

Принципы прогнозирования коренной алмазности по геолого-геофизическим данным

Прусакова Н.А.

ФГУП ЦНИГРИ, г. Москва, e-mail: diamond@tsnigri.ru

Советские и российские геологи в течение многих десятилетий акцентировали внимание на изучении закономерностей локализации коренных месторождений алмазов и создании методологической основы прогноза и поисков этого вида полезных ископаемых. При этом было установлено, что 1) реально существуют различные минерагенические алмазные таксоны; 2) они характеризуются определенным устойчивым набором признаков, составляющих в совокупности соответствующие прогнозно-поисковые модели; 3) на основе этих моделей возможно последовательно выделять все более мелкие по размерам алмазоперспективные площади вплоть до локальных (первые десятки квадратных км) участков под прямые поиски.

В ЦНИГРИ разработана стадийная прогнозно-поисковая технология, направленная на последовательную локализацию алмазоперспективных площадей [2, 3, 4]. При этом в зависимости от масштаба работ выделяется тот или иной минерагенический таксон. В настоящее время Инструкцией по оценке прогнозных ресурсов алмазов предусмотрен следующий ряд иерархически соподчиненных минерагенических алмазных (потенциально алмазных) таксонов: провинция – субпровинция – зона – поле – куст (группа) тел – тело (месторождение). В качестве алмазных (потенциально алмазных) провинций рассматриваются территории древних платформ. Локализация алмазоперспективных площадей в пределах провинций начинается с площадей ранга потенциально алмазных субпровинций и кимберлитоконтролирующих зон, далее, переходя к площадям ранга потенциально алмазных кимберлитовых (лампроитовых) полей и в их пределах – к локальным участкам ранга куста (группы) кимберлитовых (лампроитовых) тел, и уже в пределах последних к заверке перспективных локальных геофизических аномалий так называемого трубчатого типа. Данная технология разрабатывалась с применением «эмпирического» методологического подхода. «Эмпирический» подход основан на методе аналогий, то есть выделении в физических, геологических, шлихо-минералогических, геохимических и других реально наблюдаемых полях аномалий, соответствующих таковым у разноранговых известных эталонных объектов – таксонов. Именно этим методом обнаруживаются кимберлитовые трубки. Подобный подход с равным успехом может быть распространен и на более крупные объекты (куст трубок, поле, зона и т.д.). Основой созданной стадийной технологии являются многофакторные прогнозно-поисковые модели рассматриваемых минерагенических алмазных (потенциально алмазных) таксонов [2, 3, 4, 9] (субпровинция – зона – поле – куст – месторождение). Прогнозно-поисковые модели разработаны (с учетом опыта других организаций) по единой методике в процессе изучения закономерностей в размещении алмазного магматизма на древних платформах мира, включая и север Восточно-Европейской платформы. Они содержат ряд устойчивых признаков (косвенных, прямых), которые используются в качестве критериев прогнозирования коренной алмазности на различных стадиях ГРП.

При принятой на сегодняшний день стадийности геологоразведочных работ на алмазы с позиций надежности геолого-поисковых систем в зависимости от масштаба работ и имеющихся материалов выделяются следующие объекты или их фрагменты:

- масштаб 1: 1 000 000 – выделение алмазных (потенциально алмазных) субпровинций и зон, предварительное установление площадей ранга поля;
- масштаб 1: 200 000 – окончательное оконтуривание прогнозируемых полей, предварительное выделение перспективных площадей ранга «куста» тел;
- масштаб 1: 50 000 – детализация внутренней структуры поля; окончательное оконтуривание перспективных участков ранга «куста» тел и обоснование направлений и методики поисковых работ; заверка наиболее интересных локальных аномалий.

При выделении минерагенических таксонов ранга потенциально алмазных субпровинций, зон, полей и «кустов» кимберлитовых тел используются критерии прогнозирования, основная часть которых опирается на косвенные факторы (признаки): глубинные геофизические, структурно-

геологические, морфоструктурные, дистанционные и т.д. Эффективность прогнозных построений зависит от степени изученности рассматриваемой территории различными геолого-геофизическими методами и в первую очередь – глубинными геофизическими.

Алмазоносная субпровинция – это крупный (площадью в десятки и первые сотни тысяч кв.км) геоблок древней платформы с архей-раннепротерозойским возрастом кратонизации пород кристаллического фундамента, близкими историей геологического развития и интенсивностью проявлений тектоно-магматической активизации [2]. В глубинном строении и геофизических полях субпровинции соответствует блок мощной (150-200 км) холодной литосферы с пониженной гипсометрией кровли верхней мантии и повышенной с выходом на современный уровень эрозионного среза (в пределах щитов) гипсометрией поверхности докембрийского кристаллического фундамента, фиксируемый положительной региональной аномалией поля силы тяжести [3, 4, 9].

Алмазоносная кимберлитоконтролирующая зона в пределах алмазоносной субпровинции – это линейная высокопроницаемая структура древнего заложения, неоднократно активизирующаяся и контролирующая процессы коро-мантийного энергомассопереноса. Зоны характеризуются значительной (до 500 км и более) протяженностью при ширине от 50 до 100–150 км, большой глубиной заложения ограничивающих и внутрискрутурных разломов.

С геолого-структурной точки зрения можно выделить по меньшей мере три основных типа минерагенических зон (по степени убывания контрастности их отражения на геологических картах): платформенная мобильная зона; плечевая часть рифтов и авлакогенов (область дифференцированных блоковых движений); зона скрытых разломов фундамента [2].

Платформенная мобильная зона – система сближенных долгоживущих глубинных разломов, контролирующих размещение мантийного (базитового и гипербазитового) магматизма на кратонах, она имеет резко дифференцированное блоковое строение и формируется в режиме преобладания восходящих тектонических движений и напряжений сжатия. Основными признаками мобильных зон (элементами прогнозно-поисковой модели) являются:

1. Широкое развитие интрузивных и вулканогенных образований. Присутствуют интрузии базитового и гипербазитового состава, гранитоидные интрузии и вулканогенные образования кислого состава как следствие орогенных процессов в близрасположенных складчатых областях. Присутствуют также вулканы основного состава.

2. Внутреннее строение мобильной зоны осложнено широким развитием сдвиго-надвиговых структур и появлением в породах чехла складок линейного типа.

Наиболее характерной мобильной зоной является зона Холлс-Крик в Западной Австралии, к которой приурочено поле Аргайл с крупнейшим в мире лампроитовым месторождением алмазов.

Плечевая часть рифтов и авлакогенов – область к периферии от осевого грабена, имеющая клавишное горст-грабеновое строение вдоль оси рифта с амплитудами вертикальных смещений 1–2 км. Здесь же встречаются менее контрастные поперечные (трансформные) структуры. Типичный пример – зона в северо-восточном борту Онежско-Керецкой системы рифтов, в структурном отношении совпадающая с системой субпараллельных кулисообразно расположенных глубинных разломов. В рифе эта система контролировала проявления базитового и щелочноультраосновного (с лампроитовым уклоном) магматизма, в среднем палеозое внедрились мелкие тела и дайки пироксенитов, фойдитов, малинитов, йолитов, уртитов и т.д., а также трубки взрыва щелочных базальтоидов, мелилититов (Ненокское поле) и кимберлитов (Терское поле на Кольском полуострове и Зимнебережное на Кулойско-Беломорском плато). Вдоль всей зоны вытянуты ореолы минералов-индикаторов.

По мнению некоторых исследователей, приуроченность алмазоносных пород к бортовым частям рифтов и авлакогенов является универсальной закономерностью.

Многие специалисты считают, что кимберлиты здесь связаны с коллизионными зонами (или зонами краевых дислокаций – ЗКД), которые обрамляют по периферии палеорифтовые постройки и приурочены к разломам, имеющим примерно те же простираения, что и палеорифтовые депрессии, но удалены от осей этих депрессий в плечевых частях на расстояние 150–200 км.

Зоны скрытых разломов фундамента – обычно хорошо дешифрируются на космоснимках и выделяются в геофизических полях, но относительно слабо отражаются в реально наблюдаемых геологических структурах. Они характеризуются наиболее слабой контрастностью тектонических движений в породах фундамента, а в породах чехла "просвечивают" лишь в виде отдельных разломов и трещин.

Часто магматизм в этих зонах представлен лишь отдельными щелочно-ультраосновными дайками и трубками взрыва, но есть и другие варианты. Зона скрытых глубинных разломов Коридор Надежд (северо-западная Канада), контролирующая кимберлитовые тела в районе озера Лак де Гра, интенсивно насыщена проявлениями дайкового комплекса Маккензи основного состава (возраст внедрения даек 1,27 млрд. лет). Возраст самих кимберлитов 50–60 млн. лет, то есть эта зона древнего заложения была активизирована в верхнемеловое-палеоценовое время. Также известны примеры, когда дайковые пояса долеритов, определяющие контуры зон скрытых разломов, имеют близкий возраст с контролируемыми ими кимберлитами. Например, близширотный дайковый пояс на Гвинейско-Либерийском щите контролирует кимберлитовое поле Фенария. Возраст даек долеритов и кимберлитовых тел в данном случае один — мезозойский. Мезозойский возраст имеет и пояс даек долеритов северо-западного простирания, контролирующий мезозойское кимберлитовое поле Орапа в Ботсване.

В глубинном строении кимберлитоконтролирующие зоны характеризуются наличием выдержанных прогибов или уступов в кровле верхней мантии (по поверхности Мохоровичича). Среди кимберлитоконтролирующих зон особо выделяются зоны, представленные в разрезе земной коры линейно-блоковыми структурами. Наиболее контрастно проявленными признаками таких зон являются: линейные депрессии в кровле верхней мантии, заполненные образованиями гранулит-базитового слоя земной коры с повышенными скоростными характеристиками (V_p и V_p/V_s). По данным гравитационного моделирования на отдельных участках таких зон отмечается аномально высокий подъем (практически на современный уровень эрозионного среза) среднекоровых горизонтов, идентифицируемых в качестве образований протокры. Интересно отметить, что именно подобные кимберлитоконтролирующие зоны (линейно-блокового типа) контролируют локализацию *промышленно алмазоносных полей* как Якутии [5, 11], так и Архангельской области [9]. В поле силы тяжести кимберлитоконтролирующие зоны и их элементы, как правило, выделяются среднечастотными полосовыми аномалиями повышенных значений, зонами потери коррелятивности аномалий. В магнитном поле рассматриваемые структуры проявлены линейными элементами соответствующих простираний.

Под **алмазоносным кимберлитовым полем** понимается естественная группировка пространственно-сближенных кимберлитовых тел (и связанных с ними россыпей), связанных происхождением с развитием единой вертикальной «стволовой» зоны повышенной проницаемости (флюидно-магматической колонны). Площадь поля составляет от первых сотен км² до 2.5 тыс. км² [2].

Основными элементами обобщенной прогнозно-поисковой модели кимберлитового поля являются [1, 2, 6, 7, 8, 9, 10 и др.]:

1. Пересечение минерагенической зоны с поперечными приподнятыми блоками образований, вмещающих кимберлитовые тела, или глубинными разломами.
2. Положительная морфоструктура с радиально-концентрическим строением.
3. Наличие блока с изотропной ориентировкой трещиноватости.
4. Наличие положительных среднечастотных (с периодом до 100 км) гравитационных аномалий на флангах поля, отождествляемых по данным гравитационного моделирования с подъемом (практически на современный уровень эрозионного среза кристаллического фундамента) образований промежуточного слоя земной коры, идентифицируемых в качестве образований протокры.
6. Комплексная аномальная область потенциальных (гравитационного, магнитного) геофизических полей размером в поперечнике 50–100 км, характеризующаяся снижением (на 4–12 мгл) уровня поля Δg и нарушением, как правило линейных, структурных планов гравитационных и магнитных аномалий. Естественная граница кимберлитового поля определяется контуром комплексной аномальной области потенциальных геофизических полей.

7. Повышенная расслоенность земной коры с присутствием слоев с инверсией скоростей (волноводов).
8. Аномальность скоростных параметров в разрезе земной коры.
9. Депрессия магнитоактивной поверхности.
10. Широкое распространение минералов-индикаторов, в том числе хорошей сохранности, присутствие алмазов в аллювии и терригенных отложениях промежуточных коллекторов.
11. Наличие аэромагнитных (электрических) аномалий, так называемого, «трубочного» типа.
12. Повышенный геохимический фон и аномальные ореолы комплекса элементов-индикаторов кимберлитов (хрома, никеля, кобальта, титана, ванадия, иттрия).

Под «**кустом**» **кимберлитовых тел** понимается группа сближенных (от 2 до 10) тел, локализованная на участке площадью от единиц до первых десятков км² и являющаяся производным локальных промежуточных магматических очагов (на фоне глубинного очага, присущего кимберлитовому полю в целом). Локализация «кустов» (групп) кимберлитовых тел рассмотрена на примере Зимнебережного промышленно алмазоносного кимберлитового поля. Здесь они контролируются погребенными (с выходом на уровень кристаллического фундамента) ареалами базит-гипербазитового магматизма (размером в поперечнике первые десятки км), сочетающимися со сквозными зонами повышенной проницаемости кристаллического фундамента и осадочного чехла. Ареалы характеризуются комплексными положительными аномалиями локальных составляющих гравитационного и магнитного полей. Зоны повышенной проницаемости, как правило, выделяются аномалиями горизонтального градиента поля силы тяжести и узкими (единицы км) зонами положительных высокочастотных аномалий магнитного поля и аномалий повышенной электропроводности.

Литература

1. Булин Н.К., А.В.Егоркин Прогнозирование районов кимберлитового магматизма на севере Русской платформы по сейсмическим данным // Советская геология. 1991. №10. С. 82–91.
2. Ваганов В.И. Алмазные месторождения России и мира (основы прогнозирования). М.: ЗАО Геоинформмарк, 2000, 371 с.
3. Голубев Ю.К., Ваганов В.И., Прусакова Н.А. Принципы выделения алмазоперспективных площадей на различных стадиях прогнозно-поисковых работ // Эффективность прогнозирования и поисков месторождений алмазов: прошлое, настоящее и будущее (Алмазы-50). Тез. докл. Санкт-Петербург: ВСЕГЕИ, 2004. С. 94–96.
4. Голубев Ю.К., Ваганов В.И., Прусакова Н.А. Принципы прогнозирования алмазоперспективных площадей на Восточно-Европейской платформе // Руды и металлы. 2005. №1. С. 55–70.
5. Манаков А.В. Технология выделения литосферного корня на основе интегрированного анализа геолого-геофизических данных // Проблемы алмазной геологии и некоторые пути их решения Воронеж: 2001. С. 270–277.
6. Милашев В.А. Структуры кимберлитовых полей. Л.: Недра, 1979. 183 с.
7. Милашев В.А., Соколова В.П. Некоторые закономерности размещения и образования кимберлитовых полей. // Геология и геофизика. 1989. №4. С. 78–85.
8. Никулин В.И., Лелюх М.И., Фон-дер-Флаас Г.С. Алмазопрогностика (методическое пособие). Иркутск: 2002. 320 с.
9. Прусакова Н.А. Глубинная структура Зимнебережного кимберлитового поля, Архангельская область. // Руды и металлы. №2, 2006, стр. 53–64.
10. Суворов В.Д. Глубинные сейсмические зондирования в Якутской кимберлитовой провинции. Новосибирск: 1993. 136 с.
11. Шпунт Б.Р. Тектонические обстановки проявлений магматизма на востоке Сибирской платформы в Негее // Геотектоника. 1992. №3. С. 45–63.