

# НАУКИ О ЗЕМЛЕ

## ПРОБЛЕМЫ ПРИ ПРОГНОЗЕ КИМБЕРЛИТОВОГО МАГМАТИЗМА И НЕКОТОРЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

*Серокуров Юрий Николаевич*

*доктор геолого-минералогических наук,  
ООО «Институт дистанционного прогноза руд»,  
г. Москва*

DOI: 10.31618/nas.2413-5291.2019.3.48.85

## PROBLEMS IN PREDICTION OF KIMBERLITE MAGMATISM AND SOME WAYS OF THEIR SOLUTION

*Serokurov Yu. N.*

*Doctor of Geological and Mineralogical Sciences,  
LLC "Institute of remote ore prognosis",  
Moscow*

### Аннотация

Рассмотрены причины снижения эффективности поисков алмазов, обусловленные как объективными факторами, так и нерешённостью ряда теоретических вопросов кимберлитового и алмазообразования, формах миграции и эволюции этих пород в земной коре, обоснования границ таксонов кимберлитового магматизма. Это осложняет формирование их прогнозно-поисковых моделей и порождает множественную интерпретацию фактических данных. Предлагается в качестве одного из путей выхода из кризиса шире использовать материалы дистанционных съёмок, которые имеются для любого участка планеты и позволяют формировать прогнозно-поисковые модели для оценки перспектив территорий мира с отличными ландшафтными характеристиками.

### Abstract

The reasons for the decrease in the efficiency of diamond prospecting caused by both objective factors and the unresolved number of theoretical issues of kimberlite and diamond formation, forms of migration and evolution of these rocks in the earth's crust, substantiation of the boundaries of kimberlite magmatism taxa are considered. This complicates the formation of their predictive-search models and generates a multiple interpretation of the actual data. It is proposed as one of the ways out of the crisis to use the materials of remote surveys, which are available for any part of the planet and allow to form predictive and search models to assess the prospects of the world's territories with excellent landscape characteristics

**Ключевые слова:** дистанционный прогноз; кимберлиты; магматизм; космические снимки.

**Keywords:** remote forecast; kimberlites; magmatism, space, images

В последние десятилетия остро стоит вопрос о снижении эффективности алмазопроисловых работ. Это объясняют их смещением в сложные или закрытые в геологическом плане территории, где информативность традиционного поискового комплекса, опирающегося на минералогические и геофизические методы, ориентированные на открытие кимберлитовых тел небольших размеров снижается.

Снижение эффективности шлихоминералогического метода в чехлах платформ связывают с тем, что выявляемые с его помощью погребённые ореолы минералов-спутников алмазов редко являются прямыми признаками кимберлитов из-за их формирования на конструктивной стадии развития регионов в прибрежно-морских обстановках, подверженных размывам в посткимберлитовый период развития территорий (Горев, 2014). Информативность магнитометрического метода падает при экранирующем влиянии перекрывающих терригенных комплексов с множеством объектов-помех и в полях развития траппов. Кроме того, значительное количество вновь открытых

кимберлитовых тел оказалось немагнитными. В качестве других причин низкой эффективности прогнозных и поисковых работ на алмазы следует рассмотреть и неоднозначные представления о процессах кимберлитового и алмазообразования, а также формах миграции и эволюции этих пород в земной коре.

Классические представления о происхождении эндогенных алмазов связаны с полиморфной трансформацией углерода на мантийных глубинах, что базируется на результатах термобарических декрипитационных исследований естественных алмазов и экспериментального их получения. Для доставки их к поверхности планеты рассматривают транзитную кимберлитовую магму, которая «пронизывала земную кору со скоростью курьерского поезда». Но критика этих представлений нарастает в связи с появлением данных о том, что алмазы могут образовываться не только при температуре 1200 – 1400° С и давлении 40 - 50 кбар на глубинах 150–200 км, но и в других условиях, в том числе и в коровых очагах (Антипин и др., 2018; Мальков, 1978; Трофимов, 1980; Карпов и др. 1998; Чекалюк, 1967; Сорохтин и др., 2002).

Множатся и гипотезы кимберлитообразования, среди которых фигурируют гидротермальные, метасоматические, космические, автокластические, флюидоэксплозивные, магматические. Столь широкий их круг свидетельствует о слабой информированности специалистов в отношении процессов, происходящих в коре и мантии.

Не менее многообразны и взгляды на процессы внедрения кимберлитов, где рассматривают модели газозрывную, интрузивную, магматического обрушения и диапирного всплывания. Все имеют достоинства и недостатки, но главное - в отсутствии надёжных доказательств. Следствием этого является отсутствие обоснования границ таких таксонов кимберлитового магматизма как «район», «поле» и «куст», что осложняет формирование их прогнозно-поисковых моделей на основе традиционных геолого-геофизических данных.

Очевиден кризис и в вопросах структурного контроля кимберлитового магматизма, где неоспорим лишь факт его приуроченности к древним платформам. Но в их пределах кимберлиты обнаружены в блоках с отличной историей развития (кратонах, тектонах, подвижных поясах) и, в связи с этим, логично предположить, что они не являются продуктом эволюции платформенных областей. То есть, кимберлитовый магматизм является наложенным процессом, которому комфортно развиваться в периоды разновозрастных временных всплесков, количество которых на разных платформах мира различно.

С точки зрения алмазопродуктивности предпочтение в пределах платформ традиционно отдают стабильным блокам с глубоким залеганием (более 150 км) или отсутствием (выклиниванием) астеносферного слоя, мощной (более 40 км) кристаллической корой и некоторым другим особенностям. В качестве более локальных критериев рассматривают участки разуплотнения, размагничения, повышенной проводимости и сейсмической гетерогенности кристаллической коры, обусловленные метасоматической её проработкой над очагами активизации. Но геофизические съёмки, необходимые для получения этой информации, на многих континентах отсутствуют.

Есть вопросы и к утверждениям о контроле кимберлитового магматизма глубинными разломами разного масштаба, структурами типа грабенов, авлакогенов и другими формами рельефа фундамента и платформенного чехла. Также неубедительно разделение этих структур на рудоконтролирующие и рудовмещающие, особенно в свете того, что алмазы встречаются лишь в 5 – 10 % найденных кимберлитовых тел. Слабая выраженность и безамплитудность глубинных разломов на большинстве уже изученных алмазоносных площадей спровоцировала даже появление в литературе термина «скрытый» разлом (зона разломов), которыми часто соединяют известные районы.

Детальные структурные исследования связи кимберлитовых тел с разломами в Якутии показали, что для каждого таксона при прогнозировании и поисках необходимо применять собственные тектонические модели, а достоверность информации о связи кимберлитов с определёнными тектоническими элементами *«оставляет желать лучшего, поскольку генетически она, за редким исключением, не доказана, а эмпирически – статистически не представительна»* [4].

Разработки новых методов решения прогнозно-поисковых проблем в алмазной геологии ведутся постоянно, но ощутимых успехов пока не принесли. Связано это, прежде всего, с отсутствием до сих пор чётко сформулированных понятий таксономического деления кимберлитового магматизма. Все традиционные формулировки сводятся к *«сообществам пространственно сближенных кимберлитовых тел»*, что очевидно лишает возможности оконтуривать искомые таксоны как объекты, имеющие единые геологические или геофизические признаки. Следствием такого положения является огромное количество предлагаемых геологами критериев прогноза разного ранга, информативность которых, как показала практика, крайне низка. В результате существует много ненадёжных прогнозных построений или их отсутствие, заменяемое словесными характеристиками о большей или меньшей перспективности той или иной территории.

Справедливо мнение И.И. и И.Ив. Антипиных [1], которые отметили, что *«продолжение прогнозирования на ложных представлениях и последующие поиски по их результатам не приведут к повышению результативности и эффективности алмазопроисковых работ. Нужны совершенно иные подходы, основой которых должны служить геолого-генетические модели, основанные на признаках на всем уровне кимберлитовой колонны от очага до поверхности. Задача может решаться только на стыке геологии, геофизики, геодинамики, геохимии, химии, физики»*.

Одним из направлений разработки новых критериев, базирующихся на выявлении источников, путей транспортировки и уровней трансформации энергии алмазообразования является анализ дистанционных съёмок планеты, которые фиксируют конечный результат совокупности геологических процессов становления и преобразования земной коры к настоящему времени. Современная поверхностная инфраструктура земной коры отражает распределение дискретных и площадных аномалий ландшафтов, которое обусловлено разноглубинными процессами активизации верхней мантии и земной коры. Уникальность этих материалов заключается в возможности использовать их в любом участке планеты и выявлять глубинные факторы структурного

контроля искоемых рудных таксонов на ранних стадиях работ; оценивать иерархическую соподчинённость этих структурных элементов; формировать из совокупности благоприятных факторов прогнозные модели, с помощью которых последовательно локализовать перспективные участки на базе материалов всё повышающейся детальности.

Программы прогноза и поисков алмазов включают обычно несколько стадий, в рамках

которых материалы космического зондирования Земли играют различную роль [6]. Наиболее эффективно их применение на первых этапах работ, когда расшифровывается тектоническое строение крупных регионов и уточняется взаимоотношение глубинных структур. На следующих этапах они выполняют вспомогательную роль в комплексе с другими методами.

Таблица 1

**СФЕРЫ ПРИЛОЖЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ КОСМИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ПРИ ПРОГНОЗЕ И ПОИСКАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛМАЗОВ В СВЯЗИ С КИМБЕРЛИТАМИ**

Ранг прогнозируемых таксонов	Этапы изучения и масштаб	Площадь	Материалы дистанционного зондирования	Традиционные материалы
Провинции, субпровинции, зоны	Структурное дешифрирование масштаба от 1:10 000 000 до 1:2 500 000	Млн. кв. км	Фототоланы из снимков «Метеор», NOAA, MODIS, цифровой рельеф ГТОРОЗО	Тектонические и геологические карты континентов, результаты космических измерений поля силы тяжести в редукции Фая
Районы	Структурное дешифрирование масштаба 1:1 000 000	Десятки тыс. кв. км	Фотопланы из снимков «Ресурс-Ф», «Landsat», цифровой рельеф STRM	Геологические и структурные карты, результаты гравимагнитных съёмки среднего разрешения
Поля	Структурное дешифрирование масштаба от 500 000 до 200 000	Тысячи – сотни кв. км	Сцены съёмки «Ресурс», МСУ-Э, МК – 4, ТК – 350, «Landsat». «SPOT» LISS, цифровой рельеф STRM	Аэромагнитная и гравиметровая съёмки, электроразведка, геологическая и геохимическая съёмка, структурное бурение
Кусты	Структурное и площадное дешифрирование масштаба от 100 000 до 10 000	Десятки кв. км	Интегральные КФС с разрешением от 10 до 1 м. Высотные АФС	Детальные магнитные аэросъёмки, наземные минералогические и геохимические съёмки, поисковое бурение.

Используемые нами технологии не предусматривают выделения конкретных геологических тел или объектов, что исключает применение сложных индикационных схем. Первичная обработка космических изображений заключается в выделение из исходного спектрального поля различных дискретных, тоновых и цветовых аномалий, которые затем анализируются в отношении их организационной взаимообусловленности и на этой основе выделяются признаки структур, контролирующих кимберлитовые таксоны искомого ранга.

Наиболее эффективно по материалам дистанционного зондирования выделяются структурные критерии, обусловленные очаговыми процессами в мантии и земной коре. Они и обеспечивают доставку магм и флюидов из верхней мантии к поверхности планеты и составляют основу дистанционных прогнозно-поисковых моделей разных рангов, с помощью которых выделяются перспективные участки для локализации «районов», «полей» и «кустов» кимберлитового магматизма.

Важное значение должно уделяться планомерному изучению и постоянному сравнительному анализу статистически значимого количества эталонов по вновь появляющимся материалам, что позволяет обоснованно говорить об устойчивости выявляемых критериев. Они должны представлять собой выдержанные и устойчивые элементы, которые можно перенести с эталонов на вновь оцениваемые территории независимо от развитых там ландшафтов.

Дистанционные материалы глобального уровня генерализации позволяют визуализировать следы активизаций планетарного и континентального ранга, а также намечать места подкоровой очаговой активизации на площадях в миллионы квадратных километров. Материалы среднего разрешения используются для уточнения их позиции и выделения следов менее глубинных очаговых процессов на площадях размером от 40 до 100 тыс. кв. км. Материалы высокого разрешения анализируются в комплексе с геофизическими съёмками на участках в сотни и десятки квадратных километров над средне- и верхнекоровыми очагами

активизации для оконтуривания площадей для поисков «полей» и «кустов» кимберлитового магматизма.

По результатам изучения ряда алмазоносных площадей мира в 2001 году была выдвинута гипотеза о приоритетном участии в их контроле очаговых активизационных процессов разной глубинности [5]. Комплексное (с использованием геолого-геофизической информации) обобщение полученных данных, а также возможность обрабатывать изображения с помощью специальных программ на компьютерах, позволило визуализировать и обосновать образы структур, контролируемых кимберлитовыми «районами», «полями» и «кустами» на современной поверхности. В нашем понимании – это участки земной коры над мантийными диапирами и внутрикоровыми очагами активизации, где реализованы условия, необходимые для миграции глубинных веществ к поверхности вне зависимости от того, являются ли они транспортёром алмазов с глубин или средой их роста в процессе эволюции. И в том, и в другом случае структурные признаки таксонов едины – это радиально-кольцевые системы, возникающие вследствие взрывного воздействия глубинной энергии на хрупкую вмещающую среду. Отличия лишь в размерах и степени проявленности этих структур в современных ландшафтах.

Последующее стремительное развитие космических съёмочных систем и методов обработки всё возрастающего потока информации с помощью компьютеров и разнообразных программ потребовало привлечения специалистов, способных их обслуживать, формировать электронные банки данных, преобразовывать первичные данные, извлекать из них искомые сигналы, сопоставлять данные и формировать итоговые схемы. То есть, совместный труд геологов, геофизиков, геоморфологов, программистов, обеспеченных быстро эволюционирующей технической базой, стал необходимостью, а прогнозно-поисковые модели для таксонов разного ранга – реальностью.

Проверка гипотезы осуществлялась в процессе изучения таких крупных регионов мира как Западная Якутия, северо-запад Восточно-Европейской платформы, северо-запад Канады, Южная и Западная Африка, северо-западная Австралия, Бразилия. Эффективность применяемой технологии была доказана тем, что во всех регионах все известные площади развития кимберлитов оказались в пределах аномалий совпадения благоприятных признаков по моделям ранга «район» кимберлитового магматизма. Были выделены и новые перспективные участки для поисков кимберлитов.

На ряде локальных площадей (Зимнебережная, Ондомозёрская, Усть-Понойская, Куусамо-Костомукшская, Малоботубинская, Далдыно-Алакитская, Среднемархинская, Хомпу-Майская, Ханкайская в России, Лесная Гвинея, Каколо, Сауримо-Лукапа, Ритфонтейн, Лесото в Африке) были проведены более детальные работы

с использованием материалов среднего и высокого разрешения, позволившие оконтурить известные «поля» и «кусты» кимберлитового магматизма, а также выделить участки, благоприятные для поисков новых. На ряде площадей оценочные наземные работы подтвердили присутствие кимберлитов, а для других установлено, что их перспективы исчерпаны, что и подтвердили прошедшие годы. Подробная информация о выполненных исследованиях приведена в монографиях «Космические методы при прогнозе и поисках месторождений алмазов» [5] и «Дистанционный прогноз кимберлитового магматизма» [7].

Оценивая современное состояние дистанционного прогноза алмазов в мире можно отметить следующее:

1. В большинстве развитых стран функционируют десятки специализированных спутников Земли и идёт быстрое наращивание динамично развивающихся программ изучения природных ресурсов на основе получаемым материалов всё улучшающегося качества. Российская космическая геология развивается крайне низкими темпами, что обусловлено слабой востребованностью получаемых ею результатов государством и горнорудными компаниями из-за отсутствия долговременной политики воспроизводства минерально-сырьевых ресурсов, которые являются основой развития нашей страны (6).

2. Разработка научно обоснованных критериев прогнозной оценки алмазоносности регионов с целью выделения перспективных площадей требует планомерного изучения и постоянного сравнительного анализа статистически значимого количества эталонов. Лишь в этом случае доказывается устойчивость выявляемых критериев, которые можно переносить из известных алмазоносных районов на вновь оцениваемые территории.

3. Перспективы направления – в создании специализированных центров при геологических ВУЗах страны, финансировать которые должно государство, как гарант разумного освоения недр своей страны, и горнорудные компании, как потребители результатов исследований.

Задачи, которые необходимо постоянно решать в алмазной геологии, следующие:

- совершенствовать визуальные и компьютерные технологии анализа материалов дистанционного зондирования различного масштаба и вида при региональном и локальном изучении алмазоносных территорий;

- создавать банки космической информации в цифровой и аналоговой форме для основных алмазоносных районов мира;

- оценивать информативность новых видов дистанционного зондирования в различных спектральных, радиоволновом и тепловом диапазонах на эталонах и совершенствовать на этой основе методы и технологии их использования в практических целях.

**Литература:**

1. Антипин И. Ин., Антипин И.И. Основные проблемы алмазопоисковой геологии. - Материалы V Всероссийской научно-практической конференции – НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО) – Мирный, 2018. – 416 с
2. Герасимчук А.В., Горев Н.И. Проблемы прогнозирования погребённых месторождений алмазов на Сибирской платформе, НИГП АК «АЛРОСА» (ОАО), Мирный, 2017
3. Горев Н.И. Тектонические исследования при прогнозировании коренных источников алмазов // Сб. Геология алмазов – настоящее и будущее. Воронеж, 2005. С. 1175-1202.
4. Проценко Е.В., Горев Н. И. Тектонические особенности размещения кимберлитовых тел и их использование при прогнозировании (на примере кимберлитовых полей Западной Якутии, Руды и металлы, №.4, 2017, с. 62-69
5. Серокуров Ю.Н., Калмыков В.Д., Зуев В.М. Космические методы при прогнозе и поисках месторождений алмазов – Недра, 2001. – 198 с.
6. Серокуров Ю.Н. Структурно-энергетические признаки локализации кимберлитового магматизма на древних платформах// Руды и металлы - 2011, № 6, с.28-35
7. Серокуров Ю.Н., Калмыков В.Д., Зуев В.М. Дистанционный прогноз кимберлитового магматизма – Триумф, 2017. – 312