, как у Диагонального разлома; нормальные к нему крутопадающие и субпослойные сдвиговые северо-западные нарушения; весьма редкие сбросовые нарушения северо-восточного простирания, юго-западного падения, параллельные Дьяхтарскому разлому.

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 порфириновых кимберлитах наблюдается флюидальность, которая параллельна тектоническому контакту. В одном из пересечений порфиривого кимберлита отмечен слабо смещенный обломок с зонкой расщепления, аналогичной по ориентировке нарушению в экзоконтакте жилы кимберлитов. Распространение в этой части площади выдержанной маркирующей пачки ордовикских мергелей с текстурами варвов, биотурбаций и взмучивания в ее основании позволило провести уверенную корреляцию разрезов. По нарушениям залегания пачки составлена схема блоковой тектоники участка (рис. 1). Ориентировка разломов, ограничивающих блоки, показана с учетом наблюдаемых в керне простираний нарушений.

В некоторых наклонных скважинах по расположению борозд скольжения и вертикальным амплитудам сдвиговых нарушений реконструировано направление смещения блоков нарушений. В скв. Д-М-3 на глубине 182 м реконструировано правосдвиговое смещение по одному из тектонических швов Диагонального разлома. Нарушение — сбросо-сдвиговое, северный блок разрыва приподнят, а южный — сброшен. Данное наблюдение подтверждает установленные мелкоблоковые перемещения (см. рис. 1). По наблюдаемой вертикальной составляющей амплитуд сдвигов и сбросо-сдвигов, ориентировке сдвиговых борозд в плоскости крутопадающего нарушения (от 90 до 75° к оси керна) мож-

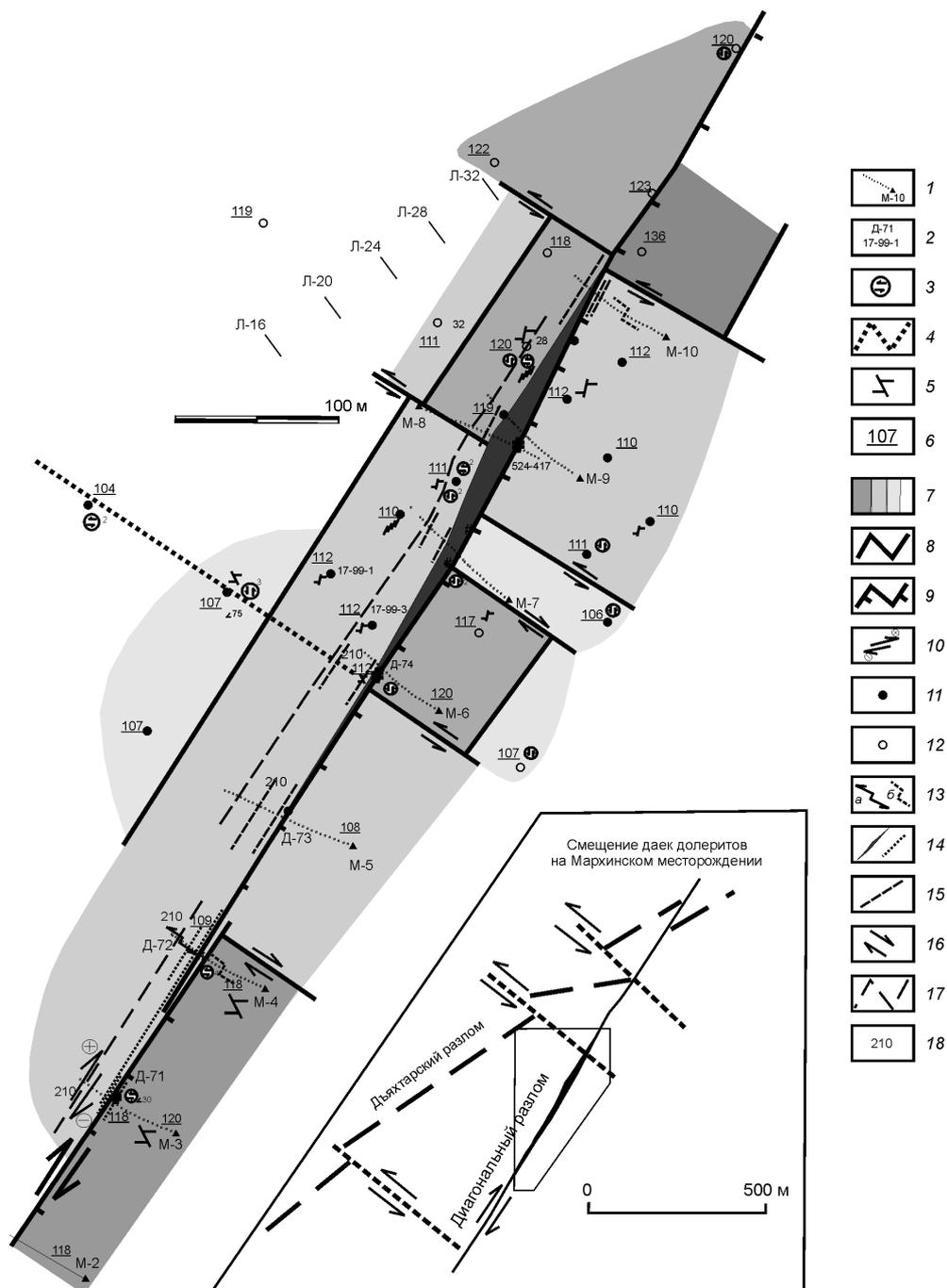


Рис. 1. Структурная схема Мархинского месторождения:

1 — наклонные скважины и их номера; 2 — вертикальные скважины и их номера; 3 — зеркала скольжения с горизонтальными бороздами (только в вертикальных скважинах); 4 — сдвиговые нарушения (только по керну); 5 — наклонные скважины с преобладанием взрывовых нарушений в плоскости Диагонального разлома; 6 — глубина залегания маркирующей пачки, м; 7 — блоки с различной глубиной залегания подошвы маркирующей пачки; 8 — разломы, ограничивающие блоки; 9 — основной шов Диагонального разлома (штрихи показывают его падение); 10 — фрагмент Диагонального разлома, на котором по керну установлено правое сбросо-сдвиговое смещение (знаки «+» и «-») — относительно приподнятые и опущенные блоки; 11 — вертикальные скважины с признаками обстановок сжатия (сутуро-стилолитовые швы, перекристаллизация пород); 12 — вертикальные скважины с признаками обстановок растяжения (карст, зияющие тектонические трещины); 13 — фрагмент северо-западного нарушения с левосдвиговой кинематикой (а) и сдвиговые северо-западные нарушения (б); 14 — кимберлитовая дайка и жилы; 15 — участки с признаками сдвиговых деформаций, нарушения, параллельные Диагональному разлому; 16 — предполагаемое смещение по сдвигам вдоль разломов, ограничивающих блоки; 17 — граница сдвиговой зоны Диагонального разлома; 18 — глубина залегания кровли глинистой пачки в разрезе верхнего кембрия

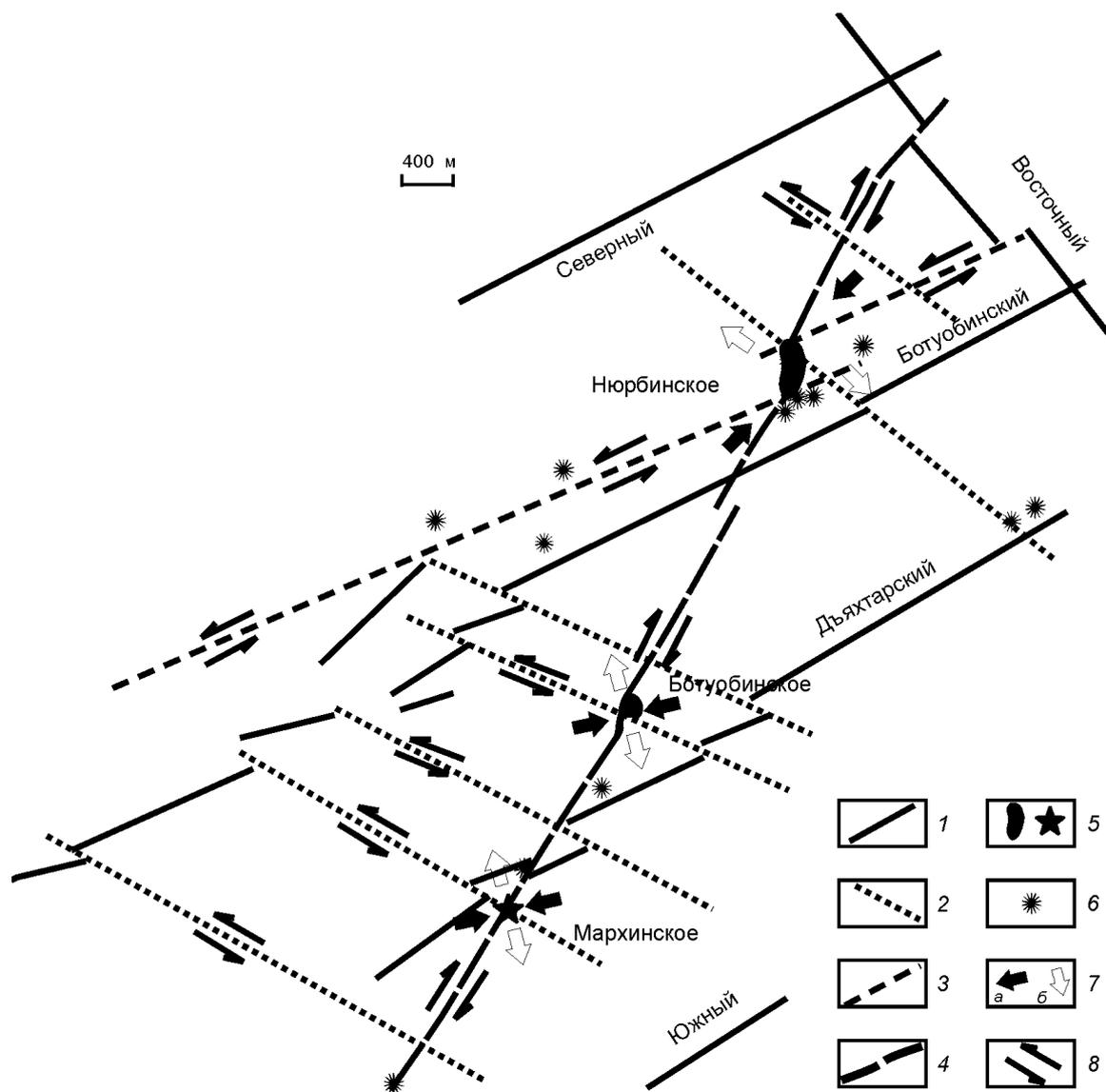


Рис. 2. Кимберлитоконтролирующие сдвиговые структуры центральной части Накынского поля:

1 — дайки Вилойско-Мархинской зоны разломов; 2 — поперечные кимберлитоконтролирующие сдвиги; 3 — продольные кимберлитоконтролирующие левые сдвиги; 4 — рудовмещающий Диагональный разлом, правый сдвиг; 5 — кимберлитовые тела; 6 — взрывы щелочных базальтоидов; 7 — предполагаемое положение осей сжатия (а) и растяжения (б) в проекции на горизонтальную плоскость; 8 — предполагаемые смещения блоков разрывов

но оценить амплитуды горизонтальных смещений вдоль Диагонального разлома на Мархинском рудопроявлении. Они составляют от 20 до 110 м. В скв. Д-М-4 на глубине 178 м установлено левосдвиговое нарушение с северо-западным простиранием, нормальным по отношению к Диагональному разлому.

В зоне Диагонального разлома фиксируется резкая дифференциация разрезов скважин по степени карстования. В осевой части разлома карст отмечается до глубин 140 м, а на расстоянии в первые десятки метров от разлома встречаются практически не затронутые карстом разрезы.

Приведенные факты свидетельствуют о сдвиговом типе главной рудовмещающей структуры поля, которая была заложена до внедрения кимберлитового расплава. Сдвиговые деформации обычно развиваются в условиях сжатия, однако одновременно в пространстве могут существовать локальные обстановки растяжения.

На рассматриваемом участке Мархинского месторождения откартировано распределение структур сжатия и растяжения. К структурам обстановок сжатия отнесены: вертикальные и пологие сутуростилолитовые швы, формирующие в некоторых разрезах парастилолиты; уплотненные и перекристаллизованные известняки и доломиты, бескарстовые породы. К структурам обстановок растяжения отнесены сильно закарстованные породы и зияющие трещины в незакарстованных известняках и доломитах. Признаки растяжения пространственно совпали с относительно опущенными блоками в пределах структуры, а признаки сжатия — с взброшенными блоками. В пределах наиболее изученной части рудопроявления признаки сжатия и растяжения локализованы в двух секторах. Установленные правые микросбросо-сдвиги по Диагональному разлому хорошо согласуются с блоковой тектоникой участка, составленной по смещениям маркирующей поверхности. Это предполагает правосдвиговую кинематику смещений по Диагональному разлому. Таким образом, фактически наблюдаемые признаки обстановок сжатия и растяжения занимают закономерную позицию относительно сдвигов. Мелкоблоковая структура, выраженная чередованием приподнятых и опущенных блоков, вероятно, отражает изменения объема и образование полостей для внедрения кимберлитового расплава в условиях латерального сжатия.

Картирование признаков разрывных нарушений в центральной части Накынского поля на площади около 80 км² и в пределах участков месторождений позволило установить два типа тектонических нарушений. Сбросовые ассоциируют с

проявлениями траппового магматизма раннего этапа, сдвиговые и взбросовые — с поздними кимберлитами и эксплозиями щелочных базитов. Полосы с признаками сдвиговых деформаций пересекают и местами смещают дайки как Виллойско-Мархинской, так и Средне-Мархинской систем. Ранее отмечалось закономерное смещение магнитных аномалий, связанных с дайками, также интерпретировавшееся как проявление послетрапповых сдвигов [9].

Кимберлитовые жилы выполняют плоскости микровзбросов, микросдвиговых нарушений и сколовых трещин без смещения. На тектонических контактах кимберлитов развиты зеркала скольжения с горизонтальным расположением борозд (см. рис. 1). На участках Мархинского и Ботуобинского месторождений откартированы сдвиговые нарушения, нормальные к простиранию Диагонального разлома. В пределах этих поперечных зон, помимо отмеченных, наблюдаются проявления сдвигов — послонные и вертикальные зеркала скольжения, складки волочения.

На западном и восточном контактах Нюрбинской диатремы откартированы S-образные милонитовые швы. Учитывая тектонические контакты трубки, в том числе в карьере, этот факт интерпретируется как формирование Нюрбинского месторождения в зоне сдвиговых нарушений. Кроме того, в околотрубочном пространстве откартированы кулисообразные сдвиги, субпараллельные дайке долеритов, выполняющей Ботуобинский разлом. В карьере Нюрбинского месторождения в юго-западной части трубки во вмещающих породах наблюдались системы вертикальных трещин с горизонтальным расположением борозд скольжения простиранием 10–20 и 300–310°, соответствующим отмеченным сдвигам. Эти факты интерпретируются авторами как доказательство регионального сжатия при формировании месторождений Накынского поля. Разломы кимберлитового этапа формировались как структуры с высокой долей сдвиговой составляющей в кинематике.

Картирование признаков нарушений по керну скважин по равномерной сети от 40×40 до 400×400 м, а также анализ данных магниторазведки позволил составить схему сдвиговой тектоники центральной части Накынского поля (рис. 2). Структуры всех месторождений связаны с раскрытием рудовмещающей Диагональной структуры в результате пересечения сдвигами, нормальными и косыми к ее простиранию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Велихова Н.А. Связь состава и некоторых физических

- свойств кальцита с условиями его образования: Автореф. дис... канд. геол.-минер. наук. – М., 1973.
2. *Горобец Б.С., Рогожин А.А.* Спектры люминесценции минералов. Справочник. – М., 2001.
 3. *Деформации кембрийских пород Мало-Ботуобинского района, вмещающих кимберлиты* / П.А.Игнатов, В.А.Ивашин, В.И.Старостин и др. // Руды и металлы. 1997. № 2. С. 40–46.
 4. *Илупин И.П., Ваганов В.И., Прокопчук Б.И.* Кимберлиты. Справочник. – М.: Недра, 1990.
 5. *Касьмова Ф.И.* Геолого-геохимические условия образования алмаза по данным изучения термобарогеохимии минералов-индикаторов из кимберлитов Якутии: Автореф. дис... канд. геол.-минер. наук. – М., 1994.
 6. *Никитин Б.М.* Деформации вмещающих пород при формировании кимберлитовых трубок // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1980. № 11. С. 41–49.
 7. *Новые приемы оценки локальных площадей на коренные месторождения алмазов* / П.А.Игнатов, Я.И.Штейн, С.Д.Черный и др. // Руды и металлы. 2001. № 5. С. 32–43.
 8. *О систематике изотопов стронция в кимберлитах Якутии* / С.Б.Брандт, Б.М.Владимиров, М.Н.Масловская и др. // Советская геология. 1982. № 1. С. 94–103.
 9. *Перспективы выявления новых кимберлитовых тел в юго-восточной части Якутской алмазоносной провинции* / И.И.Божевольный, А.В.Минаков, С.Д.Черный и др. // Геология, закономерности размещения, методы прогнозирования и поисков месторождений алмазов и других полезных ископаемых. Мирный, 1998. С. 235–237.
 10. *Потвняк И.В., Мязь Н.И.* О возможности применения метода декрепитации в практике поисков скрытых кимберлитовых тел // Минералогический сборник Львовского ГУ. 1979. № 32/2.
 11. *Портнов А.М., Горобец Б.С.* Люминогены — индикаторы режимов минералообразования в стратифицированной земной коре // Докл. АН СССР. 1981. Т. 261. № 2.
 12. *Структурный контроль кимберлитовых тел Мало-Ботуобинского района* / А.С.Гладков, Н.Н.Зинчук, С.И.Шерман и др. // Геология алмаза — настоящее и будущее (геологи к 50-летию юбилею г. Мирный и алмазодобывающей промышленности России). Воронеж, 2005.
 13. *Тектонофизический подход к анализу структурного контроля алмазоносных кимберлитовых трубок (на примере трубки Айхал)* / А.С.Гладков, К.Ж.Семинский, С.А.Борняков и др. // Проблемы прогнозирования, поисков и изучения месторождений полезных ископаемых на пороге XXI века. Воронеж, 2003.
 14. *Уточнение возраста кимберлитов Накынского поля* / В.И.Шаталов, В.Т.Тарабукин, В.С.Боланев и др. // Отечественная геология. 1999. № 4. С. 3–4.
 15. *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.