

УДК 551.243+552.323.6

НОВЫЙ ПОДХОД К ОПТИМИЗАЦИИ ПРОГНОЗА ПРИ ПОИСКАХ АЛМАЗОНОСНЫХ КИМБЕРЛИТОВ

© 2004 г. В. А. Матросов, С. А. Борняков, А. С. Гладков

Представлено академиком С.В. Гольдиным 17.10.2003 г.

Поступило 30.10.2003 г.

На стадии организации детальных поисковых работ в пределах кимберлитовых районов перво-степенное значение имеют обоснование перспективности того или иного участка на обнаружение алмазоносных кимберлитовых тел и определение его границ.

В решении этих проблем традиционно используется преимущественно вещественный подход. По прямым или косвенным минералогическим критериям оценивается перспективность участка, а его границы устанавливаются с учетом ореолов рассеяния минералов-спутников и областей их возможного сноса. Роль структурных факторов – пликтивных и дизъюнктивных – в пространственном размещении кимберлитовых тел признается многими исследователями [1], однако до недавнего времени в рамках прогнозных оценок в рангах куст или трубка им отводилась второстепенная роль – как косвенных признаков.

В настоящем сообщении впервые в практике прогнозных построений предлагается для выделения и оконтуривания участков, перспективных на обнаружение алмазоносных кимберлитовых тел, использовать один из структурных факторов – разрывные нарушения. Новизна предлагаемого подхода состоит в количественном анализе у систем разломов таких базовых интегральных характеристик фрактальной геометрии и теории информации, как фрактальная размерность и информационная энтропия [2, 3]. В последние 10–15 лет фрактальная размерность широко используется в разломной тектонике как мера самоподобия разломных систем. В отдельных случаях она нашла применение при решении более сложных задач, связанных с оценкой степени деформации горных пород [4], прогнозом сульфидной рудоносности [5] и тектоническим районированием [6]. Информ-

ационная энтропия пока не нашла широкого применения в тектонических исследованиях. Известны лишь частные примеры ее использования для прогноза землетрясений [7], оценки устойчивости массивов [8], типизации золоторудных месторождений [9] и прогноза алмазоносности кимберлитов по геохимическим данным [10].

В качестве тестового полигона нами выбрано Мирнинское кимберлитовое поле, расположенное в южной части Якутской алмазоносной провинции. По геологическим и геофизическим данным для центральной его части была составлена схема разломов осадочного чехла (рис. 1). Основу схемы составляют данные интерпретации гравитационной съемки масштаба 1 : 50000 и наземной магнитной съемки масштаба 1 : 5000. Результаты сейсмических исследований использовались в ка-

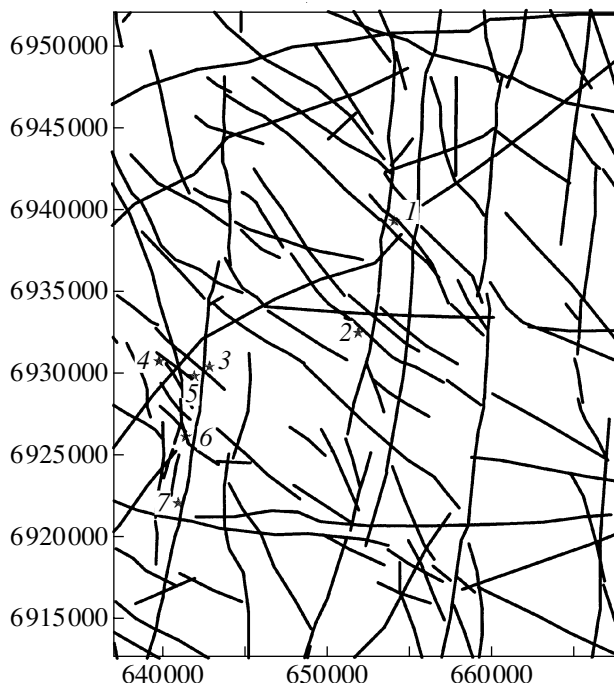


Рис. 1. Схема разломов центральной части Мирнинского кимберлитового поля.

Якутское научно-исследовательское геологоразведочное предприятие ЦНИГРИ, АК "Алроса", г. Мирный, Республика Саха (Якутия)
Институт земной коры Сибирского отделения Российской Академии наук, Иркутск

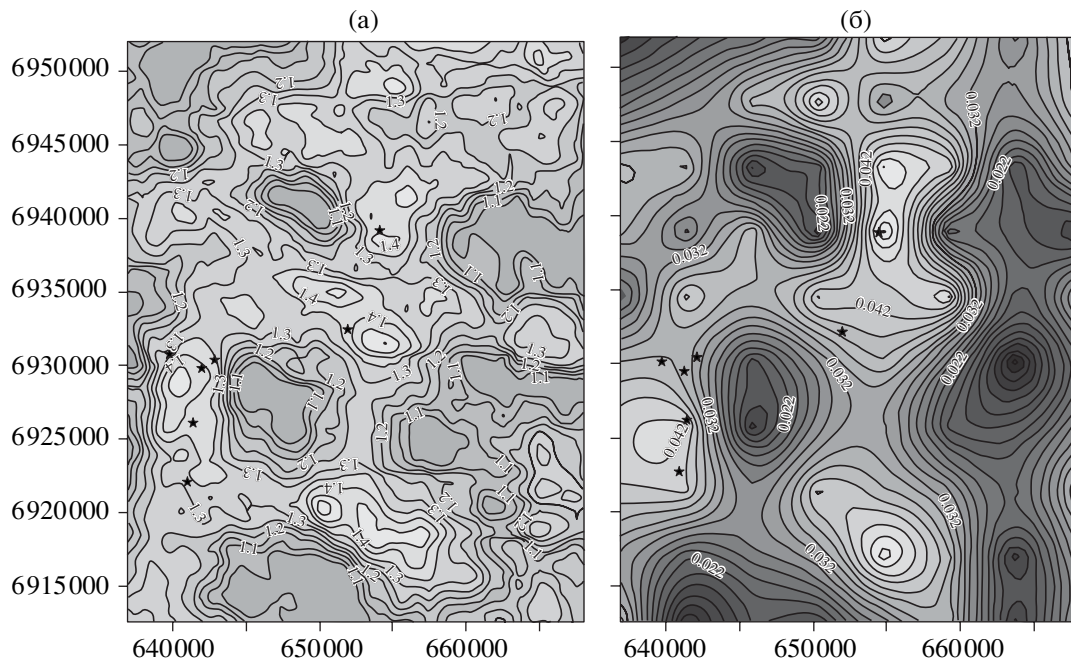


Рис. 2. Схемы распределения фрактальной размерности (а) и информационной энтропии (б) разломов.

честве контроля правомерности выделения тех или иных разломов и в дальнейших расчетах не участвовали. На картах локальных составляющих гравитационного и магнитного полей выбирались линейные аномалии, протяженность которых составляла более четырех профилей съемки. Основное внимание уделялось линейным слабоинтенсивным аномалиям магнитного поля. При ширине 50–100 м размер их по простиранию колеблется от 400 до 1800 м, а интенсивность составляет 3–6 нТл. Проведение буровых работ с комплексом ГИС и последующее моделирование магнитного поля позволило выявить природу подобных аномалий. Она связана с микроблоковым строением карбонатных пород нижнего палеозоя, обладающих различной намагниченностью и являющихся вмещающими по отношению к кимберлитам. Особенностью проявления подобных линейных аномалий является то, что они расположены, как правило, с западных сторон субмеридиональных рудоконтролирующих разломов Мирнинского кимберлитового поля. Все кимберлитовые тела района, за исключением трубки им. XXIII съезда КПСС, находятся также с западной стороны рудоконтролирующих разломов. Зоны локальных разрывных нарушений шириной до 10 м северо-восточного и северо-западного направлений исследованы в карьерах трубок Таежная и Дачная путем натурных измерений сотрудниками лаборатории тектонофизики ИЗК СО РАН (Иркутск).

Схема разломов положена в основу дальнейшего количественного анализа. Для нее были

рассчитаны фрактальная размерность D и информационная энтропия S_{inf} . Расчет фрактальной размерности D осуществлялся по методу клеточной размерности (box counting technique) с помощью специально разработанной программы. Базовый алгоритм программы:

$$D = \lg N_i / \lg r_i, \quad (1)$$

где N_i и r_i – соответственно число условно разрушенных пикселей и размер системы в единицах размера пикселей, используемых при i -й итерации. Для получения картины площадного распределения D в изолиниях ее расчет для исходного тестового полигона осуществлялся с использованием элементарной квадратной палетки размером 4×4 км, последовательно смещаемой по полигону с перекрытием 50%. Размер окна выбирался, исходя из мощности осадочного чехла в районе исследований, который составляет 2000 м. Аналогичным образом производился расчет информационной энтропии по алгоритму

$$S_{inf} = -\sum p_i \cdot \lg p_i, \quad (2)$$

где p_i – вероятность, определяемая из отношения суммарной длины разломов в палетке ($\sum l_i$) к их суммарной длине на тестовом полигоне ($\sum L$).

Полученные по результатам расчетов схемы для D и S_{inf} представлены на рис. 2. Анализ первой из них показывает дифференцированный характер пространственного распределения фрактальной размерности в пределах тестового полигона. Ее максимальные значения локализованы в по-

Таблица 1

№ п.п	Трубка	D	Среднее значение D	S_{inf}	Среднее значение S_{inf}
1	Мир	1.38	1.366	0.0495	0.0394
2	Дачная	1.37		0.0386	
3	Интернациональная	1.34		0.0365	
4	Им. XXIII съезда	1.36		0.0335	
5	Амакинская	1.41		0.0355	
6	АН-21	1.38		0.041	
7	Таежная	1.32		0.041	

ловых зонах, в границы которых попадают все известные месторождения алмазов. При этом все алмазоносные кимберлитовые трубки лежат в области значений $D = 1.32-1.41$, при среднем значении 1.366 (табл. 1, рис. 2а).

Аналогичная тенденция прослеживается и в характере пространственного распределения информации энтропии и приуроченности кимберлитовых трубок к интервалу ее повышенных значений 0.0335–0.041, при среднем значении 0.0394 (табл. 1, рис. 2б).

Приведенные выше количественные оценки в совокупности с накопленным авторами опытом тектонофизических исследований процессов разломообразования в литосфере [11 и др.] и результатами его апробации в пределах Якутской алмазоносной провинции [12 и др.] позволяют подойти к решению проблемы прогноза перспективных участков с позиции приоритета структурного фактора. Под структурным фактором в данном случае понимается совокупность систем разноранговых разломов фундамента и осадочного чехла, обеспечивающих транспорт и локализацию кимберлитовой магмы. При этом крупные (глубинные) разломы фундамента выполняют по отношению

к ней роль транспортных коридоров, а области активного динамического влияния этих разломов (ОАДВР) в осадочном чехле [13] определяют места ее локализации в нем (рис. 3). Можно утверждать, что пространственное распределение известных алмазоносных кимберлитовых трубок в пределах кимберлитовых полей не является случайным, а закономерно определено разноранговыми разломными структурами. При этом ОАДВР являются структурами первого порядка. Их ширина, в первом приближении, соизмерима с мощностью осадочного чехла [13]. ОАДВР имеют неоднородное внутреннее строение, выражающееся в закономерном чередовании по их простиранию максимумов и минимумов плотности разрывных нарушений [11, 13]. Наиболее нарушенные участки, являющиеся благоприятными для локализации кимберлитовых тел, как правило, представлены системами разноранговых разрывных нарушений, обладающих масштабной инвариантностью (самоподобием) и имеющих высокие значения фрактальной размерности D и информационной энтропии S_{inf} (рис. 3) [6, 14, 15]. Таким образом, пространственно обособленные в пределах ОАДВР совокупности разрывных нарушений – структуры второго порядка. Их границы могут быть определены на количественной основе по контуру изолиний минимальных и максимальных нормированных значений D и S_{inf} . Так, для Малоботуобинского кимберлитового района такими значениями для них, как показывает проведенное исследование, являются 1.32–1.41 и 0.0335–0.041 соответственно.

Внутреннее строение структур второго порядка в свою очередь тоже неоднородно и представлено дискретно распределенными структурами третьего порядка в виде отдельных разрывов или их парагенезисов.

Результаты изучения структурного контроля кимберлитовых трубок показывают, что структурами третьего порядка наиболее благоприятными для их локализации являются разломные узлы [12 и др.]. Это обстоятельство позволяет определить их как прогнозный критерий и целена-

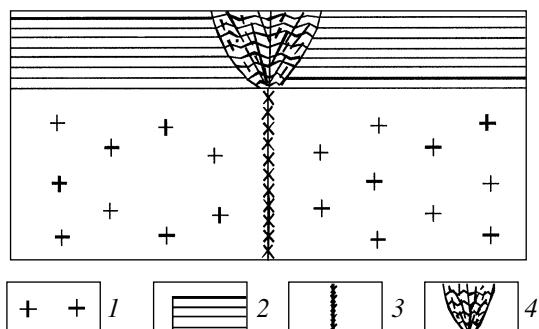


Рис. 3. Область активного динамического влияния глубинного разлома. 1 – фундамент; 2 – осадочный чехол; 3, 4 – осевая линия глубинного разлома (3) и его область активного динамического влияния (ОАДВ) в осадочном чехле (4).

правленно выделить площади первичного опоискования в пределах оконтуренных перспективных участков.

З а к л ю ч е н и е. Согласно современным представлениям о структуре кимберлитовых полей тектонические нарушения являются основным элементом, контролирующим пространственную локализацию кимберлитовых тел. Определение, в пределах контура изучаемого поля, участков внедрения кимберлитовых тел всегда было приоритетной задачей прогноза. Опробованный на Мирнинском кимберлитовом поле новый подход к выделению перспективных участков на основе анализа разрывной тектоники позволяет повысить вероятность прогнозных построений, выполненных с использованием другой информации, к примеру шлихо-минералогической. Создание схемы разломов для проведения расчетов возможно с использованием геолого-геофизической информации. Для картирования разноранговых разломов на закрытых территориях могут быть использованы мобильные геофизические методы, оснащенные высокоточной аппаратурой последнего поколения. Так как аномальные петрофизические характеристики горных пород в пределах одного нарушения видоизменяются, исследования должны носить комплексный характер.

Работа выполнена при финансовой поддержке АК "Алроса".

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ваганов В.И. Алмазные месторождения России и Мира. М.: Геоинформмарк, 2000. 112 с.
2. Mandelbrot B.B. The Fractal Geometry of Nature. N.Y.: Freeman, 1982. 480 p.
3. Зубарев Д.Н., Морозов В.Г., Рёнке Г. Статистическая механика неравновесных процессов. М.: Физматлит, 2002. Т. 1. 431 с.
4. Шерман С.И., Черемных А.В., Борняков С.А. и др. // Геология и геофизика. 2001. Т. 42. № 7. С. 1052–1057.
5. Горяинов И.Н., Грамберг И.С., Казакова В.Е. и др. // ДАН. 1990. Т. 315. № 2. С. 446–448.
6. Шерман С.И., Сорокин А.П., Черемных А.В. // ДАН. 2001. Т. 381. № 3. С. 388–392.
7. Акопян С.Ц. // ДАН. 1995. Т. 340. № 4. С. 531–535.
8. Вознесенский А.С. Физика и механика геоматериалов. М., 2002. С. 5–47.
9. Козаченко И.В. // Геология и разведка. 1983. № 2. С. 52–53.
10. Василенко В.Б., Хлестов В.В., Зинчук Н.Н. и др. В сб.: Проблемы алмазной геологии и некоторые пути их решения. Воронеж, 2001. С. 31–39.
11. Шерман С.И., Семинский К.Ж., Борняков С.А. и др. Разломообразование в литосфере: зоны сдвига. Новосибирск: Наука, 1991. 261 с.
12. Гладков А.С., Зинчук Н.Н., Шерман С.И. и др. Геологические аспекты минерально-сырьевой базы акционерной компании "Алроса": современное состояние, перспективы, решения. г. Мирный, 2003. С. 211–248.
13. Шерман С.И., Борняков С.А., Буддо В.Ю. Области динамического влияния разломов (результаты моделирования). Новосибирск: Наука, 1983. 112 с.
14. Борняков С.А., Шерман С.И. // Физ. мезомеханика. 2000. Т. 3. № 4. С. 107–114.
15. Борняков С.А., Гладков А.С., Адамович А.Н. и др. // ДАН. 2003. Т. 391. № 2. С. 250–253.