

## ОТЗЫВ

на диссертацию

А.М. Фетисовой «Магнитная стратиграфия вулканических пород Маймеча-Котуйской провинции и длительность формирования траппов северо-запада Сибирской платформы», представленную на соискание степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.01 – общая и региональная геология

Проблема образования Больших Магматических Провинций (БМП) на Земле привлекает в последние два десятилетия специалистов разных, иногда полярных, профессий: геофизиков, петрологов, геохимиков, палеонтологов, метеорологов. Это обусловлено огромной ролью БМП, которую они играют в истории развития Земли. Наибольшей популярностью пользуется Сибирская трапповая провинция, являющаяся по своим размерам крупнейшей континентальной БМП. Время ее формирования совпадает с самым массовым вымиранием жизни в истории нашей планеты (на границе перми и триаса), что ставит вопрос о влиянии извержения базальтов на состав атмосферы. Специфической особенностью Сибирских траппов является приуроченность к ним уникальных платино-медно-никелевых месторождений (Норильский район).

Таким образом, вопрос о механизме формирования этой уникальной территории, а также установление закономерностей процесса рудообразования в ней является актуальным не только с точки зрения фундаментальной науки, но и имеет огромное прикладное значение. Несмотря на десятки публикаций, появляющихся каждый год на эту тему, многие вопросы развития магматизма на Сибирской платформе остаются нерешенными до сих пор. Это связано, безусловно, со сложностью самого процесса образования мощной вулканогенной толщи. Фрагментарность исследования такого огромного региона привела к появлению очень упрощенных схем его строения и, как следствие этого, эволюции магматизма. Проблема заключается в том, что детальные исследования туфо-лавова и интрузивных комплексов перми-раннего триаса были выполнены в процессе геологических работ разными организациями в разных частях провинции, в результате чего разработаны легенды, которые очень трудно сбить между собой в настоящее время. Это наглядно видно даже в пределах такого хорошо изученного района, как Норильский, где выполнен большой объем прецизионных геохимических исследований позволил существенно уточнить схему развития магматизма. Таким образом, понять общую эволюцию магматического процесса при образовании Сибирской трапповой провинции возможно только при детальном сравнении схем эволюции магматизма в разных ее частях.

Сопоставление строения вулканогенной толщи Норильского и Маймеч-Котуйского районов проводилось исследователями давно – начиная с 70-ых годов прошлого столетия, с работ новосибирских геологов (Золотухина и др., 1978, 1986). В последнее десятилетие эти сравнительные работы осуществлялись на базе новых аналитических методов, включая изотопные исследования. На основании этих данных был сделан вывод о формировании туфо-лавовой толщи Маймеч-Котуйского района позже, чем Норильских вулканитов (Arndt et al., 1998). Оба разреза обладают очень большой мощностью эффузивов – максимальной для Сибирских траппов, – поэтому так важна схема их сопоставления, отражающая последовательность их образования. В связи с этим, можно констатировать, что работа Анны Михайловны Фетисовой находится на «острие науки».

А.М. Фетисова проводила как полевые, так и камеральные исследования, поэтому ее личный вклад в решение этой проблемы не вызывает сомнений.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы из 88 наименований и списка публикаций автора по данной проблеме. Она содержит 32 рисунка, 7 таблиц, общий объем ее составляет 114 стр.

Во **введении** автором продемонстрирована актуальность данной темы исследований, указаны цели и задачи, показана научная и практическая значимость проделанной работы, а также сформулированы основные защищаемые положения. Эта часть работы характеризуется четкостью формулировок и замечаний не вызывает.

**Глава 1** посвящена геологическому описанию района исследований, с краткой характеристикой стратифицированных отложений, интрузивных пород, тектонического строения и истории геологического развития. Наибольший интерес в этой главе вызывают породы вулканогенной толщи, изученные автором в полевых условиях по коренным обнажениям в долинах рек Котуй и Маймеч. Достаточно подробно автором описаны породы разных свит: хардахской, арыджангской онкучакской, правобоярской, дельканской и маймечинской. Оппоненту представляется, что в этой главе целесообразно было бы привести сводные стратиграфические колонки этих пород по указанным разрезам, а не ограничиваться только общей характеристикой базальтов (толеитовые, щелочные, ультраосновные), а также поместить конкретные данные по их составу. Это облегчило бы для читателя восприятие изложенного далее материала и позволило бы ясно представить основные черты сходства и различия изученных разрезов туфо-лавовой толщи в этом районе.

При анализе существующих моделей формирования Сибирских траппов, в частности, объясняющих отсутствие сводового воздымания территории в предполагаемой области воздействия плюма, следовало бы указать модель А.В. Соболева и С.В. Соболева, опубликованную в высокорейтинговых журналах Science (2008) и Nature (2011).

В **Главе 2** рассматриваются методика и результаты палеомагнитных исследований образцов, отобранных в полевых условиях. В ней детально проанализированы работы предшественников и сформулированы задачи для данной работы. Сделан вывод о том, что современные методы для изучения магнитостратиграфии вулканитов района не применялись. Автором детально рассмотрены палеомагнитные характеристики свит, их отдельных частей, приводятся стереограммы, диаграммы Зийдервельда и кривые размагничивания типичных образцов, а также показаны рассчитанные в данной работе средние виртуальные геомагнитные полюса. Сделаны выводы о первичной обратной намагниченности хардахской и, вероятно, правобоярской свит. По поводу последней существуют некоторые разногласия с данными предыдущих исследователей, на основании чего А.М. Фетисова делает логичный вывод о необходимости проведения расширенных исследований этой свиты. Здесь следует подчеркнуть, что состав и строение правобоярской свиты действительно исследованы недостаточно, в частности, она сопоставляется с нижней частью Норильского разреза, включающей ивакинскую, сыверминскую, гудчихинскую, туклонскую, надеждинскую и часть моронговской свит (Arndt et al., 1998), которая состоит из принципиально разных по составу и генезису пород. В дальнейшем необходимо уточнить ее строение и состав и провести корреляцию более точно.

Различные характеристики нижней и верхней частей онкучакской свиты (прямая и обратная намагниченность пород), а также различия в их составе, вероятно, указывают на объединение в ее составе различных по своей природе продуктов вулканизма. Хотя в верхней части разреза также отмечается интервал прямой намагниченности, автор делает справедливый вывод о том, что инверсия магнитного поля произошла в онкучакское время, а не на границе онкучакской и тыванкитской свит. А.М. Фетисовой также были исследованы породы дельканской и маймечинской свит, для которых были рассчитаны средние палеомагнитные направления.

В **Главе 3** проводится оценка длительности вулканизма на изученной территории на основании выделения пульсов вулканической активности. Автором рассмотрены ограничения при интерпретации данных, используемых для этих целей, и сделан вывод о кратковременности образования вулканогенных пород в долине р. Котуй – весь интервал их формирования оценивается в 10-100 тыс. лет.

В **Главе 4** А.М. Фетисовой выполнено сопоставление разрезов вулканитов Норильского и Маймеча-Котуйского районов. Это очень важный раздел диссертации, позволяющий сделать выводы о развитии магматизма на севере Сибирской платформы. В целом лавы Норильского района (10 из 11 свит) обладают прямой полярностью (за исключением самой нижней, ивакинской, свиты, характеризующейся обратной

намагниченностью, и части самоедской свиты), в то время как вулканиты Маймеча-Котуйской провинции имеют более сложное строение. А.М. Фетисовой детально проанализированы палеоманитные данные и полученные ранее изотопные определения возраста ( $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  и U-Pb методами), рассмотрены схемы возможной корреляции вулканитов указанных районов по результатам работ разных авторов и предложены собственные схемы их сопоставления. Сделан справедливый вывод о том, что в то время как происходило извержение лав, сформировавших нижние свиты в Норильском районе, магматическая деятельность отсутствовала в Маймеча-Котуйской провинции, вероятно, за исключением формирования хардахской свиты. С верхней частью Норильского разреза (средняя часть надеждинской свиты - середина самоедской свиты) автором сопоставляется арыджангская и нижняя часть онкучакской свиты, а более конкретно (с использованием полученных полюсов) – с моронговско-мокулаевской частью разреза. Таким образом, наблюдается частичное перекрытие во времени формирования туфо-лавовых пород разных районов севера Сибирской платформы.

Полностью разделяя высказанную точку зрения автора на образование вулканических пород рассмотренных территорий, следует отметить, что для более точной корреляции разрезов и интерпретации развития магматизма необходимо привлекать данные по геохимии пород, которые отсутствуют в диссертации. Невозможно согласиться с заявлением диссертантки и о том, что породы трапповой формации характеризуются сильной изменчивостью состава. Если таковые наблюдаются, то это свидетельствует не о латеральной их вариабельности, а о существовании разных по составу источников исходных магм. В действительности установлено, что типичные породы собственно траппового этапа магматизма на Сибирской платформе (начиная с моронговской свиты, более ранние образования были образованы в условиях рифтогенного режима) характеризуются высокой степенью стабильности геохимических параметров – как содержаниями главных, так и редких элементов, включая изотопные характеристики. Самым надежным маркирующим горизонтом на севере платформы является надаянский горизонт (расположенный в основании мокулаевской свиты), распространенный на площади 48 000 км<sup>2</sup> (Старосельцев, 1989). Особенности его состава изучены во многих точках (на расстоянии 300-400 км) и свидетельствуют об удивительной его постоянности. Это же можно сказать о породах моронговской и мокулаевской свит (верхние свиты отсутствуют в других частях трапповой провинции вследствие действия поздних эрозионных процессов), геохимические характеристики которых очень устойчивы также на протяжении более 300 км (Нестеренко и др., 1991; Lightfoot et al., 1993 и др.). В частности, породы этих свит очень хорошо различаются по содержанию титана, что использовали исследователи при картировании

указанных свит в районе плато Путорана и Норильском (Г. Нестеренко и П.Тихоненков): если в моронговской свите его содержания всегда меньше 1.2 мас.%, то в мокулаевской свите – стабильно выше этого значения. При отсутствии (например, недостаточной обнаженности) надаянского горизонта в изучаемых обнажениях легко привязаться к разрезу, используя эту особенность состава пород. Таким образом, лавы онкучакской свиты сопоставляются с породами мокулаевской, а не моронговской свиты. Более того, вышележащие образования (хараелахская-самоедская свиты) отличаются повышенными содержаниями титана, концентрации которого увеличиваются вверх по разрезу до 2 мас.%. Существуют закономерные изменения и в содержаниях других элементов (в частности, редкоземельных).

Использование геохимических данных в совокупности с палеомагнитными дает гораздо больше информации о развитии магматизма в пределах всей Сибирской платформы, чем их изолированное употребление. Оно помогает сделать выводы о существовании в одно и то же время различных магматических очагов, о характере их функционирования – постоянном или прерывистом, о миграции во времени и пространстве. Поэтому хочется пожелать А.М. Фетисовой не терять дополнительную информацию по геохимии пород при проведении палеорекоonstrукций траппового магматизма.

В связи со сказанным выше, оппоненту представляется, что составление единой схемы вулканогенных образований для севера Сибирской платформы (Глава 5) не имеет под собой реальной геологической основы, поскольку часть вулканогенных пород была образована в условиях рифтогенного режима, который отсутствовал на основной территории платформы (Альмухамедов и др., 2004; Криволицкая, 2011).

Сделанные автором выводы из проделанной работы, представленные в виде защищаемых положений, хорошо сформулированы и аргументированы фактическим материалом. Диссертация написана хорошим литературным языком, четко структурирована. Автореферат диссертации полностью отвечает ее содержанию.

Диссертация соответствует требованиям, предъявляемых ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор, А.М. Фетисова, несомненно, заслуживает степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.01 – общая и региональная геология.

Доктор геолого-минералогических наук

и.о. вед. н.с. ГЕОХИ РАН

Н.А. Криволицкая

12.03.2014 г.



Подпись  
удостоверен

Н.А. Криволицкой

12.03.2014

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Фетисовой Анны Михайловны "Магнитная стратиграфия вулканических пород Маймеча-Котуйской провинции и длительность формирования траппов северо-запада Сибирской платформы", представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности

25.00.01 – общая и региональная геология

**Актуальность исследований** определяется необходимостью стратиграфической корреляции трапповых толщ Сибирской платформы и оценки времени их формирования, важных для выяснения закономерностей проявления внутриплитного магматизма в пределах древних платформ.

### **Цели и задачи исследований.**

1. Разработка современной магнитостратиграфической схемы эффузивных траппов Маймеча-Котуйского региона.
2. Оценка продолжительности и интенсивности эффузивного траппового магматизма Маймеча-Котуйской провинции палеомагнитным методом.
3. Разработка схемы корреляции вулканогенных пермо-триасовых толщ Норильского и Маймеча-Котуйского районов, создание сводного магнитостратиграфического разреза траппов севера Сибирской платформы и его сопоставление с Глобальной шкалой магнитной полярности.

Для достижения поставленных целей были сформулированы **задачи** исследований:

1. Получить детальные магнитостратиграфические и палеомагнитные данные для опорных разрезов эффузивных траппов Маймеча-Котуйской провинции.
2. Исследовать запись палеомагнитных вариаций в изученных разрезах Маймеча-Котуйского региона на предмет наличия в ней дирекционных групп и единичных палеомагнитных направлений, отвечающих, соответственно, магматическим пульсам и индивидуальным извержениям.
3. Выполнить палеомагнитное переизучение спорного интервала верхней части трапповой толщи Норильского района.
4. Выполнить корреляцию вулканических разрезов Маймеча-Котуйского и Норильского регионов. Составить сводный разрез пермо-триасовых траппов севера Сибирской платформы и сопоставить его с Глобальной шкалой магнитной полярности с использованием имеющихся геохронологических датировок.

**Практическая значимость** работы Фетисовой А.М. вытекает из необходимости проведения региональных и глобальных стратиграфических корреляций мощных трапповых разрезов, необходимых для понимания эволюции крупнейших магматических провинций Земли.

Для решения поставленных задач были проведены экспедиционные работы в Маймеча-Котуйском районе Сибирской платформы, где были отобраны из обнажений более 2000 образцов для палеомагнитных исследований, была проведена их лабораторная обработка и интерпретация. Новые данные, полученные Фетисовой А.М., показали научную новизну диссертации и легли в основу защищаемых положений.

Обратимся к рассмотрению защищаемых положений.

**1. Магнитостратиграфическая схема вулканического разреза Маймеча-Котуйского района состоит из пяти зон магнитной полярности. В основании схемы первой зоне обратной полярности отвечают лавы хардахской свиты. Следующая за ней зона прямой полярности включает породы арыджангской, правобоярской и нижней части онкучакской свит. Ее сменяет вторая зона обратной полярности, которой отвечают породы верхней части онкучакской свит, тыванкитской свиты и нижнедельканской подсвиты. Выше находится вторая зона прямой полярности, куда входят лавы верхнедельканской подсвиты. Завершает разрез третья зона обратной полярности, соответствующая маймечинской свите.**

**Первое защищаемое положение** доказывается данными детальных магнитостратиграфических работ, проведенных в бассейнах рек Котуй и Маймеча. В бассейне р.Котуй исследовались хардахская, арыджангская и онкучакская свиты. В бассейне р.Маймеча – правобоярская, онкучакская, тыванкитская, дельканская и маймечинская свиты.

А.М. Фетисова применила современные палеомагнитные методики. Для образцов из лавовых потоков трапповой формации и, разделяющих их пачек вулканогенно-осадочных пород, был проведен компонентный анализ естественной остаточной намагниченности, выделены компоненты намагниченности, приведены аргументы в пользу первичности выделенных компонент намагниченности, обосновано время их формирования. На ряде образцов, в которых, возможно, существует самообращение намагниченности, проводятся эксперименты, доказывающие наличие этого эффекта. По направлениям компонент намагниченности в изученных свитах составлен сводный магнито-стратиграфический разрез Маймеча-Котуйского района.

Защищаемое положение хорошо обосновано.

Замечания.

Для обоснования первичности выделенных компонент намагниченности для Арыджангской свиты был применен, в том числе, и тест конгломератов. При его использовании обычно выясняют, является ли распределение векторов намагниченности галек конгломератов хаотичным (равномерным на сфере). На мой, невооруженный, взгляд, распределение, представленное на рис. 6, - таковым не является.

Не всегда понятно, как и по каким принципам производилась селекция палеомагнитных направлений. Во всяком случае, число направлений, вошедших в статистику, значительно меньше общего числа отобранных образцов.

**2. Формирование вулканических пород нижней части маймеча-котуйского разреза в составе хардахской, арыджангской, нижней части онкучакской свит происходило**

неравномерно во времени, в течение кратковременных вспышек (пульсов) вулканической активности. Суммарная продолжительность этих пульсов составляла 7-8 тыс. лет. При этом общая длительность формирования всей лавовой толщи нижней части разреза, вероятно, была меньше 100 тыс. лет.

Защищаемое положение основано на палеомагнитных данных по бассейну р.Котуй, где видна хорошая стратификация лавовых потоков. Использована методика, которая была применена для толщ плато Декан. Автором принимается, что изменение направления магнитного поля Земли происходит на 2 градуса за столетие. Соответственно, если направления намагниченности лавовых потоков оказываются статистически не различимы, то они образовались в близкое время.

Замечаний нет.

**3. Временные интервалы формирования разрезов траппов Норильского и Маймеча-Котуйского регионов частично перекрываются. Имеющиеся данные поддерживают корреляцию арыджангской и низов онкучакской свиты (маймеча-котуйский разрез) с моронговской и мокулаевской свитами (норильский разрез). Верхняя часть маймеча-котуйского разреза (начиная с верхнеонкучакской свиты), начала формироваться не раньше конца самоедского времени после того, как завершились основные излияния в Норильском регионе. Хардахская свита Маймеча-Котуйского региона, вероятно, одновозрастна ивакинской свите Норильского региона.**

Положение основано на полученных автором новых палеомагнитных данных и анализе существующих корреляционных схем трапповых разрезов Норильского и Маймеча-Котуйского районов. Получена новая магнитостратиграфическая схема сводного разреза траппов северо-запада Сибирской платформы, которая наиболее полно согласуется со современными палеомагнитными, геохронологическими и палеонтологическими данными.

Замечаний нет.

**4. Корреляция разработанной современной версии сводного магнитостратиграфического разреза траппов севера Сибирской платформы с Глобальной Триасовой Геомагнитной шкалой указывает на то, что большая часть вулканического разреза севера Сибирской платформы сформировалась в течение индского времени, на протяжении первых полутора миллионов лет после пермо-триасового рубежа.**

Автор анализирует существующие изотопные датировки, выполненные по породам трапповой формации Маймеча-Котуйского и Норильского районов. Показывает, что при той или иной отбраковке возможны два варианта корреляции трапповых толщ севера Сибирской платформы с Глобальной Триасовой Геомагнитной шкалой. В защищаемое положение включен один из этих вариантов.

Замечание.



Мне кажется, что оба варианта заслуживают внимания, поскольку нет четкой обоснованности в выборе определенной группы изотопных датировок. В защищаемое положение можно было бы включить оба варианта корреляции сводного разреза с Глобальной Триасовой Геомагнитной шкалой.

Оценивая рецензируемую работу в целом, можно отметить, что диссертационная работа А.М. Фетисовой является серьезным научным вкладом. Она полностью соответствует требованиям ВАК к кандидатским диссертациям.

А.М. Фетисова продемонстрировала владение современными палеомагнитными методами, показала умение интерпретировать палеомагнитные данные, проводить их анализ, ставить и решать актуальные палеомагнитные и геологические задачи.

Защищаемые положения работы обоснованы.

Содержание диссертации полно отражено в публикациях автора и автореферате. Автореферат соответствует диссертации. Материалы диссертации изложены научным языком, хорошо иллюстрированы таблицами и графикой.

А.М. Фетисова заслуживает присуждения искомой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Кандидат физико-математических наук

10 марта 2014 г

С.В. Шипунов



Подпись руки гр. Шипунова С.В.  
по месту работы удостоверяется.

Зав. Канцелярией ФГУП «ВНИИГРИ»

«10» 03 2014 г.