

На правах рукописи

КАРЕТНИКОВ Анатолий Семенович

**ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ УЛЬТРАМАФИТОВ МАССИВА
КОНДЕР И ОЦЕНКА ЕГО ВОЗРАСТА**

Специальность: 25.00.10 – геофизика,
геофизические методы поисков
полезных ископаемых

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Хабаровск
2010

Работа выполнена в Институте тектоники и геофизики
им. Ю.А. Косыгина Дальневосточного отделения
Российской Академии наук

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук
Диденко Алексей Николаевич

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук
Казанский Алексей Юрьевич
Объединенный институт геологии,
геофизики и минералогии СО РАН
г. Новосибирск),
доктор геолого-минералогических наук
Петрищевский Александр
Митрофанович
Институт комплексного анализа
региональных проблем ДВО РАН
(г. Биробиджан)

Ведущее учреждение: Северо-Восточный комплексный научно-
исследовательский институт ДВО РАН (СВКНИИ), г. Магадан

Защита состоится «21» декабря 2010 г. в 14⁰⁰ часов на заседании
Объединенного диссертационного совета ДМ 005.012.01 при Институте
тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН
в конференц-зале.

Адрес: 680000, г. Хабаровск, ул. Ким Ю Чена 65,
ИТиГ ДВО РАН

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
Института тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН

Отзывы направлять ученому секретарю диссертационного совета.

Автореферат разослан «9» ноября 2010 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат геол.-минер. наук

А.А. Степашко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Ультраосновой магматизм на Алданском щите всегда привлекал внимание исследователей, поскольку ему сопутствуют промышленно важные месторождения многих металлов, в том числе платины. На территории Алданского щита известно несколько массивов ультраосновных-щелочных пород, сходных по строению (Ельянов, Моралев, 1973) и связанных с перспективными рудопоявлениями платиноидов – Кондер, Чад, Сыбах, Инагли. Все они состоят из дунитового ядра и опоясывающих его оторочек, сложенных породами разного состава. Среди этих массивов эталонным по проявленности магматических, постмагматических и контактово-реакционных процессов считается самый крупный из них – Кондерский. История его исследования насчитывает более пяти десятилетий. За эти годы на массиве проводились и проводятся геолого-съёмочные, поисково-разведочные и тематические исследования, результаты которых опубликованы в многочисленных статьях и монографиях (Рожков и др., 1962; Андреев, 1987; Ельянов, Андреев, 1991; Гурович и др., 1994; Некрасов и др., 1994; Бирюков, 1997; Малич, 1999). Тем не менее, возраст ультрамафитов (дунитов, клинопироксенитов, косьвитов), участвующих в строении массива (Архангельская, Кац, 1959; Архангельская, 1968; Андреев, 1987; Ельянов, Андреев, 1991), до настоящего времени достоверно не установлен. Неопределенность возраста Кондерского массива объясняется следующими обстоятельствами.

Во-первых, отсутствуют прямые геологические наблюдения соотношений ультрамафитов массива с вмещающими среднерифейскими отложениями омнинской свиты, так как его центральная часть, сложенная в основном ультрамафитами, окружена кольцом более молодых щелочных и субщелочных пород (Андреев, 1987).

Во-вторых, ультрамафиты вообще, и кондерские в частности, не являются подходящим объектом для изотопных геохронологических определений (Афанасьев, Борисевич, 1966; Афанасьев, 1966; Морозова и др., 1977; Ленников и др., 2004), так как датировки, полученные для них различными изотопными методами (K-Ar, Ar-Ar, Rb-Sr, Sm-Nd, Re-Os), варьируют в очень широком временном интервале – от докембрия до мезозоя.

Существуют три точки зрения на возраст массива Кондер, предполагающие его образование в докембрии (Ельянов, Моралев, 1961; Емельяненко и др., 1987), палеозое (Малич, 1999), мезозое (Андреев, 1987; Орлова, 1991), поэтому он определяется в настоящее время лишь как послепалеозойский (Ельянов, Андреев, 1991). В связи с вышеизложенным, возраст массива приходится устанавливать не только по результатам абсолютного датирования слагающих его пород, но и с учетом комплекса косвенных признаков, таких как гипсометрические и структурные соотношения между породами массива и вмещающими их отложениями, геоморфологические, палеомагнитные данные. Безусловный интерес представ-

ляют результаты палеомагнитных исследований, в первую очередь, наиболее древних пород массива – ультрамафитов, которые можно использовать для оценки возраста пород (и массива в целом) путем сопоставления полученных для них палеомагнитных характеристик с известными надежно датированными палеомагнитными определениями, установленными для Сибирской платформы.

Цель и задачи исследования. Получение палеомагнитных характеристик, по сути первых, для всех разновидностей кондерских ультрамафитов было направлено на достижение следующей **цели** – определение возраста и последовательности их формирования, а также оценка возраста массива Кондер в целом. Для достижения этой цели потребовалось решение следующих **задач**, а именно:

1) выяснение влияния степени метасоматических изменений кондерских ультрамафитовых пород (дунитов, клинопироксенитов, косьвитов) на направления намагниченности;

2) выделение направлений древних компонент намагниченности кондерских ультрамафитов;

3) доказательство термоостаточной, первичной в палеомагнитном отношении, природы выделенных компонент намагниченности ультрамафитов;

4) сопоставление полученных палеомагнитных направлений и полюсов с известными моделями траекторий кажущейся миграции полюса Сибирского кратона для оценки возраста этих компонент и массива Кондер в целом;

5) выделение этапов эволюции массива Кондер на основе полученных для ультрамафитов палеомагнитных данных.

Защищаемые положения.

1. Выделены три древние компоненты остаточной намагниченности ультрамафитов массива Кондер:

1) позднемезозойская термической природы ($D = 29^\circ$, $J = 73^\circ$, $K = 136$, $\alpha_{95} = 3^\circ$), свойственная только маломощным (~ 10 см) дайкам косьвитов;

2) позднепалеозойская метакронная ($D = 119^\circ$, $J = 78^\circ$, $K = 80$, $\alpha_{95} = 8^\circ$) – для дунитов и клинопироксенитов;

3) позднерифейская термической природы ($D = 132^\circ$, $J = 36^\circ$, $K = 21$, $\alpha_{95} = 7^\circ$) – для дунитов и клинопироксенитов;

вычислены соответствующие координаты палеополюсов.

2. На основе палеомагнитного изучения массива Кондер установлен (а) позднепротерозойский (1000–950 млн лет) возраст дунитов и клинопироксенитов и (б) позднемезозойский (130–110 млн лет) возраст косьвитов.

3. Массив Кондер является сложным полихронным образованием; формирование его ядра, сложенного дунитами и клинопироксенитами, происходило в начале неопротерозоя (1000–950 млн лет, тоний), дальнейшая его эволюция связана с позднепалеозойским (260–250 млн лет, поздняя пермь) и позднемезозойским (130–110 млн лет, баррем–апт) этапами активизации.

Научная новизна. Впервые проведены палеомагнитные исследования всех разновидностей кондерских ультрамафитовых пород (дунитов, клинопироксенитов, косьвитов), дана оценка их возраста и установлена полихронность образования массива Кондер в целом.

Практическая значимость. Определен возраст характеристических направлений намагниченности всех разновидностей кондерских ультрамафитов. Определен возраст платиноносного массива в целом. Выделены этапы формирования Кондерского массива. Результаты палеомагнитных исследований, полученные в ходе настоящей работы, могут быть использованы в палеотектонических и других реконструкциях, выяснении закономерностей формирования других тектонических структур подобного типа на Дальнем Востоке (Чад, Сыбах, Инагли) и, соответственно, генезиса и закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых.

Личный вклад и фактический материал. Основу диссертации составляет фактический материал, полученный автором в ходе полевых исследований на массиве Кондер. В общей сложности изучено около 1500 образцов ультрамафитовых пород (в том числе порядка 200 ориентированных), отобранных практически по всей площади массива. Лабораторная обработка коллекции производилась автором в лаборатории региональной геофизики и петрофизики ИТиГ ДВО РАН (г. Хабаровск). Петрографические исследования проводились в лаборатории магматической тектоники ИТиГ ДВО РАН (г. Хабаровск) при непосредственном участии заведующего лабораторией В.С. Приходько.

Апробация работы и публикации. Результаты проведенных исследований, полученные в ходе настоящей работы, были представлены на Всероссийских совещаниях: «Тектоника, глубинное строение и геодинамика Востока Азии», 2001, 2003, 2006, 2009 (г. Хабаровск); «Закономерности строения и эволюции геосфер», 2004 (г. Хабаровск); «Тектоника и металлогения Северной циркум-Пацифики и Восточной Азии», 2007 (г. Хабаровск); «Палеомагнетизм и магнетизм горных пород», 2009 (пос. Борок).

В общей сложности по теме диссертационной работы подготовлено 19 публикаций. Из них 6 статей в рецензируемых журналах, 12 – тезисы конференций и статьи в сборниках по материалам конференций; часть материала опубликована в коллективной монографии «Геология, петрология и рудоносность Кондерского массива».

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы. Объем работы составляет 129 страниц текста, содержащих 16 рисунков, 4 таблицы. Библиографический список включает 126 работ.

Благодарности. Автор глубоко признателен научному руководителю – директору ИТиГ д.г.-м.н. А.Н. Диденко, оказывавшему постоянную поддержку, помощь и внимание, способствовавшие скорейшему завершению работы.

Автор благодарен В.Г. Гурович, оказавшей неоценимую помощь в отборе коллекции образцов, В.С. Приходько – за помощь в проведении петрографических исследований, искренне признателен сотрудникам ИТиГ ДВО РАН А.А. Степашко и В.А. Гурьянову за консультации и обсуждение результатов исследований на разных этапах работы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дана общая характеристика работы: обоснованы актуальность изучаемой темы, выбор объектов, сформулированы цель и задачи исследований, основные защищаемые положения, кратко изложена научная новизна, практическое значение, обозначена степень личного участия автора в получении основных научных результатов.

Глава 1. Геолого-структурная позиция массива Кондер и проблема возраста слагающих его ультрамафитов

Зональные массивы ультраосновных-щелочных пород широко представлены на Востоке России, в частности, в структурах Сибирской платформы. Часть массивов (Кондерский, Чадский, Сыбахский, Инаглинский), важнейшей особенностью которых являются дунитовые ядра, дающие промышленные россыпи платины (Гурович и др., 1994; Некрасов и др., 1994), располагаются в пределах Алдано-Станового щита. По сходству строения они объединены в одну группу (Ельянов, Моралев, 1973). Среди этих массивов самый крупный – Кондерский. Он располагается в северной краевой части Батомгского поднятия. Самыми древними, раннеархейскими, образованиями данной площади являются метаморфические породы батомгской серии и магматические породы хоюдинского и джакдаканского интрузивных комплексов. В районе массива они перекрыты песчанико-алевролитовой толщей омнинской и кондерской свит среднерифейской (Гурович и др., 1994) керпильской серии. Массив имеет в плане форму почти правильного круга размером в поперечном сечении от 6 до 7 км.

В настоящее время считается, что массив сложен образованиями двух разновозрастных интрузивных комплексов – кондерского и кет-капского (Васькин и др., 2004). Первый представлен дунитами, клинопироксенитами, габбро и косьвитами. Дуниты слагают ядро массива диаметром 5.5 км. Оно окружено кольцевым телом клинопироксенитов мощностью 100–750 м. Далее расположены изогнутые дуговые тела косьвитов и габброидов нормального ряда щелочности, образуя кольцевую зону шириной 0.4 км (Гурович и др., 1994). Косьвиты слагают внутренние зоны этих тел, а габбро – внешние. Косьвиты слагают также многочисленные маломощные (~10 см) жилы и дайки в пределах дунитового ядра. Кет-капский комплекс объединяет широкий спектр магматических пород щелочного состава, слагающих дайки. В качестве стратиграфической основы настоящей работы использована схема, приведенная в Легенде к Дальневосточной серии листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:1 000 000 (Легенда Дальневосточной ..., 2002).

Концентрически-зональное строение массива отчетливо проявляется на крупномасштабных картах напряженности магнитного поля (Гурович и др., 1994; Бирюков, 1997). Данные геофизического моделирования показывают также, что наиболее вероятной формой массива до глубины 10 км является штокообразное тело с вертикальными контактами.

Возраст пород кет-капского комплекса определяется как мезозойский (Андреев, 1987; Орлова, 1991). Изотопные датировки ультрамафитовых, наиболее древних, пород (дунитов, клинопироксенитов, косьвитов) кондерского комплекса дают различные значения (от докембрия до мезозоя), поэтому их возраст и возраст массива Кондер в целом, являясь предметом многолетних дискуссий (Архангельская, 1968; Пушкарев и идр., 2002 и др.), до сих пор не установлен и определяется в настоящее время как послепалеоархейский (Ельянов, Андреев, 1991). Следствием возрастной неопределенности пород кондерского комплекса и массива в целом является отсутствие достоверной концепции его становления, модели (схемы) его образования.

Глава 2. Методика и техника исследований

Надежность палеомагнитных характеристик, установленных для кондерских ультрамафитов (дунитов, косьвитов, клинопироксенитов), обеспечивалась применением современных методик и современного аппаратного уровня, при тщательном полевом отборе ориентированных образцов. Полевые, лабораторные палеомагнитные исследования и обработка результатов выполнялись по стандартным методикам (Zijderveld, 1967; Шолпо, 1977; Kirshvink, 1980; Храмов и др., 1982; Печерский, Диденко, 1995). Все образцы отобранной коллекции прошли детальную температурную чистку, как правило до температуры 600 °С. В ряде случаев была выполнена чистка переменным полем, но ее применение показало низкую эффективность по отношению к исследованным породам. Измерения намагниченности в процессе чисток выполнялись на спинмагнитометре JR-4 и аstaticком магнитометре МА-21.

Для терморазмагничивания образцов использовалась специально изготовленная в лаборатории региональной геофизики и петрофизики ИТиГ ДВО РАН немагнитная печь. Измерения магнитной восприимчивости проводились на приборе KLY-2. Петрографический анализ, выполненный с целью выяснения причин разброса направлений стабильных компонент намагниченности по склонению и наклонению, проводился в лаборатории магматической тектоники ИТиГ ДВО РАН. Терромагнитные исследования выполнялись на терромагнитометре конструкции И.Л. Соловьева. При определении носителей намагниченности учитывались результаты, полученные на электронном микроскопе (Горный университет, г. Санкт-Петербург) и микроанализаторе «Камебакс» (СВКНИИ ДВО РАН, г. Магадан).

Разделение компонент намагниченности выполнялось с помощью компонентного анализа, а происхождение их стабильных компонент изучалось

методами сравнения температурных спектров остаточной и лабораторной термоостаточной намагниченности, а также коэрцитивных спектров нормальных намагниченностей, полученных из естественного и нулевого состояний.

Глава 3. Петромагнитная характеристика ультрамафитов массива Кондер

3.1. Петромагнетизм ультрамафитов

В разделе приведены сведения о значениях величин естественной остаточной намагниченности (NRM) и магнитной восприимчивости (χ) дунитов, клинопироксенитов и косьвитов, занимающих основной объем Кондерской структуры.

Для изучения особенностей магнитных свойств отдельных разновидностей ультрамафитов построены корреляционные диаграммы χ –NRM. С этой целью для каждой разновидности по величине магнитной восприимчивости выделялись группы: слабомагнитных (χ до $100 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ), среднемагнитных ($\chi = (100-300) \cdot 10^{-5}$ ед. СИ) и $\chi = (300-1000) \cdot 10^{-5}$ ед. СИ), магнитных ($\chi = (1000-10000) \cdot 10^{-5}$ ед. СИ) и сильномагнитных ($\chi > 10000 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ) пород, для которых рассчитывались средние величины их магнитных параметров. Диаграммы строились также для отдельных разновидностей дунитов (равномернозернистых; порфировидных; крупнозернистых).

Величины магнитных параметров любой породы зависят от входящих в ее состав ферромагнетиков, следовательно, разделение коллекций каждой разновидности на несколько групп определяется особенностями фазового состава ферромагнитных минералов, сформированных как при образовании пород, так и при их последующих изменениях в результате имевших место на массиве метасоматических процессов, главным из которых является серпентинизация. Об этом свидетельствует наличие в коллекциях ультрамафитов образцов с аномально низкими значениями плотности ($< 2.8 \text{ г/см}^3$) – измененных пород, – поскольку именно серпентинизация приводит не только к увеличению магнитных параметров ультрамафитов, но и к уменьшению их плотностей (Ваноян, 1988; Коллеганов, 1966). Для подобных образцов также строились зависимости χ –NRM.

Для образцов каждой разновидности ультрамафитов установлена прямая зависимость между магнитными параметрами. Но основным результатом их изучения явилось то, что интервалы изменения их средних величин очень широки. Это косвенно свидетельствует о наличии в коллекциях как совершенно неизменных (или в очень незначительной степени затронутых наложенными вторичными метасоматическими процессами), так и в значительной степени измененных образцов, что в дальнейшем было установлено по результатам проведенного петрографического анализа.

3.2. Носители остаточной намагниченности ультрамафитов

В этом разделе приведены сведения о минералах, способных нести остаточную намагниченность, а также о результатах определения ее носителей, установленных с помощью термомагнитного анализа (ТМА), по результатам которого

определялись температуры Кюри (T_k) и диагностировались ферромагнитные минералы образцов трех разновидностей кондерских ультрамафитов.

Установлено, что в магнитных фракциях дунитов присутствуют: (1) феррихромшпинелиды с $T_k \sim 545^\circ-570^\circ \text{ C}$; (2) титаномагнетиты с $T_k \sim 564^\circ-570^\circ \text{ C}$; (3) ферримагнетики серии твердых растворов магнетит-маггемит с $T_k \sim 580^\circ-630^\circ \text{ C}$. Для них установлены три типа необратимых термомагнитных кривых. Магнитные минералы первого типа имеют пониженные, по сравнению со стехиометрическим магнетитом, T_k и относятся к феррихромшпинелидам без маггемитовой составляющей. Подобный тип характеризуется равными исходными и конечными магнитными состояниями. При этом, кривые фиксируют изменения, происходившие при прокаливании, обусловленные процессом структурно-чувствительной диффузии (Жилева и др., 1970). Минералы, охарактеризованные вторым типом кривых, имеют также пониженные, по сравнению с магнетитом, T_k и относятся к титаномагнетитам, отличительной особенностью которых является резкое увеличение их намагниченности в результате прокаливании. Основными минералами, характеризующимися третьим типом кривых, являются ферримагнетики серии твердых растворов магнетит-маггемит, имеющие повышенные, по сравнению с магнетитом, T_k и отличающиеся уменьшением их начального значения в результате нагрева.

Для клинопироксенитов, по результатам ТМА, диагностирован один ферримагнитный минерал. По пониженным температурам Кюри он определен как титаномагнетит. В результате микроскопического и микронзондового исследований установлено, что речь идет о магнетите с изоморфной примесью титана (Малич, 1989). Для всех клинопироксенитов зафиксирован один тип кривых, отличительной особенностью которого являются равные исходные и конечные магнитные состояния. При этом на термомагнитных кривых зафиксированы происходившие при прокаливании изменения, но отсутствуют явные γ - α -переходы, что указывает на отсутствие маггемита в ферримагнитной фракции.

Установлено, что состав ферромагнитной фракции косьвитов значительно не отличается от состава ферромагнитной фракции клинопироксенитов. Носитель намагниченности определен в результате ТМА по пониженным (в сравнении с T_k стехиометрического магнетита) температурам Кюри как титаномагнетит. В действительности, как и в случаях клинопироксенитов, речь идет о магнетите с изоморфной примесью титана, но в некоторых образцах содержится маггемит. Для магнитной фракции косьвитов установлены два типа кривых. Первый тип присущ вышеупомянутым магнетитам и характеризуется равными исходным и конечным магнитными состояниями. На необратимых кривых подобного типа не зафиксировано явного γ - α -перехода, указывающего на наличие маггемита. Второй тип присущ маггемитсодержащим магнетитам с изоморфной примесью титана. Особенностью таких ферримагнетиков являются также пониженные, по сравнению с магнетитом, температуры Кюри и заметное уменьшение начальных значений намагниченности при прогревах, указывающее на присутствие маггемита, несмотря на отсутствие явного γ - α -перехода на кривых.

Глава 4. Палеомагнитная характеристика ультрамафитов массива Кондер

4.1. Палеомагнетизм дунитов

С помощью температурной чистки установлено, что NRM дунитов может быть как однокомпонентной, так и двухкомпонентной. Результатом ее проведения явилось выделение стабильных составляющих намагниченности исключительно прямой полярности, которые формируют на стереопроекции три совокупности направлений. Одна из них имеет среднее направление, близкое к направлению современного магнитного поля. Две другие совокупности северо-восточного и юго-восточного направлений характеризуются разбросом по склонению и, особенно, по наклонению.

Для выяснения причин этого разброса исследовались результаты петрографического анализа, выполненного для образцов, имеющих стабильные компоненты NRM разного направления с разными величинами склонения и наклонения. Установлено, что метасоматические процессы (определяющим из которых является серпентинизация) в наибольшей степени проявлены в образцах, имеющих однокомпонентную намагниченность с направлением, близким к направлению современного магнитного поля. Намагниченность таких образцов определяется вторичным, связанным с высокой (не ниже 30 %) степенью их серпентинизации, ферромагнетиком серии твердых растворов магнетит-маггемит. На то, что в этом случае мы имеем дело с вторичной намагниченностью, указывают величины параметра $N_T (< 0.24)$, полученные для образцов, содержащих многодоменный ферромагнетик. Выделить в подобных образцах какую-либо другую компоненту, кроме современной, не удается. Такие образцы при расчете координат палеополюсов не учитывались.

Стабильные компоненты намагниченности северо-восточного направления выделены только у образцов дунитов из зон контактов (или вблизи с ними) с малоомощными жилами и дайками косьвитов и щелочных сиенитов. Они характеризуют магнитное поле времени образования этих интрузивных тел (иначе говоря, их возраст). Уточнение среднего направления совокупности подобных стабильных компонент NRM позволит более точно определить направление магнитного поля времени образования жильных и дайковых тел.

В результате проведенного петрографического анализа установлено, что особенно заметно проявление наложенного процесса (серпентинизации) в образцах, имеющих компоненты NRM северо-восточного направления с пологим (до 55°) наклонением. Степень серпентинизации в них достигает 30 % (величины, характерной для образцов, перемагниченных современным магнитным полем). Такие образцы выделены в отдельную группу и не учтены при вычислении координат палеополюса. Величина наклонения, разделившая совокупность северо-восточных компонент, установлена экспериментально и равна 55° . Координаты полюса вычислены только для совокупности направлений с крутым ($> 55^\circ$) наклонением.

По результатам петрографического анализа установлено, что среди совокупности образцов, имеющих стабильные компоненты NRM юго-восточного направления, особенно заметно проявление серпентинизации (15–20 %) в образцах, имеющих компоненты с крутым ($> 55^\circ$) наклонением. Они выделены в отдельную группу. Величина наклонения, разделившая совокупность компонент NRM юго-восточного направления, также определена экспериментально. Вторая группа образцов, имеющих компоненты NRM с пологим ($< 55^\circ$) наклонением, характеризуется либо отсутствием заметных следов метасоматических изменений, либо крайней незначительностью (первые проценты) их проявления. Координаты палеополюсов для этих групп вычислены отдельно.

По результатам ТМА установлено, что намагниченность образцов, имеющих стабильные компоненты NRM северо-восточного направления с крутым и пологим наклонениями, а также юго-восточного направления с крутым наклонением, определяется, как и в случае образцов, перемагниченных современным магнитным полем, вторичными ферромагнетиками серии твердых растворов магнетит-маггемит.

Однокомпонентные намагниченности юго-восточного направления с пологим ($< 55^\circ$) наклонением и двухкомпонентные, содержащие стабильные составляющие NRM подобного направления, определяются, соответственно, феррихромшпинелидами и титаномагнетитами.

4.2. Палеомагнетизм клинопироксенитов

В результате проведенной температурной чистки установлено, что намагниченность этой разновидности кондерских ультрамафитов является в подавляющем большинстве случаев однокомпонентной. Для клинопироксенитов, как и для дунитов, выделены стабильные составляющие NRM только прямой полярности, которые формируют на стереопроекции три совокупности векторов, со средним направлением NRM, совпадающим с направлением, выделенным для дунитов.

Совокупности стабильных компонент NRM северо-восточного и юго-восточного направлений характеризуются разбросом, особенно заметным по наклонению. Для выяснения причин этого разброса привлечены, как и в случае дунитов, результаты петрографического анализа, выполненного для образцов, имеющих стабильные компоненты NRM разного направления с разным склонением и наклонением.

По результатам петрографического анализа установлена максимальная проявленность наложенных метасоматических процессов с образованием вторичных ферромагнетиков в образцах, имеющих однокомпонентную намагниченность с направлением, близким к направлению современного магнитного поля. В этом случае мы имеем дело с намагниченностью не термоостаточного происхождения, о чем свидетельствует величина параметра $N_T (< 0.24)$, полученная для образцов,

содержащих многодоменный ферромагнетик. Такие образцы при вычислении координат палеополюса не учитывались.

Стабильные составляющие северо-восточного направления выделены у образцов, контактирующих с маломощными жилами и дайками щелочных сиенитов. Выделение стабильных компонент NRM подобного направления указывает на то, что, как и в случае с дунитами, намагниченность таких образцов зафиксировала направление магнитного поля времени образования маломощных жил и даек щелочных сиенитов. Близость средних направлений совокупностей северо-восточных компонент, выделенных у дунитов и клинопироксенитов, свидетельствует об одновременности образования в них жильных и дайковых тел разного состава. Уточнение направления характеристической компоненты NRM, выделенного для клинопироксенитов, контактирующих со щелочными сиенитами, позволит, как и для дунитов, точнее определить направление магнитного поля времени образования сиенитов.

Установлено, что совокупность образцов, имеющих компоненты NRM северо-восточного направления с пологим ($< 55^\circ$) наклоном, отличается высокой степенью метасоматических изменений. Она выделялась в отдельную группу, для которой координаты палеополюса не вычислялись. Величина наклона, разделившая совокупность компонент северо-восточного направления, установлена экспериментально. Координаты виртуального палеополюса вычислялись только для совокупности компонент северо-восточного направления с крутым ($> 55^\circ$) наклоном (характеризующей магнитное поле времени образования жил и даек щелочных сиенитов в клинопироксенитах).

В результате проведенного петрографического анализа установлено, что среди образцов, имеющих стабильные компоненты NRM юго-восточного направления, наибольшей степенью метасоматических изменений характеризуются образцы с компонентами, имеющими крутое ($> 55^\circ$) наклонение. По степени проявленности наложенных метасоматических процессов совокупность образцов со стабильными компонентами NRM юго-восточного направления разделена на две. Величина наклона, разделившая эту совокупность, определена экспериментально. Координаты виртуальных палеополюсов вычислены для этих групп отдельно.

Установлено, что в случае образцов, имеющих компоненты NRM с крутым ($> 55^\circ$) наклоном, мы имеем дело с намагниченностью не термоостаточного происхождения. На это указывают величины параметра N_T (< 0.24), полученные для образцов, содержащих многодоменный ферромагнетик. Группа образцов, имеющих компоненты с пологим ($< 55^\circ$) наклоном, характеризуется отсутствием заметных следов метасоматических изменений или крайней незначительностью их проявлений. По результатам ТМА установлено, что намагниченность всех изученных клинопироксенитов определяется одним ферромагнитным минералом – магнетитом с изоморфной примесью титана (Малич, 1989).

4.3. Палеомагнетизм косьвитов

С помощью температурной чистки установлено, что косьвиты имеют в большинстве случаев однокомпонентную NRM. Компоненты намагниченности только прямой полярности формируют на стереопроекции две группы векторов, имеющих среднее направление, близкое к направлению современного магнитного поля и северо-восточное. Среднее направление группы северо-восточных векторов стабильных компонент NRM, выделенных у косьвитов, близко среднему направлению групп северо-восточных векторов компонент NRM, выделенных у дунитов и клинопироксенитов из зон их контактов с маломощными жилами и дайками косьвитов и щелочных сиенитов. Близость этих средних направлений свидетельствует о том, что вообще намагниченность северо-восточного направления характеризует магнитное поле времени образования этих маломощных интрузивных тел. Для совокупности компонент NRM северо-восточного направления, выделенных у косьвитов, наблюдается, как и в случае других разновидностей ультрамафитов, разброс в направлениях по углу наклона.

По результатам петрографического анализа, проведенного для образцов, имеющих стабильные компоненты с крутым и пологим наклонами, и образца, полностью перемагниченого современным магнитным полем (выступающего в качестве примера крайнего случая изменений), установлено, что во втором и третьем случаях образцы косьвитов характеризуются частично и полностью неупорядоченными текстурами основных породообразующих минералов. В таких образцах присутствуют структуры распада с образованием вторичных магнитных минералов. В подобных случаях мы имеем дело со вторичной намагниченностью не термоостаточного происхождения, о чем свидетельствуют величины параметра N_T (< 0.24), полученные для образцов, содержащих многодоменный ферромагнетик. По результатам ТМА установлено, что намагниченность подобных образцов определяется вторичным ферромагнетиком серии твердых растворов магнетит-маггемит. Образцы, имеющие стабильные компоненты NRM северо-восточного направления с пологим ($< 55^\circ$) наклоном (их оказалось всего 2), несмотря на их малочисленность, выделены в отдельную группу. Они вместе с группой косьвитов, перемагниченных современным магнитным полем, при вычислении координат палеополюса не учитывались. Величина наклона, разделившая группу северо-восточных компонент NRM, установлена экспериментально и равна 55° . Координаты виртуального палеополюса вычислены только для группы образцов косьвитов, имеющих стабильные компоненты NRM с крутым ($> 55^\circ$) наклоном. По результатам ТМА намагниченность таких образцов определяется изоморфно замещенными титаном магнетитами без маггемитовой составляющей.

4.4. Свидетельства термоостаточной природы и первичности образования некоторых компонент намагниченности ультрамафитов

Рассмотрены данные, указывающие на то, что только выделенные в дунитах и клинопироксенитах компоненты намагниченности юго-восточного направле-

ния с пологим ($<55^\circ$) наклоном и выделенная в косьвитах компонента NRM северо-восточного направления с крутым ($>55^\circ$) наклоном имеют термооста-точную природу образования. Они включают два факта. Первый – совпадение температурных спектров выделенной и созданной лабораторной термоостаточной намагниченности после 400°C . Второй – величина параметра N_T в образцах с многодоменными зернами ферромагнетика превышает значение 0.24. Это свидетельствует о том, что ферромагнитная компонента образцов испытывала воздействие температур выше T_k на стадии их кристаллизации.

Установлены факты, свидетельствующие о первичности образования упомянутых выше компонент намагниченности. Для дунитов – совпадение направлений юго-восточных векторов стабильных компонент NRM, имеющих пологое ($<55^\circ$) наклонение, выделенных для образцов, содержащих разные магнитные минералы (феррихромшпинелиды, титаномагнетиты). Для клинопироксенитов – совпадение вектора определенной для них характеристической компоненты NRM юго-восточного направления, имеющей пологое ($<55^\circ$) наклонение, с вектором выделенной для образцов дунитов характеристической компоненты NRM подобного направления, для которой есть свидетельства ее первичности. Для косьвитов – близость векторов характеристических компонент NRM северо-восточного направления с крутым ($>55^\circ$) наклоном, выделенных для образцов косьвитов и дунитов, контактирующих между собой. Они рассматриваются как обжигающие и обожженные.

Дополнительный аргумент – совпадение направлений стабильных компонент NRM у образцов каждой разновидности ультрамафитов из удаленных (до 7 км) друг от друга точек отбора.

Сделан вывод, что по положению виртуальных палеомагнитных полюсов, вычисленных для перечисленных выше направлений характеристических компонент NRM, можно оценить возраст ультрамафитов и возраст массива Кондер в целом.

Глава 5. Возраст ультрамафитов и эволюция массива Кондер по палеомагнитным данным

5.1. Оценка возраста ультрамафитов

В качестве референтных использованы следующие данные, приведенные на рис.:

1) фрагмент (А) сибирской кривой кажущейся миграции полюса (КМП) в интервале поздний рифей–средний кембрий (Павлов и др., 2002);

2) фрагменты (Б и В) траектории КМП Сибирской платформы в интервале поздний кембрий–средний триас (Храмов, 1991; Печерский, Диденко, 1995);

3) траектория (Г) КМП для Евразии за последние 200 млн лет (Besse, Courtillot, 1991).

Координаты палеополюсов вычислены, в первую очередь, по характеристическим компонентам NRM, выделенным для дунитов, клинопироксенитов и косьвитов, для которых получены свидетельства первичности и термоостаточной при-

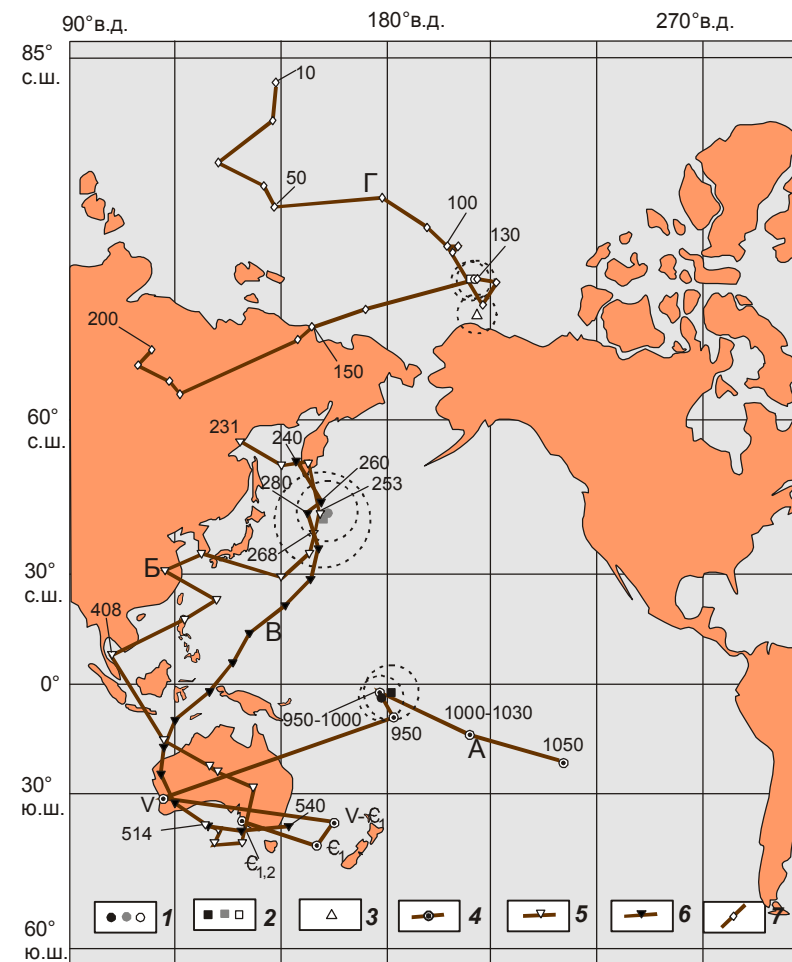


Рис. Палеомагнитные полюсы, полученные для трех разновидностей ультрамафитов массива Кондер.

1 – Дуниты, 2 – клинопироксениты, 3 – косьвиты. Залитые (черные и серые) значки – соответственно, докембрийские и палеозойские, полые – мезозойские направления; 4 – фрагмент (А) сибирской кривой КМП в интервале поздний рифей–средний кембрий (Павлов и др., 2002); 5 – фрагмент траектории (Б) КМП Сибирской платформы в интервале поздний кембрий–средний триас (Храмов, 1991), 6 – фрагмент траектории (В) КМП Сибирской платформы в том же интервале поздний кембрий–средний триас (Печерский, Диденко, 1995); 7 – фрагмент траектории (Г) КМП для Евразии за 200 млн лет (Besse, Courtillot, 1991). Цифрами указан возраст, млн лет. Штриховой линией обозначены круги погрешности в определении положения северного геомагнитного полюса для уровня вероятности 0.95.

роды образования NRM, и, во вторую очередь, по характеристическим компонентам NRM юго-восточного и северо-восточного направлений с крутым ($> 55^\circ$) наклоном, выделенным для дунитов и клинопироксенитов.

Из сопоставления полученных для дунитов, клинопироксенитов и косьвитов палеомагнитных полюсов друг с другом и с референтными полюсами сделаны выводы: (1) об одновременности кристаллизации дунитов и клинопироксенитов ядерной части массива и об их позднепротерозойском (1000–950 млн лет, поздний рифей) возрасте; (2) о позднемезозойском (130–110 млн лет, ранний мел) возрасте косьвитов. Возраст массива Кондер в целом оценивается по палеомагнитным данным, полученным для наиболее древних разновидностей ультрамафитов – дунитов и клинопироксенитов, как позднепротерозойский.

По наличию в изученной коллекции ультрамафитов образцов, имеющих векторы NRM юго-восточного и северо-восточного направлений с крутым ($> 55^\circ$) наклоном, сделан вывод о палеозойском и мезозойском этапах активизации, оставивших след на массиве. Дополнительным свидетельством, подтверждающим это заключение, служат, с одной стороны, геохронологические определения порядка 150–120 млн лет (Орлова и др., 1978; Некрасов и др., 1994; Пушкарев и др., 2002 и др.), с другой стороны, определение в 250 млн лет, полученное K-Ar методом (Ельянов, Андреев, 1991), и данные о возрасте платиноидной минерализации (полученные с помощью Re-Os систематики), варьирующие в интервале 370–260 млн лет (Костянов, 1998).

5.2. Эволюция массива Кондер

По материалам проведенного палеомагнитного исследования кондерских ультрамафитов в эволюции массива выделены три этапа становления.

Первый этап. Поздний рифей. Время установлено в результате палеомагнитного изучения двух разновидностей кондерских ультрамафитов – дунитов и клинопироксенитов. Сибирская платформа находится в этот период времени (по координатам виртуальных палеополюсов, вычисленных для этих наиболее древних разновидностей ультрамафитов) в приэкваториальной области земного шара. На Алданском щите в месте пересечения двух глубинных разломов (Бераинского и Кондеро-Нетского) раннепротерозойского возраста (Ельянов, Моралев, 1973) происходит формирование дунитового штока и клинопироксенитовой оторочки массива Кондер. Обе разновидности (дуниты и клинопироксениты) кондерских ультрамафитов составили одноименный позднепротерозойский интрузивный комплекс.

Второй этап. Поздняя пермь. Время установлено по положению виртуальных палеомагнитных полюсов, вычисленных по характеристическим компонентам намагниченностей, выделенных у дунитов и клинопироксенитов. Сибирская платформа находится в умеренных широтах северного полушария. Алданский щит и Кондерский массив охвачены тектоно-магматической активизацией, вызвавшей частичный разогрев дунитов и клинопироксенитов массива.

Третий этап. Ранний мел. Время этого этапа установлено по положению виртуальных палеомагнитных полюсов, отличающихся от позднепалеозойских. Сибирская платформа находится в это время в высоких широтах северного полушария. Алданский щит и Кондерский массив вновь охвачены тектоно-магматической активизацией. Магматические породы, включающие в себя одну из разновидностей ультрамафитов – косьвиты, образовавшиеся в период этого этапа, отнесены нами к единому кет-капскому интрузивному комплексу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты проведенных исследований заключаются в следующем:

- 1) выделены стабильные компоненты намагниченности для трех разновидностей кондерских ультрамафитовых пород;
- 2) проанализировано влияние вторичных метасоматических изменений различной степени проявленности в образцах трех разновидностей ультрамафитовых пород на направления намагниченности по результатам их петрографического анализа и выделены для каждой разновидности ультрамафитов характеристические направления (или компоненты) намагниченности;
- 3) получены свидетельства термоостаточной природы и первичности некоторых выделенных характеристических компонент намагниченности, позволяющие рассматривать их как древние намагниченности;
- 4) в результате сопоставления рассчитанных палеомагнитных полюсов с известными фрагментами ТКДП Сибирской платформы установлен позднепротерозойский (поздний рифей) возраст дунитов и клинопироксенитов, позднемезозойский (ранний мел) возраст косьвитов и позднепротерозойский (поздний рифей) возраст массива в целом;
- 5) получено палеомагнитное доказательство одновременности образования дунитов и клинопироксенитов, слагающих центральную часть массива, свидетельствующее о вхождении только этих разновидностей ультрамафитов в состав позднепротерозойского кондерского интрузивного комплекса;
- 6) по палеомагнитным данным установлена одновременность образования маломощных дайковых и жильных тел косьвитов и сиенитов в дунитах и клинопироксенитах центральной части массива и дуговых тел косьвитов в его внешней оторочке, что свидетельствует не только о позднемезозойском возрасте третьей разновидности кондерских ультрамафитов – косьвитов, – но и об их вхождении в состав позднемезозойского интрузивного комплекса;
- 7) выделены этапы формирования Кондерского массива, позволяющие проследить его эволюцию.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых журналах

1. Бирюков В.М., **Каретников А.С.**, Косыгин Ю.А. Общие черты эволюции концентрических магматических комплексов кондерского типа (на примере Сыбахского) // Докл. РАН. 1995. Т. 345, № 1. С. 79–83.
2. **Каретников А.С.**, Гурович В.Г. Петрофизические характеристики ультрабазитов массивов Кондер и Чад // Тихоокеан. геология. 2000. Т. 19, № 3. С. 105–111.
3. **Каретников А.С.** О возрасте клинопироксенитов и косьвитов массива Кондер (по палеомагнитным характеристикам) // Геология и геофизика. 2004. Т. 45, № 5. С. 588–599.
4. **Каретников А.С.** К проблеме определения возраста массива Кондер // Тихоокеан. геология. 2005. Т. 24, № 4. С. 76–83.
5. **Каретников А.С.** Возраст и генезис Pt-минерализации массива Кондер: палеомагнитные и радиоизотопные данные // Литосфера. 2006. №3. С. 96–107.
6. **Каретников А.С.** Палеомагнетизм ультрабазитов массива Кондер и оценка его возраста // Тихоокеан. геология. 2009. Т. 28, № 6. С. 23–42.

Главы в монографиях, статьи в сборниках и тезисы докладов

7. **Каретников А.С.**, Гурович В.Г. Палеомагнитные исследования ультрабазитов и базитов массива Кондер // IV Всесоюзный съезд по геомагнетизму. Тез. докл. Ч. II. Владимир-Суздаль. 1991. С. 129–130.
8. Гурович В.Г., **Каретников А.С.**, Романовский Н.П. Магнитные свойства и магнитные аномалии массива Кондер // IV Всесоюзный съезд по геомагнетизму. Тез. докл. Ч. III. Владимир-Суздаль. 1991. С. 86–87.
9. Гурович В.Г., Землянухин В.Н., Емельяненко Е.П., **Каретников А.С.** и др. Геология, петрология и рудоносность Кондерского массива. М.: Наука, 1994. 176 с.
10. **Каретников А.С.** О возрасте массива Кондер (по палеомагнитным данным дунитов) // Тектоника, глубинное строение и геодинамика Востока Азии. III Косыгинские чтения. Хабаровск. 2001. С. 190–200.
11. **Каретников А.С.** Палеомагнитные характеристики и возраст ультрабазитов массива Кондер // Тектоника, глубинное строение и геодинамика Востока Азии. IV Косыгинские чтения. 2003. Хабаровск. С. 276–291.
12. **Каретников А.С.** Свидетельства палеозойской активизации на массиве Кондер // Закономерности строения и эволюции геосфер. Хабаровск. 2004. С. 93–100.
13. **Каретников А.С.** Этапы становления массива Кондер (по палеомагнитным данным его ультрабазитов) // Геология, минералогия и геохимия месторождений благородных металлов Востока России и новые технологии переработки благороднометалльного сырья. Благовещенск. 2005 г. С. 137–141.
14. **Каретников А.С.** О происхождении платиноидов массива Кондер // Рудогенез и металлогения Востока Азии. Якутск. 2006. С. 84–87.
15. **Каретников А.С.** О новой концепции становления массива Кондер // Тектоника, глубинное строение и минерагения Востока Азии. V Косыгинские чтения. Хабаровск. 2006. С. 154–158.

16. **Каретников А.С.** О генезисе платиноидной минерализации массива Кондер // Тектоника и металлогения Северной циркум-пацифики и Восточной Азии. Хабаровск. 2007. С. 475–479.

17. **Каретников А.С.** Эволюция массива Кондер (по палеомагнитным характеристикам его ультрабазитов) // Тектоника и глубинное строение Востока Азии: VI Косыгинские чтения. Хабаровск. 2009. С. 183–186.

18. **Каретников А.С.** Палеомагнетизм ультрабазитов массива Кондер и оценка его возраста // Палеомагнетизм и магнетизм горных пород: Теория, практика, эксперимент. Тезисы семинара. Борок. 2009. С. 21.

19. **Каретников А.С.** Оценка возраста массива Кондер (по палеомагнитным характеристикам его ультрабазитов) // Материалы школы-семинара «Палеомагнетизм и магнетизм горных пород». ИФЗ РАН. Ярославль. ООО «Сервисный центр». 2009. С. 107–110.

Лицензия ПД № 150054 от 28.12.2001

Подписано к печати 17.09.2010 г. Формат 60x84

Печать офсетная. Печ. листов 1

Тираж 100 экз. Заказ 96

Офсетно-ротопринтный цех ИВЭП ДВО РАН
680000 г.Хабаровск, ул. Ким-Ю-Чена, 65