

## Отзыв официального оппонента

на диссертацию Пасенко Александра Михайловича

**«Палеомагнетизм мезопротерозойских пород северо-востока Сибирской платформы»**  
представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03 – Геотектоника и геодинамика

Работа А.М. Пасенко состоит из введения (6 стр.), двух глав, каждая из которых состоит из нескольких подразделов, и заключения (1 стр.). Первая глава содержит фактический материал и его обсуждение (75 стр.), во второй рассмотрено построение траектории кажущейся миграции полюса Сибири в мезопротерозое и ее сопоставление с таковой для Лаврентии (42 стр.).

Диссертационная работа А.М. Пасенко посвящена палеомагнитному и геохронологическому изучению мезопротерозойских пород, обнаженных в труднодоступных районах СВ Сибирского кратона. **Актуальность темы диссертации** обусловлена тем фактом, что проведенный комплекс исследований позволяет на более полном материале наметить дрейф Сибирского палеоконтинента в мезопротерозое (1600-1000 млн. лет) и уточнить возможные реконструкции взаимного расположения континентов на протяжении этого крупного этапа эволюции Земли, в том числе на вероятность участия Сибири в составе крупного суперконтинента (Нуна или Колумбия). В соответствии с этой темой сформулированы **цели исследования**: обосновать траекторию кажущейся миграции полюса для Сибирского палеоконтинента на протяжении мезопротерозоя и протестировать гипотезу о вхождении Сибири в состав суперконтинента посредством сравнения траекторий движения полюса для Сибири и Лаврентии. Палеомагнитное изучение пород имеет мало смысла, если неизвестен их возраст, поэтому существенная часть работы была направлена на геохронологические исследования. Фактический материал для палеомагнитного изучения (883 образца) собран лично автором во время полевых экспедиций на север Сибирской платформы и обработан им самостоятельно с использованием самых современных методик и технологий.

В главе 1 **«Палеомагнетизм мезопротерозойских пород Уджинского и Оленекского поднятий северо-востока Сибирской платформы»** (75 стр.) в восьми подразделах изложен фактический материал и проведено обсуждение полученных результатов.

**В разделе 1.1. «Степень изученности палеомагнетизма докембрия Сибири»** (3.3 стр.) дан краткий обзор предшествующих палеомагнитных исследований, как ранних, признанных в настоящее время методически некорректными, так и тех, которые были осуществлены на протяжении последних 30 лет, когда изучение палеомагнетизма стало проводиться на новом методическом и технологическом уровне. Обсуждаются не только Уджинское и Оленекское поднятия, но докембрий Сибири в целом. Здесь даны многочисленные ссылки на публикации, но ничего не говорится о результатах, изложенных в этих публикациях, что оставляет читателя в полном недоумении. Автору следовало бы отослать читателя к разделу работы 2.2, в котором проведен критический обзор палеомагнитных данных по докембрию Сибири. Из раздела 1.1. мы также узнаем, что оба района, которым посвящена диссертация, уже изучались палеомагнитологами, но результаты, по мнению соискателя, требовали уточнения.

**В разделе 1.2. «Геологическое строение Уджинского и Оленекского поднятий»** (10 стр.) кратко охарактеризовано геологическое строение верхних течений рек Уджа и Хорбусуонка. Вся геологическая информация сведена на рисунке, где представлены схематические карты и схематические колонки для двух участков. Приведены данные предшественников о возрасте толщ и интрузий и их мнения о корреляции разрезов. Приведены фотографии обнажений.

**В разделе 1.3 «Методика исследований»** (4 стр.) охарактеризованы критерии отбора образцов, приведена таблица с количеством образцов по каждому сайту и с координатами сайтов, перечислен обширный комплекс лабораторных методов, включавших, кроме магнитной чистки, петромагнитные исследования и изучение вещества.

**Раздел 1.4 «Результаты исследований»** (41 стр.) является главным в работе, так как в нем сообщаются реальные результаты палеомагнитного изучения пород. Здесь описаны этапы магнитной чистки с конечным выделением высокотемпературной компоненты для каждого сайта (или для группы из двух соседних сайтов). Эта компонента интерпретировалась во всех случаях как первичная, отражающая направление силовых линий магнитного поля во время остывания магматических пород или в процессе диагенеза осадков. Указаны критерии, по которым отбраковывались векторы при расчете среднего направления. В конце данного раздела приведены результаты петромагнитных исследований и изучения магнитных минералов на электронном микроскопе. Итоговая сводная таблица полученных новых палеомагнитных полюсов помещена на стр. 47-48. Раздел написан профессионально, но все же вызывает некоторые замечания.

**В разделе 1.5 «Ограничения на время формирования древних компонент намагниченности, выделенных в изученных породах»** (5 стр.) обсуждается природа среднетемпературных компонент намагниченности, выявленных при магнитной чистке. Сделаны выводы, что направление, ориентированное в западных румбах, вызвано раннекембрийским импульсом внутриплитного магматизма на севере Сибирской платформы. Направление, ориентированное в восточных румбах, вызвано магматической активностью, связанной с позднедевонским – раннекаменноугольным рифтогенезом, широко проявленным в это время на севере и востоке Сибирской платформы. Далее обсуждаются высокотемпературные компоненты, некоторые из которых сопоставляются с результатами, полученными ранее для Сибири. Кроме того, обсуждается присутствие образцов с прямой и обратной полярностью в едином силле долерита, что автор считает «результатом самообращения намагниченности» (с. 71), не объясняя суть явления. Здесь же читателю сообщаются результаты изотопного датирования трех зерен циркона, извлеченных из туфов унгуохтахской свиты (около 1500 млн. лет с очень большими интервалами ошибки). По мнению рецензента, эту информацию следовало бы дополнить результатами датирования остальных зерен данного образца и поместить в раздел «Геологическое строение...». Кроме того приводятся данные о возрасте карбонатитов, которые также лучше было бы поместить в геологический раздел.

**Раздел 1.6 «Результаты изотопного датирования Большой Уджинской дайки»** (1.5 стр.), по мнению оппонента, следовало бы существенно расширить и целиком переместить в геологическую главу диссертации.

**В разделе 1.7 «Обсуждение полученных результатов»** (6 стр.) автор проводит осреднение палеомагнитных данных, используя как собственные материалы, так и материалы предшествующих работ. В итоге такого объединения он получает два главных полюса (1386 и ~1500 млн. лет), выделенных жирным шрифтом в итоговой таблице 6 и обозначенных звездами на рис. 23, где показано географическое расположение выявленных полюсов на земном шаре в современной системе координат. Кроме того, получены два дополнительных полюса, возраст которых определяется с большой долей неопределенности, это полюсы уджинской и хайпахской свит.

**В разделе 1.8 «Выводы и защищаемые положения»** (3 стр.) кроме главных выводов, которые в этом отзыве анализируются ниже, обсуждается также ревизия корреляционной схемы рифея Учуро-Майского, Оленекского и Уджинского районов, предложенная Семихатовым и Серебряковым в 1983 г. Неудивительно, что в эту схему, созданную почти 40 лет назад, почти не подкрепленную изотопно-геохронологическими данными, предлагается внести существенные изменения на основании новых авторских и литературных геохронологических данных. Наиболее радикальные изменения коснулись Уджинского поднятия, где обнаружился перерыв в геологической летописи длиной почти 800 млн. лет. Этот момент полностью основан на новых геохронологических данных, полученных А.М.Пасенко и его коллегами.

В главе 2 «Мезопротерозойский сегмент ТКМП Сибири и проблема трансдокембрийского суперконтинента» (42 стр.) описывается применение полученных результатов к проблеме построения траектории кажущейся миграции полюса и к проблеме возможного совместного дрейфа Сибири и Лаврентии в мезопротерозое. Глава состоит из пяти подразделов.

**В разделе 2.1 «Оценка качества палеомагнитных определений»** (3 стр.) обсуждаются разные подходы к оценке корректности палеомагнитных полюсов, полученных разными исследователями в разные годы, для отбора подходящих данных, позволяющих построить тренд миграции полюса. Сделан вывод о том, что жестко формализованную селекцию данных осуществить невозможно, и что требуется индивидуальный подход к оценке пригодности того или иного полюса.

**Раздел 2.2 Разработка мезопротерозойского сегмента ТКМП Сибирской платформы** (24 стр.) – основной для данной главы. В нем обсуждаются все имеющиеся палеомагнитные данные по докембрийским породам Сибири в интервале 1750-900 млн. лет и критерии, по которым А.М. Пасенко отдает предпочтение тем или иным полюсам. Аргументация не всегда выглядит убедительной. Например, для начального отрезка траектории выбраны полюса для гранитов (1720-1730 млн. лет), ориентировка которых в пространстве во время кристаллизации магмы неизвестна. При этом, данные по вулканитам этого же возраста, выдержавших тест складки, отвергнуты. Детально разобрана драматическая история датирования докембрийских силлов Присаянья и многие другие интересные моменты. Для читателя этот профессиональный обзор поучителен, так как дает ясную картину всех сложностей и неопределенностей, с которыми приходится сталкиваться интерпретатору данных. Далее по выбранным данным построены траектории миграции полюса, с учетом и без учета данных по Алданскому блоку, и выбран сплайн, наилучшим образом описывающий имеющиеся данные.

**В разделах 2.3. и 2.4** обсуждаются имеющиеся палеомагнитные данные для Лаврентии и проводится сопоставление сплайнов для двух континентов, рассчитанных с одинаковыми параметрами. Сделаны выводы, что на отдельных отрезках мезопротерозойской геологической истории, которые достаточно подробно охарактеризованы палеомагнитными данными, эти сплайны параллельны. Это указывает на большую вероятность совместного дрейфа континентов в составе единой литосферной плиты. Последнее сформулировано в качестве защищаемого положения в **разделе 2.5.**

### **Замечания к диссертации:**

1. Во многих разделах работы А.М. Пасенко озвучивает идею о том, что палеомагнитные исследования могут применяться для решения геохронологических задач. Почти в каждом разделе первой главы и во введении указывается, что палеомагнитные данные имеют геохронологическое значение и позволяют определить возраст геологических тел, а также что изотопно-геохронологические и палеомагнитные методы взаимно дополняют и обогащают друг друга. В данном случае имеется в виду не магнитостратиграфия, которая действительно позволяет привязать разрезы к глобальной шкале, но именно координаты палеомагнитного полюса. Рецензент категорически не согласен с этой идеей и считает, что геохронологические задачи должны решаться геохронологическими методами. Координаты древнего палеомагнитного полюса не могут служить обоснованием возраста породы. Также не следует безоговорочно считать некие комплексы горных пород разновозрастными, если их палеомагнитные полюса не совпадают (с. 76). В лучшем случае могут быть высказаны сомнения, но доказывать одновозрастность или разновозрастность комплексов горных пород необходимо иными методами. Я вообще считаю методически неправильным проводить палеомагнитное опробование объектов неизвестного возраста, надеясь в дальнейшем этот возраст обосновать направлением вектора намагниченности.

2. Информация о геологическом строении Уджинского поднятия (раздел 1.2) представлена скудно и неряшливо. Например, на стр. 13 мы видим следующий текст: «Протерозойская часть разреза Уджинского поднятия представлена 4 свитами...», после чего следует перечисление шести свит. Породы, слагающие эти свиты не описаны, вся информация о составе заключается в том, что одна свита охарактеризована как карбонатная, другая как терригенно-карбонатная.

Геологическое строение поднятия показано на геологической карте (рис. 1), которая имеет размер 7х4.5 см, и все четыре мезопротерозойские свиты покрашены на ней одним цветом. Границы между ними показаны прерывистыми отрезками точечного пунктира. Где какая свита понять сложно, особенно в тех местах, где по разные стороны от границы свит стоит один и тот же индекс (в районе сайта 6). Стратиграфические колонки Уджинского и Оленекского поднятий составлены в разных условных знаках, что мешает их визуальному сопоставлению. Почти каждая фраза текста вызывает вопросы, на которые в диссертации нет ответа. Ничего не сказано про состав вулканитов в унгуохтахской свите, которая содержит туфы во всех трех подсвитах, и в уджинской свите, представленной «тефрогенными» породами. Неясны критерии для отнесения габбро-долеритов к одному из двух выделяемых интрузивных комплексов. Непонятно, можно ли их различить в поле? Различаются ли они по химическому составу? Геологическая информация раскидана по разным разделам работы. Так, в разделе 1.5 упоминаются датировки отдельных зерен циркона из туфов унгуохтахской свиты и датировки карбонатитов, раздел 1.6 целиком описывает результаты изотопного датирования пород. Эти сведения нужны в геологическом разделе, а не в палеомагнитных главах.

3. Загадочное интрузивное тело расположено в излучине р. Уджа (сайты 9 и 10). Про него много противоречивых сведений. В статье (Саватенков и др., 2019), соавтором которой является А.М. Пасенко, рассмотрены результаты изотопного анализа материала, полученного при ступенчатом кислотном выщелачивании габбро-долеритов. На основании изотопных характеристик доказывается, что это тело аналогично Большой Уджинской дайке и, следовательно, принадлежит молодому (1386 млн. лет) комплексу. Однако это тело показано на карте, в составе древнего (около 1500 млн. лет) магматического комплекса, что подтверждается ориентировкой высокотемпературных векторов намагниченности. В этом теле непостижимым образом присутствуют образцы с прямой и обратной полярностью, которые «распределены по разрезу хаотически». Далее читатель узнаёт, что биполярное распределение высокотемпературной компоненты намагниченности является «результатом самообращения намагниченности» (с. 71). Суть этого экзотического феномена в тексте не раскрывается.

4. В работе не обсуждается тектоническая природа мезопротерозойского Уджинского бассейна осадконакопления и геодинамическая обстановка магматизма. Очевидно, что соискатель подобные вопросы перед собой не ставил и этой темой не интересовался. Начиная с 60-х годов на Сибирской платформе выделяют Уджинский рифт (или Уджинский грабен, или Уджинский авлакоген). Ни одного из этих словосочетаний нет в работе.

5. Базальты, по которым проводились палеомагнитные измерения, и которые по определению являются стратифицированными породами, участвующими в строении разреза вулканогенно-осадочных толщ, А.М. Пасенко описывает в составе первого интрузивного комплекса. Оппонент может предположить, что эти базальты принадлежат унгуохтахской свите (вулканиты показаны на колонке свиты, рис. 1), но нигде в тексте про это не говорится, и создается впечатление, что сам автор к этой свите их не относит. В нескольких местах текста А.М. Пасенко радостно обнаруживает близкое расположение полюса, полученного по туфам унгуохтахской свиты и по базальтам, и пишет, что «Это может свидетельствовать о близком возрасте формирования этих пород» (с. 71). То есть, автор пытается обосновать близость возраста базальтов унгуохтахской свиты базальтовым туфам унгуохтахской свиты, проведя для этого чрезвычайно трудоемкое палеомагнитное исследование.

6. Автор выделяет в Уджинском поднятии два магматических комплекса (1500 и 1380 млн. лет), не учитывая, что есть еще вулканиты (обозначенные в тексте как тефра) в составе уджинской свиты, имеющие промежуточный возраст между указанными двумя значениями. Таким образом, следует выделять три магматических комплекса.

7. На протяжении каждого из трех (или двух по мнению А.М. Пасенко) эпизодов мезопротерозойского магматизма силлы и дайки долеритов и габбро-долеритов внедрялись не

одномоментно, но на протяжении некоего интервала времени. В Уджинском поднятии есть две свиты, в разрезе которых снизу доверху фиксируется вулканический материал, и очевидно, что магматизм на этих этапах имел существенную продолжительность. Получается, геологическая ситуация такова, что в районе могут присутствовать три разновозрастных генерации мезопротерозойских базитовых силлов и даек, отвечающие трем этапам, каждый из которых мог быть растянутым во времени. Это создает некую проблему при палеомагнитном опробовании и интерпретации данных, так как реально датировано только одно магматическое тело. Эта проблема, однако, в диссертации не обсуждается. В работе много палеомагнитных данных для интрузий неизвестного возраста, которые объединены в один осредняющий кластер произвольно. Так, для второго этапа магматизма искусственно объединены в одну группу породы, которые явно разделились на два **неперекрывающиеся** (в пределах ошибки) кластера (рис. 23). Причем такие же два кластера выявились по независимым данным, полученным ранее (Константинов и др., 2007). То есть, много шансов на то, что они разновозрастны и их следует рассматривать отдельно. В какой-то степени это касается и палеомагнитных данных по первому этапу магматизма.

**Указанные замечания не касаются главных выводов работы, сформулированных в защищаемых положениях.**

**В первом положении** обосновано проявление двух этапов мезопротерозойского магматизма – с возрастными ~1380 и ~1500 млн. лет на территории Уджинского поднятия Сибирской платформы. Как выяснилось, оба этапа этого внутриплитного магматизма проявились не только на Уджинском поднятии, но отмечены и на других участках Сибирского кратона. Первое защищаемое положение — это чисто геологический вывод, содержащий важную характеристику мезопротерозойского этапа тектонической эволюции Сибири.

**Во втором защищаемом положении** обоснована существенно обновленная схема корреляции опорных разрезов рифея Сибирской платформы: Уджинского, Оленекского и Учуро-Майского. Схема демонстрирует присутствие крупных (длительностью до 800 млн. лет) предвендских перерывов в осадконакоплении и заставляет по-иному интерпретировать геологическую историю кратона на протяжении мезо- и неопротерозоя. Можно дополнить этот вывод и примером Енисейского кряжа, где в последнее время также выявлен длительный (несколько сотен миллионов лет) предвендский перерыв в осадконакоплении.

**В третьем защищаемом положении** предлагается авторская модель мезопротерозойского интервала траектории кажущейся миграции полюса Сибирского палеоконтинента. Сходство траектории с таковой для Лаврентии указывает на большую вероятность того, что в мезопротерозое эти палеоконтиненты дрейфовали в качестве единой литосферной плиты, что согласуется с гипотезой о существовании в это время суперконтинента.

Все три защищаемых положения имеют важное значение для геотектоники и для реконструкции тектонической эволюции Сибирского палеоконтинента в мезопротерозое и полностью согласуются со специальностью 25.00.03 – «Геотектоника и геодинамика». Следует отметить, что новые палеомагнитные данные, полученные по породам Уджинского и Оленекского поднятий, не включены в защищаемые положения в виде отдельного пункта, но лишь использованы наряду с другими сведениями для обоснования положения № 3. Палеомагнитное изучение пород составляет главное содержание диссертации и свидетельствует о профессионализме ее автора. По мнению оппонента, новые палеомагнитные данные, полученные лично автором, также являются одним из основных итогов проделанной работы, что учитывается мной при общей высокой ее оценке.

### Заключение

Диссертация А.М. Пасенко направлена на разработку детальной траектории кажущейся миграции полюса Сибирского палеоконтинента на протяжении мезопротерозоя. **Решение этой задачи имеет важное значение для раздела геотектоники**, изучающего взаимное расположение континентов на протяжении эволюции Земли, сборку и распад суперконтинентов, что полностью соответствует заявленной специальности. Фундаментальность и актуальность этой фундаментальной задачи (темы диссертации) очевидна. Защищаемые положения соответствуют поставленным задачам и обоснованы большим объемом фактических данных, новизна и достоверность которых не вызывает сомнений. Высказанные в отзыве вопросы и замечания не умаляют значимость проведенного А.М. Пасенко исследования. Фактический материал получен лично автором в ходе полевых исследований и лабораторной обработки материала, или, в отдельных случаях, в соавторстве с коллегами, что специально оговаривается в работе. Все ссылки в работе релевантны, результаты исследований опубликованы в российских и международных научных журналах, содержание автореферата соответствует содержанию диссертации. Работа обладает внутренним единством и соответствует всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней к кандидатским диссертациям. По моему мнению, автор диссертации Александр Михайлович Пасенко заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03 – Геотектоника и геодинамика.

Официальный оппонент

Кузьмичев Александр Борисович

Доктор геолого-минералогических наук (25.00.03 "Геотектоника и геодинамика")

Заведующий лабораторией геологии складчатых поясов Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Геологический институт Российской академии наук (ГИН РАН)»

119017 Москва, Пыжевский пер., 7, (<http://www.ginras.ru/>)

тел. 8 (909) 671 65 33, e-mail: kuzmich@ginras.ru

Я, Кузьмичев Александр Борисович, согласен на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, их дальнейшую обработку.

12.05.2021

(А.Б. Кузьмичев)

Подпись т. *Кузьмичева А.Б.*  
 УДОСТОВЕРЯЕТСЯ  
 КАНЦЕЛЯРИЯ  
 Геологического ин-та  
 Российской Академии наук

*В. Крашенинников*  
 12.05.2021

