

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертационную работу Воробей Софьи Сергеевны «*Метасоматические ассоциации минералов пород кратонной литосферной мантии на примере ксенолитов трубки Мир и Обнаженная, Якутия*», представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4 «Минералогия, кристаллография, геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых»

Диссертационная работа С.С.Воробей выполнена в Федеральном государственном учреждении науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской революции Институте геохимии и аналитической химии имени В.И.Вернадского Российской академии наук на актуальную тему – реконструкции измененных пород основания литосферной мантии, так как вопросы, связанные с условиями, местом, временем, средой таких преобразований и составом метасоматизирующих агентов являются до сих пор предметом многочисленных научных дискуссий и в полной мере ещё не решены. Установлено, что ксенолиты ультраосновных и основных глубинных пород (в том числе алмазоносных) часто несут следы метасоматических и близповерхностных преобразований различной степени интенсивности, которые указывают на многоэтапную и сложную историю эволюции в мантийных условиях в процессе подъема кимберлита до поверхности Земли.

Удачным следует считать, по мнению оппонента, выбор для детальных минералого-петрографических исследований мантийных ксенолитов из алмазоносной кимберлитовой трубки Мир (Мирнинское кимберлитовое поле) и диатремы Обнаженная (Куойское кимберлитовое поле), для которой алмазы не характерны. Выявление процессов приводящих к изменениям минеральных ассоциаций мантийных пород кратонной литосферной мантии до их захвата в виде ксенолитов кимберлитовыми расплавами, а также в процессе подъема расплавов и формирование трубок различной продуктивности являлись основной целью исследований диссертанта. Для достижения этой цели С.С.Воробей поставлено 6 основных задач, которые успешно реализованы. Для этого автором выполнен большой объём минералого-петрографических и геохимических исследований с использованием современных приборов и методических приёмов. Как итог таких комплексных исследований, автором на защиту выносятся три защищаемых положения, которые **в полной мере обоснованы геологическими, аналитическими и экспериментальными материалами.**

Первое положение посвящено геохимическим признакам метасоматических процессов в мантийных породах кимберлитовых трубок Мир и Обнаженная. Обосновано выделение двух

типов мантийного метасоматоза, происходящего до кимберлитового магматизма – карбонатного и силикатного в трубке Мир, а также силикатного в трубке Обнажённая.

Второе положение освещает вопросы нахождения в магнезиальном алюмохромите из ксенолита гранат-шпинелевого лерцолита трубки Обнажённая включений К-титанатов, что свидетельствует о проявлении процесса мантийного метасоматоза, протекающего под влиянием флюида/расплава, обогащенного Ti и K.

Третье положение освещает результаты экспериментального исследования редких титанатов, образование которых происходит в результате метасоматоза верхнемантийных перидотитов с участием карбонатных флюидов или расплавов в условиях высокой активности калия.

Диссертация состоит из введения, 9 глав и заключения, общим объёмом 199 страниц. В ней содержится 67 рисунков, 24 таблицы и три приложения. Последние занимают значительный объём диссертации – страницы 142-199. Список использованной литературы содержит 198 наименований.

Во **введении** определены цели и задачи диссертации, дана общая характеристика работы и сформулированы защищаемые положения.

Глава 1 **Геологическая характеристика Якутской алмазоносной провинции (ЯАП)** содержит материал, дающий общее представление о регионе исследований. Даны объяснения использованных в работе понятий кратон и террейн. Сделан анализ особенностей формирования литосферной мантии и протокры центральных террейнов Сибирского кратона. Охарактеризовано четыре этапа процессов активизации ЯАП. В краткой, но в достаточной форме дана геологическая характеристика исследуемых объектов. *Несмотря на отсутствие в конце главы кратких выводов по подразделам*, из общих выводов в конце главы подчеркнута важная особенность - **сложность метасоматических процессов в изучаемых диатремах и сравнительное изучение контрастов (по вещественному составу и продуктивности) в пределах Сибирского кратона позволяет проследить характер изменения глубинного материала для разных районов ЯАП.**

В главе 2 дан краткий очерк **метасоматических процессов, протекающих в литосферной мантии**. Проведен анализ понятия метасоматоз. Охарактеризованы различные типы мантийного метасоматоза, а также описаны первично- и вторично-метасоматические процессы. Интересны приведенные новые сведения о главном минерале метасоматоза – гранате. **Сделан автором важный вывод, что процессы мантийного и кимберлитового метасоматоза существенно разделяются по времени их образования в мантии.** На основании результатов собственных исследований и обобщения литературных данных по мантийным ксенолитам из кимберлитов находящихся в различных частях ЯАП диатрем автор

утверждает, что по этим компонентам можно проследить многоэтапную эволюцию в мантийных условиях, которые были подтверждены различными процессами метасоматоза и степени их интенсивности.

В главе 3 «Аналитические методы исследований» приводится характеристика изучаемой представительной коллекции ксенолитов из кимберлитовых трубок Мир и Обнаженная, а также применение для их исследований методов и приёмов: оптической микроскопии, спектроскопии комбинационного рассеяния (КР), рентгеноспектрального микроанализа с электронным зондом, определение химического состава пород и минералов, масс-спектропии с лазерной абляцией (LA ICP-MS), рентгеновской дифрактометрии. Заслуживают высокой оценки результаты проведенной экспериментальной работы, выполненной в ИЭМ РАН (г.Черноголовка).

Глава 4 «Петрографическое описание образцов исследуемых ксенолитов» выполнена квалифицировано с приведением многих фотографий и таблиц. Детально охарактеризован перидотитовый тип парагенезиса (зернистые лерцолиты и пироксенитовые эклогиты). *Отсутствие выводов в конце главы не позволяет определить степень новизны приведенного материала, а также заслуги автора, хотя в целом эта глава производит благоприятное впечатление.*

Глава 5 «Структуры распада в порообразующих минералах» содержит краткий литературный обзор структур распада (5.1), в зернах граната (5.1.1.), клинопироксена (5.1.2), тонкие (зачаточные) структуры распада в гранатах и клинопироксенах (5.1.3), ортопироксенах (5.1.3). Можно согласиться с предложенной автором схемой выпадения – сначала образовались тонкие лалели, потом появляются более крупные, что приводит к увеличению объёма продуктов распада. Убедительным можно считать вывод автора, что структуры распада формируются на начальных стадиях и принадлежат к глубинным процессам, которые были переравновешены в верхней мантии.

В главе 6 «Процесс келифитизации минералов» приведен краткий литературный обзор изученности келифитовых кайм (6.1), процесс их формирования на минералах перидотитов, пироксенитов и эклогитов из кимберлитовых трубок Мир и Обнажённая (6.2); келифитовые каймы: на минералах перидотитовых (6.2.1). пироксенитовых (6.3) и эклогитовых парагенезисов (6.4). Положительным аспектом главы является насыщенность фотографиями и таблицами. *Из замечаний к главе следует отметить отсутствие хотя бы кратких выводов в конце подразделов 6.1-6.3, что затрудняет оценку вклада автора в получение приведенных материалов.* Однако, из общих выводов в конце подраздела 6.4 можно оценить важный вывод автора о двух крупных этапах метасоматизма, первый из которых (более древний) привёл к существенному изменению химизма пород и

минералов, а во второй – происходило развитие глубинного термохимического Якутского плюма.

Очень интересной, по мнению оппонента, является глава 7 «**Природные включения редких K-Al-Ti-содержащих фаз в магнезиальном алюмохромите из ксенолита гранат-шпинелевого лерцолита (трубка Обнаженная)**», в которой приведены результаты детального изучения как традиционных минералов таких ксенолитов (гранат, оливин, ортопироксен, клинопироксен, шпинель), так и **впервые диагностируемого в кимберлитах изоструктурного линдквистита. Наличие свежих аналитических сведений делает эту главу привлекательной, несмотря на отсутствие выводов в конце главы.**

Глава 8 «**Синтез редких K-титанатов в системах шпинель-рутил/ильменит-флюид при 5ГПа**» содержит экспериментальные данные, проведенных с участием автора исследований с гранат-шпинелевым лерцолитом из кимберлитов трубки Обнажённая. Описана техника и методика исследований (8.1.1), освещен фактический материал (8.1.2). В подразделе 8.2 «**Экспериментальные исследования в приложении к природным данным**» также вначале приведен литературный обзор (8.2.1), синтез прайдерита (8.2.2), метиасита (8.2.3), K-имэнгита (8.2.4), о роли редких K-титанатов в процессе мантийного метасоматоза (8.2.5). **В обширных выводах главы (пораздельно таковые отсутствуют) приведены предположения (а иногда и утверждения) по различным стадиям метасоматоза и возможным использованиям их к характеристике природных объектов.**

В главе 9 «**Генетические вопросы происхождения мантийных ксенолитов из трубок Мир и Обнажённая**» приведены геохимические особенности минералов кимберлитов (9.1), где рассмотрены гранат (9.1.1) и клинопироксен (9.1.2). В подразделе 9.2 освещена оценка температур и давления при образовании мантийных ксенолитов из трубок Мир и Обнажённая. Материалы главы особых замечаний не вызывают, так как выводы и содержание построены на полученных аналитических и экспериментальных материалах.

Завершает текстовую часть диссертации раздел «**Основные научные результаты**», являющийся, по-видимому» Заключением (выводами), хотя таковые не обозначены. После списка использованной литературы, помещены обширные приложения.

Завершая анализ содержания диссертационной работы С.С.Воробей, следует отметить, что автором **впервые обнаружена в составе изучаемых ксенолитов минеральная фаза, изоструктурная линдквиститу, находящаяся в сростаниях с имэнгитом, матиаситом, кальцитом, доломитом, флогопитом, серпентином и рутилом в магнезиальном алюмохромите из гранат-шпинелевого лерцолита трубки Обнажённая. Полученные диссертантом данные напрямую подтверждают возможность совместного образования титанатов в результате метасоматоза верхнемантийных перидотитов с участием**

карбонатных флюидов или расплавов в условиях высокой активности калия. Находки в виде включений в магнезиальном алюмохромите редких К-титанатов (минерал, изоструктурный линдквиститу, имэнгит и матиасит) дают ценную информацию о глубинных мантийных и близповерхностных процессах изменения.

Наряду с очень положительным впечатлением от содержания диссертации и автореферата С.С.Воробей, у оппонента возник и ряд замечаний, часть из которых отмечена при по главном рассмотрении работы. К общим замечаниям к работе можно отнести следующие:

1. Диссертационная работа С.С.Воробей существенно выиграла бы, если бы в ней были приведены схемы с точками отбора изучаемых ксенолитов или хотя бы указывалась приуроченность их к тем или иным геолого-петрографическим типам кимберлитов. По крайней мере это усилило бы отдельные аспекты генетических построений автора.

2. К общим недостаткам рассматриваемой работы следует отнести некоторую небрежность в оформлении диссертации. Так, например, на странице 99 диссертации обозначен подраздел 9.1 – «Геохимические данные» и под такой же рубрикой на странице 100 под таким же номером 9.1 уже значится подраздел «Геохимические особенности минералов кимберлитов».

3. Отсутствие сформулированных защищаемых положений в конкретных главах или хотя бы указаний, к каким частям они относятся (их формулировка размещена лишь во введении) затрудняет определение соответствующей принадлежности (9 глав и три защищаемые положения).

Все высказанные выше замечания носят технический или пожелательный характер и не умоляют достижений автора, представленная к защите диссертационная работа свидетельствует о том, что С.С.Воробей является высококвалифицированным специалистом, видит цели, ставит задачи, успешно их решает с использованием современных методов исследований и умело обобщает полученные разноплановые материалы. Диссертация С.С.Воробей представляет собой на высоком уровне исследования, содержащее ряд новых и оригинальных результатов как в концептуальном, так и в методическом плане. Тема её работы является актуальной, защищаемые положения и выводы обоснованы и изложены в 7 статьях, опубликованных в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ и в 6 работах в других научных изданиях, а также обнародованы на многих научных форумах. Достоверность сделанных заключений не вызывает сомнений. Особое значение имеют оригинальные авторские подходы в области комплексного и экспериментального изучения особенностей метасоматического изучения основных минералов глубинных ксенолитов из кимберлитовых пород. Диссертация С.С.Воробей носит законченный характер, имеет несомненную

теоретическую и практическую значимость. Она написана ясным научным языком и хорошо иллюстрирована. Автореферат отвечает содержанию диссертации.

По мнению оппонента, представленная к защите работа С.С.Воробей «*Метасоматические ассоциации минералов пород кратонной литосферной мантии на примере ксенолитов трубок Мир и Обнажённая, Якутия*» является научным достижением и большим вкладом в наше понимание и оценку времени образования глубинных комплексов различных горных пород. Это соответствует требованиям п.п.9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года №-842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук, а её автор Воробей Софья Сергеевна заслуживает присуждения искомой степени по специальности 1.6.4 «Минералогия, кристаллография, геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых».

Официальный оппонент:

Зинчук Николай Николаевич

доктор геолого-минералогических наук, профессор,
академик Академии наук Республики Саха (Якутия),
председатель Западно-Якутского научного центра (ЗЯНЦ) АН РС (Я)

Западно-Якутский научный центр (ЗЯНЦ) Академии наук Республики Саха (Якутия)

Адрес организации:

678170, г. Мирный, Республика Саха (Якутия), ул.Тихонова,5/1, ЗЯНЦ АН РС (Я).

Тел.моб.8-980-663-01-86.

E-mail: nnzinchuk@rambler.ru.

Я, Зинчук Николай Николаевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

«01» сентября 2023 года



Н.Н.Зинчук

Подпись Зинчука Н.Н. удостоверяю
Ученый секретарь ЗЯНЦ АН РС (Я),
кандидат физико-математических наук
Шадрина Людмила Панкратьевна



«01» сентября 2023 г