Палеомагнитное датирование долеритов и кимберлитов трубки Нюрбинская (Якутская алмазоносная провинция)

Яковлев А.А.¹, Константинов И.К.², Антонова Т.А.¹, Артемова Е.В.¹

¹ Научно-исследовательское геологоразведочное предприятие

АК «АЛРОСА» (ПАО), г. Мирный

E-mail: YakovlevAAn@alrosa.ru

² Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск

E-mail: geologiaforever@mail.ru

Научный руководитель:

д.г.-м.н. Константинов К.М.

Несмотря на то, что исследования кимберлитов трубки Нюрбинская ведутся более 20 лет, остается ряд спорных вопросов о их возрасте и взаимоотношениях с базитами Вилуйско-Мархинской зоны разломов (ВМЗР) и др. Согласно общепринятой модели [1] кимберлитовая трубка сечется интрузией щелочных долеритов мощностью более 250 м (!), разделяя порфировые кимберлиты ранней фазы и автолитовые кимберлитовые брекчии (АКБ) поздней фазы. Возраст интрузии по данным $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ метода оценивается 374.4 ± 3.5 млн лет [2], что ограничивает верхний возраст внедрения кимберлитов. В соответствии с данной моделью должны наблюдаться значительные вещественные изменения, в том числе и петрофизические, кимберлитов по вертикали. Однако на практике эти изменения оказались не столь очевидными, как ожидалось: внедрение интрузии в консолидированные кимберлитовые породы трубки обусловило образование вдоль их границы зоны метасоматически измененных кимберлитов мощностью до 5-10 м. Возможно, это объясняется более сложным геологическим строением трубки Нюрбинская, что требует постановку дополнительных исследований с целью формирования корректной модели месторождения.

Огромную помощь в решении этих вопросов могут оказать петро- и палеомагнитные исследования, которые способны расшифровать историю геологических процессов по содержащейся в горных породах магнитной записи. Именно этим объясняется актуальность проведения петромагнитных исследований кимберлитов накинского интрузивного комплекса (iD_3-C_{1nk}), базитов вилуйско-мархинского интрузивного комплекса (βPZ_2vm), вмещающих их терригенно-карбонатных пород моркокинской свиты позднего кембрия (E_3mrk) и песчаников ранней юры укугутской свиты (J_{1uk}). В статье приводятся данные, полученные с момента вскрытия трубки в 2002 г. по апрель 2016 г. В ходе изучения структурно-вещественных комплексов (СВК) трубки Нюрбинская получены следующие материалы:

1. Тензоры анизотропии магнитной восприимчивости (АМВ). В кимберлитах, благодаря гибридной природе их формирования, наблюдается хаотичное распределение осей эллипса АМВ (рис. 1 А). Дотрубочные дайки долеритов характеризуются более контрастным магнитным расслоением тензоров АМВ (малые оси K_3 субгоризонтальны, а оси K_1 и K_2 - субвертикальные), совпадающим с северо-восточным простираем тел. В то же время в осадочных образованиях моркокинской свиты могут одновременно присутствовать «осадочный» (малые оси K_3 субвертикальные, а плоскость магнитного расслоения, образованная осями K_1 и K_2 -

субгоризонтальная) и «метаморфический» (большие оси K1 и K2 субвертикальные) типы АМВ. Последний факт свидетельствует, что первичная магнитная текстура осадков нарушена эпигенетическими изменениями, вызванными, возможно, внедрением кимберлитовой трубки.

2. Гистерезисные параметры намагниченности насыщения (J_s и J_{rs}) и коэрцитивные силы (H_c и H_{cr}). Согласно диаграмме Дея, после снятия парамагнитной составляющей гистерезиса, большинство зерен ферромагнитных минералов характеризуются псевдооднодоменной структурой, что является одним из благоприятных условий хорошей «магнитной памяти» (ископаемый магнетизм) изученных СВК (рис. 1 Б).

3. Точки Кюри. По данным термомагнитного анализа $\chi=f(T)$ основными минералами-носителями намагниченности в АКБ являются пирротин и магнетит с точками Кюри, соответственно, ≈ 325 и ≈ 578 °С (рис. 1 В), в долеритах – титаномагнетиты с точками Кюри ≈ 560 °С, в алевролитах – гематиты с точками Кюри ≈ 670 °С.

4. Палеомагнитные направления векторов естественной остаточной намагниченности (ЕОН).

Во вмещающих породах моркокинской и олдондинской свит позднего кембрия установлены две характеристические компоненты: «гематитовая» H_m и «магнетитовая» M . Компонента H_m – с высокой степенью вероятности рассматривается как первичная (седиментационная), поскольку согласуется с первичной ЕОН алевропесчаников верхоленской свиты Иркутского амфитеатра. На основе этих двух объектов рассчитан палеомагнитный полюс (ПМП) для позднего кембрия (500-490 млн лет) Сибирской платформы: $\Phi = -35^\circ$, $\Lambda = 136^\circ$ и $dp/dm = 3.5/6.9^\circ$ (рис. 2). Компонента M – метакронная, вероятнее всего, возникла в результате становления кимберлитовой трубки.

Получены представления о петромагнетизме дотрубочных даек ВМЗР, которые характеризуются специфическими значениями магнитных параметров (фактор Q , коэрцитивные спектры, векторы ЕОН и др.). Минералами-носителями намагниченности в них служат практически не окисленные титаномагнетиты. В долеритах сохранились первичные векторы ЕОН термоостаточной природы (компонента T_m). По ним рассчитан ПМП ($\Phi = -14.6^\circ$, $\Lambda = 117.4^\circ$ и $dp/dm = 3.7/7.1^\circ$), определяющий нижнюю временную границу внедрения кимберлитов не древнее 440 млн лет (рис. 2).

Рис. 1. Результаты магнито-минералогических исследований структурно-вещественных комплексов трубки Нюрбинская. А – анизотропия магнитной восприимчивости (слева – АКБ; справа – алевропесчаники моркокинской свиты). Б – магнитный гистерезис АКБ по остаточной намагниченности (J_r) и индуцированной намагниченности (J_i); диаграмма Дея: ПОД, МД и СПМ – области ферромагнитных частиц, соответственно, псевдооднодоменная, многодоменная и суперпарамагнитная. В – термомагнитограммы магнитной восприимчивости АКБ (сплошная/пунктирная линия – процесс нагрева/охлаждения образца); Prn и Mgt – соответственно, пирротин и магнетит. Г – результаты лабораторных экспериментов по размагничиванию, цифры – температура. М и Р – характеристические компоненты ЕОН, соответственно, «магнетитовая» и «пирротиновая»

Кимберлиты (АКБ) зафиксировали и сохранили две характеристические компоненты: «магнетитовую» M и «пирротиновую» P . Компонента M – первичная, синхронная внедрению кимберлитовой трубки. С учетом того, что эта компонента зафиксирована также и во вмещающих породах моркокинской свиты, то для этих кластеров рассчитан сводный ПМП ($\Phi = -11.5^\circ$, $\Lambda = 111.2^\circ$ и $dp/dm = 3.5/7.5^\circ$) с максимальным индексом надежности (рис. 2). Природа компоненты P метасинхронная и может свидетельствовать о воздействии на кимберлиты какого-то пострудного процесса – например, внедрение маломощной дайки щелочных базитов [2]. Эту гипотезу необходимо проверить по мере углубления карьера. На этом основании, полученный ПМП по компоненте P ($\Phi = 15^\circ$, $\Lambda = 122.5^\circ$ и $dp/dm = 7.9/10.5^\circ$) рассматривается нами в качестве предварительного (рис. 2). Поэтому верхняя временная граница внедрения кимберлитов пока может быть оценена не моложе 370 млн лет.

Рис. 2. Палеомагнитные полюсы СВК месторождение алмазов трубки Нюрбинская. 1 – траектория кажущейся миграции полюса Сибирской платформы [3], цифры – геологический возраст в млн лет. 2 – палеомагнитные полюсы (1 – моркокинская свита, компонента Нм; 2 – моркокинская свита, компонента М; 3 – кимберлиты, компонента М; 4 – кимберлиты, компонента Р; 5 – долериты, компонента М; 6 – верхоленская свита; 7 – кимберлиты, базиты по [4]; 8 – базальты аппаинской свиты; 9 – долериты рудника Мир). 3 – район исследований.

5. Построенная на основе палеомагнитных данных динамическая физико-геологическая модель месторождения Нюрбинская доказывает, что процессы внедрения дотрубочных долеритов и кимберлитов протекали практически синхронно. В то же время координаты их ПМП совпадают с ТКМП в интервале 440-420 млн лет, что соответствует позднесилурийской-раннедевонской (S_2 - D_1) эпохе тектономагматической активизации в регионе. Согласно полученным данным, в это время

Сибирская платформа располагалась в экваториальном поясе северного полушария и была развернута своим современным южным краем к северу.

Список литературы:

1. Харьков А.Д., Зинчук Н.Н., Крючков А.И. Коренные месторождения алмазов мира. - М.: Недра, 1998. – 555 с.
2. Киселев А.И., Ярмолюк В.В. и др. Пространственно-временные отношения среднепалеозойских базитов и алмазоносных кимберлитов на северо-западном плече Вилуйского рифта (Сибирский кратон). Геология и геофизика, 2014. Т. 55, № 2. С. 185–196.
3. Torsvik T.H., Van der Voo R., Preeden U. et al. Phanerozoic polar wander, palaeogeography and dynamics / Earth-Science Reviews 114 (2012), p. 325-368.
4. Kravchinsky V.A., Konstantinov K.M., Courtillot V. et al. Paleomagnetism of East Siberian traps and kimberlites: two new poles and paleogeographic reconstructions at about 360 and 250 Ma / Geophys. J. Int. (2002) № 48. p. 1-33.