

7X 14605

Том 402, Номер 3

ISSN 0869-5652

Май 2005



ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК

<http://www.maik.ru>



“НАУКА”

ГЕОЛОГИЯ

УДК 551.243

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ВНУТРЕННЕМ СТРОЕНИИ И МЕХАНИЗМЕ ОБРАЗОВАНИЯ ЗОН КИМБЕРЛИТОВМЕЩАЮЩИХ РАЗЛОМОВ МАЛО-БОТУОБИНСКОГО РАЙОНА (ЯКУТСКАЯ АЛМАЗОНОСНАЯ ПРОВИНЦИЯ)

© 2005 г. А. С. Гладков, Н. Н. Зинчук, С. А. Борняков, С. И. Шерман, А. В. Манаков,
В. А. Матросов, М. Н. Гарат, И. А. Дзюба

Представлено академиком В.Е. Хаиным 09.11.2004 г.

Поступило 17.11.2004 г.

Вопрос структурного контроля алмазоносных кимберлитовых тел зонами разноранговых разломов платформенного чехла не может быть решен без выяснения общих закономерностей их внутреннего строения и механизма формирования. Весьма перспективным в этом плане является комплексный подход, базирующийся на совокупности тектонофизических методов, позволяющих получать принципиально новую информацию о внутреннем строении кимберлитовмещающих разломных зон. В настоящей работе представляются новые данные комплексных тектонофизических полевых и экспериментальных исследований зон разломов Мало-Ботуобинского района Якутской алмазоносной провинции, в пределах которых локализованы кимберлитовые трубки Мир, Интернациональная, Дачная, Таежная и т.д. [1].

Основным элементом разломной структуры Мало-Ботуобинского района является Вилуйско-Мархинская зона разломов. В фундаменте платформы она состоит из серии субпараллельных, сближенных в пространстве разрывных нарушений субмеридионального направления (рис. 1а), которые уверенно картируются сейсморазведкой по горизонту КВ. В потенциальных полях нарушения имеют вид линейных положительных аномалий различной интенсивности. Региональные разломы фундамента проявляются и в фанерозойском платформенном чехле как линейные зоны шириной до 2,5–3 км с густой сетью локальных разрывов. Внутреннее строение этих зон мало изучено несмотря на то, что именно в них размещены все обнаруженные к настоящему времени алмазо-

носные кимберлитовые тела. Региональные разломы фундамента других направлений, отличных от описанного выше, проявлены в геофизических полях и рельефе менее отчетливо, фрагментарно, и это приводит к разным вариантам интерпретации их роли в контроле кимберлитовых тел. Одни исследователи считают, что существенную роль в контроле кимберлитовых тел играют разломы северо-западной ориентировки [2], тогда как другие приписывают такие контролирующие функции узлам пересечений северо-восточных и субмеридиональных разломов [3].

Для детализации и типизации (с точки зрения парагенетического анализа) структурных обстановок в пределах Вилуйско-Мархинской зоны на уровне верхней части осадочного чехла проведено изучение разломной тектоники с помощью метода спецкартирования [4]. Всего создано 60 точек наблюдения в отложениях палеозоя и мезозоя (в том числе 9 в карьерах трубок Мир, Дачная и Таежная), в пределах которых охарактеризовано в общей сложности около 4500 тектонических трещин и разноранговых разрывных нарушений. Установлено, что определяющую роль в тектоническом строении осадочного чехла играют субвертикальные и субгоризонтальные разрывные нарушения локального ранга. Первые, как правило, представлены зонами повышенной трещиноватости, грубого расщепления и дробления пород мощностью от первых до десятков, редко сотен метров. По своей пространственной ориентации наиболее многочисленными являются зоны север-северо-восточного простирания. Меньшую распространенность имеют зоны северо-западной и близширотной ориентировки с тенденцией разделения последних на восток-северо-восточные и запад-северо-западные.

Кинематика субвертикальных разрывов всех указанных ориентировок неясна. Наиболее отчетливо фиксируются малоамплитудные (первые – первые десятки сантиметров) вертикальные сме-

Институт земной коры
Сибирского отделения Российской Академии наук,
Иркутск

Якутское научно-исследовательское геологическое
предприятие ЦНИГРИ,
Мирный, Республика Саха (Якутия)

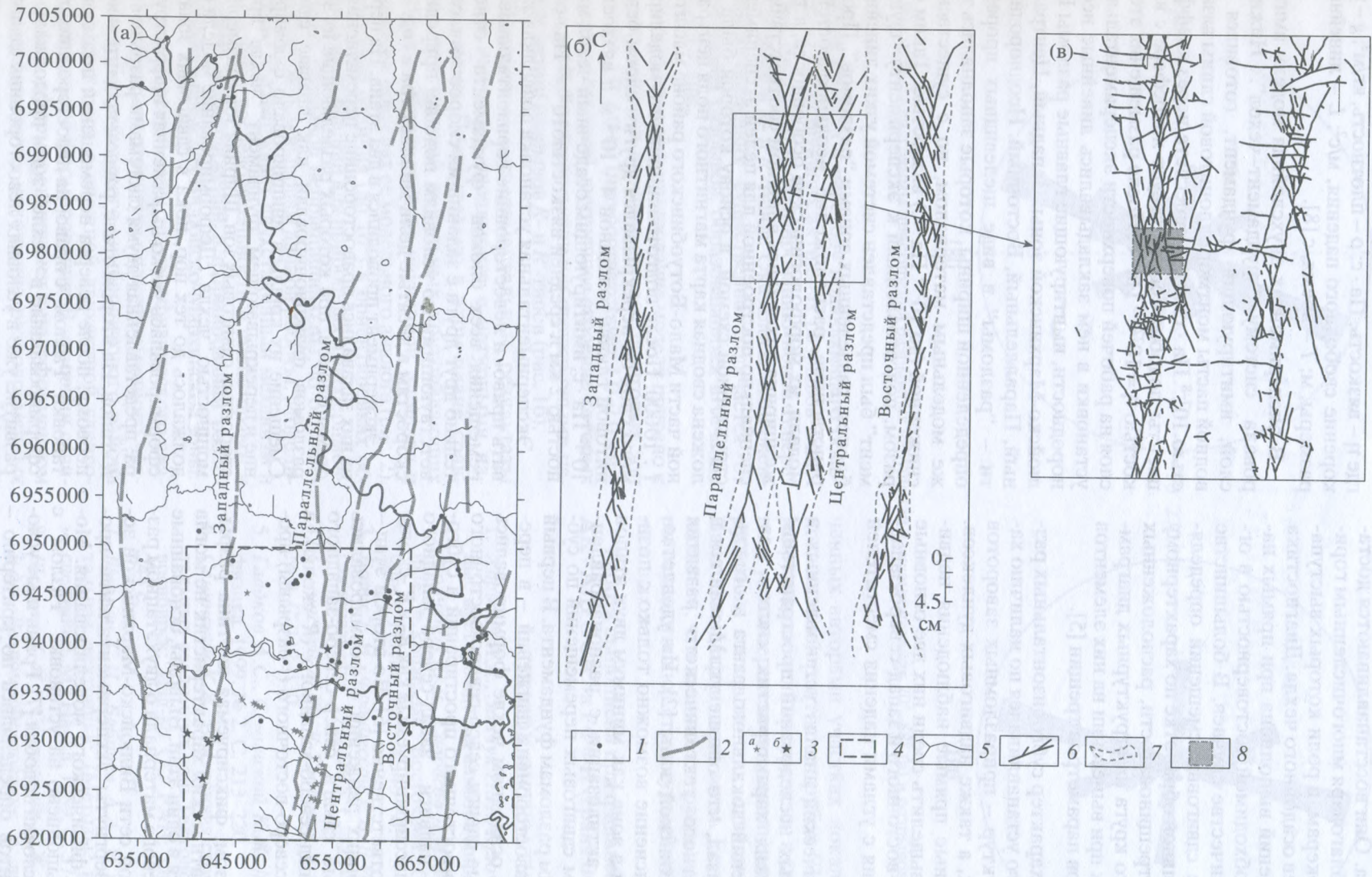


Рис. 1. Схема главных разломов и расположения точек полевых тектонофизических наблюдений на площади Мало-Ботубинского района (а) и результаты тектонофизического моделирования формирования этапов развития главных разломов района (б, в). 1 – точки полевых тектонофизических наблюдений; 2 – осевые линии разломов Вилюйско-Мархинской зоны; 3 – трубки: а – туфовые, б – кимберлитовые; 4 – участок, воспроизведенный на модели; 5 – реки; 6 – разрывы на поверхности модели; 7 – границы сдвиговых зон на модели; 8 – площадь возможного расположения трубки Мир.

щения – преимущественно сбросового, реже взбросового типа. Они восстанавливаются достаточно уверенно благодаря многочисленным горизонтальным маркерам, в роли которых выступают границы слоев осадочного чехла. Диагностика сдвиговых смещений выполнена при прямых наблюдениях с необходимой достоверностью в ограниченном количестве случаев. В большинстве случаев наличие сдвиговых смещений определялось при камеральной обработке по характерному рисунку поясов трещиноватости, расположенных по дуге большого круга на структурных диаграммах, получаемых при вынесении на них элементов массовых замеров параметров трещин [5].

Надвиговый характер субгоризонтальных разрывов чаще всего устанавливался по наличию характерных структур – приразломных заворотов слоев и складок, а также надвиговых дуплексов. Немногочисленные прямые наблюдения надвигов позволяли выделить среди них две основные системы северо-восточного и запад-северо-западного простирания с углами падения сместителей от 5° до 15° .

Тектонофизический анализ установленных в процессе полевых исследований пространственно-кинематических характеристик систем разрывных нарушений локального ранга в осадочном чехле показал, что они не укладываются в модель одноактного тектонического развития Виллюйско-Мархинской зоны [2]. Их удовлетворительное объяснение возможно только с позиций проявления в зоне как минимум двух этапов тектонической активизации с разнонаправленным характером сдвиговых перемещений по субмеридиональным разломам фундамента. В первый этап – этап правосторонних движений – в перекрывающем их осадочном чехле формировались субвертикальные сдвиги север-северо-восточного и восток-северо-восточного простираний и субгоризонтальные надвиги запад-северо-западного простирания, классифицируемые как R - и R' -сколы и t -разрывы соответственно [6]. Во второй этап – этап левосторонних движений – формировались субвертикальные сдвиги север-северо-западного (R -сколы) и запад-северо-западного (R' -сколы), а также надвиги северо-восточного (t -разрывы) простираний.

Таким образом, фиксируемая картина разрывов и их кинематических характеристик не могла сформироваться в один этап. Выводы, основанные на анализе полевого материала о двухэтапном развитии разломной сети Виллюйско-Мархинской зоны, были подвергнуты экспериментальной проверке методом физического моделирования. Моделирование выполнено на установке “Разлом” с соблюдением условий подобия [7]. Граничные условия экспериментов определялись по критерию – комплексу подобия:

$$\eta/\rho gLT = \text{const}, \quad (1)$$

где η – вязкость, Па · с; ρ – плотность, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/с²; L – линейные размеры, м; T – время, с [8].

В экспериментах двухслойная модель имитировала систему “фундамент–чехол”. Нижний слой, имитирующий фундамент, готовился из водной пасты монтмориллонитовой глины вязкостью 10^{7-8} Па · с, что в пересчете через коэффициенты подобия соответствует литосфере с вязкостью $\eta = 10^{22-23}$ Па · с. После размещения этого слоя на рабочей поверхности экспериментальной установки в нем закладывались линейные неоднородности, имитирующие главные разломы Виллюйско-Мархинской зоны: Западный, Центральный, Параллельный, Восточный. Неоднородности – “разломы” в виде щелевидных прорезей определенной ширины, которые заполнялись тем же модельным материалом, но с существенно сниженной (до 10^{3-4} Па · с) вязкостью. Таким образом, подготовленный к эксперименту “фундамент” был представлен системой узких линейных блоков, разделенных зонами “разломов”. Пространственное расположение неоднородностей в модели, их морфологические особенности, а также ширина находились в полном соответствии со специально построенной для целей эксперимента структурной схемой, в основу которой была положена сводная карта магнитного поля центральной части Мало-Ботубинского района масштаба 1 : 10000. После подготовки нижнего моделируемого слоя он перекрывался другим слоем бентонитовой глины толщиной $4 \cdot 10^{-2}$ м и вязкостью 10^{4-5} Па · с, имитирующим осадочный чехол мощностью 2 км и средней вязкостью 10^{19-20} Па · с.

Экспериментальная установка позволяла задавать право- и левосторонние горизонтальные перемещения всех блоков “фундамента” относительно друг друга с заданными скоростями, соответствующими по условиям подобия природным скоростям в десятые доли миллиметра в год.

Эксперимент проводился в два этапа. На первом из них задавались правосторонние перемещения системы блоков, при которых разделяющие их зоны разломов функционировали как правые сдвиги. Смещение их крыльев инициировало формирование в перекрывающем “фундамент” “чехле” правосторонних сдвиговых зон. Ширина зон соизмерима с мощностью “чехла”. Деформирование модели продолжалось до тех пор, пока в сдвиговых зонах не сформировалась четко выраженная инфраструктура, представленная двумя системами разрывов R - и R' -типов. На втором этапе, равном по длительности первому, после реверса перемещений штампов установки “Разлом” с право- на левосторонние, ранее сформированные в “чехле” зоны продолжали свое развитие уже в условиях левосторонних сдвиговых деформаций. Смена направления перемещения их

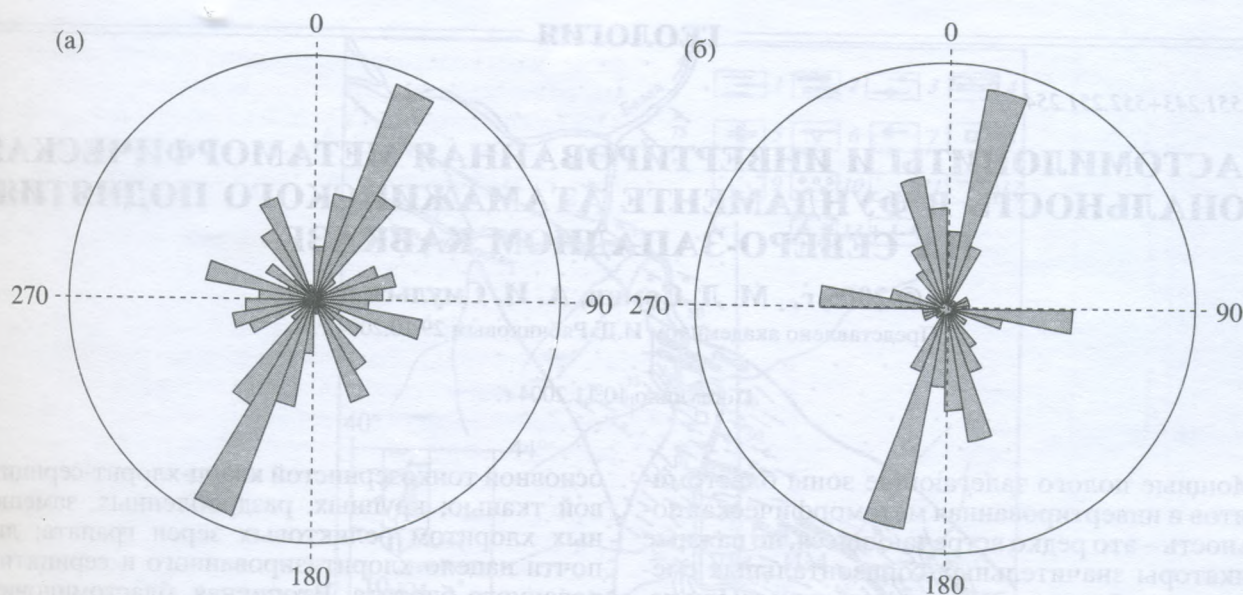


Рис. 2. Розы-диаграммы простираний разрывных нарушений с углами падения 70° – 88° (а) и разрывов на модели (б).

крыльев привела к переходу подавляющего большинства существующих активных разрывов в пассивное состояние и формированию новой генерации разрывов R - и R' -типов. Оказалось, что ориентировка последних существенно отличается от направлений разрывов, образовавшихся в течение первого этапа.

Двухэтапное деформирование модели привело к формированию в верхнем ее слое сдвиговых зон шириной 2.0–4.0 см (что соответствует 1.0–2.0 км в природном аналоге), внутреннее строение которых представлено разновременными структурными парагенезисами разрывов R - и R' -типов (рис. 1б).

Полученные экспериментальные результаты имеют неплохую сходимость с натурными наблюдениями. Показательно в этом плане сравнение простираний локальных крутопадающих разрывных нарушений на изученной площади и разрывов в пределах ее модельного аналога (рис. 2). Некоторые отличия (до 10°) в ориентировках основных направлений для природных и экспериментальных разрывов не принципиальны по отношению к основным выводам данной работы. Моделирование подтверждает двухстадийный механизм и намеченную последовательность в смене право- и левосдвиговых движений в формировании разломов чехла в пределах Вилюйско-Мархинской зоны.

В целом результаты тектонофизического анализа разрывной структуры платформенного чехла Мало-Ботуобинского кимберлитового района свидетельствуют о сложной двухактной сдвиговой природе его формирования. В строении сдвиговых зон, сформировавшихся в платформенном чехле, наблюдается наложение разновременных парагенезисов разрывов разных этапов. На изу-

ченных авторами участках локализации алмазных кимберлитовых трубок (Дачная, Таежная, Мир) рудные тела приурочены к сложно построенным узлам пересечения локальных разрывных нарушений, составляющих сдвиговые парагенезисы Вилюйско-Мархинской зоны. Есть все основания полагать, что именно эти разрывные парагенезисы осуществляют структурный контроль кимберлитовых тел.

Работа выполнена при финансовой поддержке АК «АЛРОСА» и РФФИ (грант 04-05-64348).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Харьков А.Д., Зинчук Н.Н., Крючков А.И. Коренные месторождения алмазов мира. М., 1998. 555 с.
2. Молчанов Ю.Д., Саврасов Д.И. Геология и полезные ископаемые Восточной Сибири. Новосибирск: Наука, 1985. С. 45–64.
3. Борис Е.И., Францесон Е.В. // Изв. вузов. Геология и разведка. 1992. № 5. С. 125–132.
4. Семинский К.Ж. // Геология и геофизика. 1994. № 9. С. 112–130.
5. Гладков А.С., Семинский К.Ж. // Геология и геофизика. 1999. № 2. С. 213–220.
6. Семинский К.Ж. Внутренняя структура континентальных разломных зон: Тектонофиз. аспект. Новосибирск: Изд-во СО РАН; Филиал Гео, 2003. 244 с.
7. Шерман С.И., Бабичев А.А. В кн.: Экспериментальная тектоника: (Методы, результаты, перспективы). М.: Наука, 1989. С. 57–77.
8. Шерман С.И., Семинский К.Ж., Борняков С.А. и др. Разломообразование в литосфере: Зоны сдвига. Новосибирск: Наука, 1991. 261 с.