

**ОТЗЫВ официального оппонента**  
**на диссертацию на соискание ученой степени**  
**кандидата геолого-минералогических наук**  
**Соболева Ивана Дмитриевича**  
**на тему: «Основные временные рубежи и эволюция магматизма**  
**Полярноуральской островодужной системы»**  
**по специальности 25.00.01 – «Общая и региональная геология»**

Диссертация Соболева И.Д. посвящена уточнению строения и геодинамической интерпретации палеозойских комплексов восточного склона Полярного Урала с акцентом на использование современных высокоточных методов изучения отдельных зерен циркона (изотопное U-Pb датирование и, по возможности, – определение содержаний элементов-примесей). Выполнено изучение цирконов как из магматических, так и из вулканогенно-осадочных пород. Оно сопровождалось петрографическими, минералогическими, геохимическими и др. исследованиями пород. Основные регионы исследования – Щучьинская и Войкарская зоны восточной мегазоны Полярного Урала. В обозначенных регионах расположены Петропавловское золотопорфировое, Новогоднее-Монто золото-железо-скарновое и Юньягинское железо-скарновое месторождения. Представленный в работе большой объем новых изотопно-геохронологических, геохимических и др. данных и уточнение геодинамической эволюции Полярноуральской палеозойской вулканической системы существенно детализирует и проясняет металлогенические характеристики различных магматических комплексов восточного склона Полярного Урала, что в свою очередь расширяет перспективы обнаружения новых рудопроявлений и месторождений в Полярноуральском регионе. В этой связи, **важность и актуальность** выполненных соискателем исследований настолько очевидны, что не требуют специальных

обоснований.

Диссертационная работа подразделяется на Введение, шесть Глав и Заключение, сопровождается весьма объемными табличными приложениями.

Во **Введении** представлены все требуемые в тексте диссертации формальные разделы, такие как *Актуальность исследования, Степень разработанности темы, Цели и задачи исследований, Методы исследования, Научная новизна, Теоретическая и практическая значимость, Личный вклад автора* и т.п., даны сведения о *Публикациях и Апробации работы, Фактическом материале*, сформулированы *Основные защищаемые положения*, выносимые на защиту.

В **Главе 1** представлен краткий геологический очерк региона исследований, его районирование, приведены геологические схемы Щучьинской (Рис. 1.2) и Войкарской (Рис. 1.3) зон, их сводные стратиграфические колонки (Рис. 1.4), изложены существующие модели геодинамического развития Полярно-Уральского сегмента в палеозое (Полярноуральской палеовулканической надсубдукционной системы).

**Глава 2** посвящена описанию методов исследования с перечислением того, что именно в выполненных аналитических исследованиях было сделано диссертантом лично. Из материалов этого раздела, а также информации последующих глав, можно заключить, что Соболев И.Д. освоил как технологию выделения цирконов из пород, их (цирконов) первичного изучения под микроскопом, имплантирования цирконов в шашки, изучения цирконов в катодных лучах и т.п., так и технологию первичной обработки полученных аналитических данных, таких как выбраковка некондиционных анализов, внесение поправки на общий свинец (по содержанию  $^{204}\text{Pb}$ ), вычисление U-Pb возрастов цирконов, построение гистограмм и кривых плотности вероятности для набора возрастов, выполнение теста Колмогорова-Смирнова, построение и анализ хондрит-нормированных

спектров элементов-примесей (РЗЭ в частности) и др.

**Замечание.** Не очень понятно, почему при обработке первичных аналитических результатов изучения U-Pb изотопной системы циркона использовались разные формулы расчета дискордантности D.

Так, в подразделе *U-Pb (LA-ICP-MS) изотопное датирование ...* для расчета D сформулирован следующий алгоритм: «... для датировок менее 1 млрд лет для расчета дискордантности применялась формула  $D = 100 \times (\text{Возраст } (^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}) / \text{Возраст } (^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}) - 1)$ , а для возрастов более 1 млрд лет – формула  $D = 100 \times (\text{Возраст } (^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}) / \text{Возраст } (^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}) - 1)$ » (конец стр. 29 и начало стр. 30).

В следующем подразделе *U-Pb (SIMS) датирование ...* в его конце сообщается, что «... для расчета дискордантности применялась формула:  $D = 100 \times [\text{возраст } (^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}) / \text{возраст } (^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}) - 1]$ ». Т.е. в отличие от предыдущего случая, для всех возрастов цирконов применялась единая формула.

Общепринятым является использование отношений  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  и  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$  при построении диаграммы с конкордией и вычисления D для возрастов <1 млрд лет, переход от отношений  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$  к отношению  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  оптимален для возрастов >1 млрд лет или в случае изначально низких содержаний урана в изучаемом цирконе. Использование отношений  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  вместо  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$  в других случаях требует специальных обоснований.

В **Главах 3, 4 и 5** представлены очень детальные обзоры и анализ геологических, геохимических и изотопных данных по тем магматическим комплексам и осадочно-вулканогенным свитам восточного склона Полярного Урала, которые были выбраны диссертантом как непосредственные объекты исследования.

В Щучьинской зоне были изучены вулканиты и интрузивы в структурах палеовулканов Речной и Яляпэ, а также в массивах Нганотский-1 и

Нганотский-2. Изучение детритовых цирконов было выполнено для пород ензорской толщи.

В Войкарской зоне геохронологическое изучение цирконов проведено для пород, слагающих интрузивы собского и конгорского комплексов, и вулканитов устьконгорской свиты. Датирование детритовых цирконов выполнено для пород малоуральской и устьконгорской свит.

По изученным объектам получен большой объем новых геохимических и петрографических данных, которые проанализированы и нанесены на диаграммы, используемые для классификаций и определения геодинамической обстановки формирования различного типа пород, на спайдер-диаграммы для РЗЭ и расширенного набора элементов-примесей. Для некоторых гранитоидов оценены Р-Т условия кристаллизации и содержание воды в расплаве. Все это позволило надежно обосновать надсубдукционную природу исследованных вулканитов и гранитоидов. По геохимическим особенностям изученные гранитоиды Щучинской зоны классифицированы как граниты М-типа, либо с меньшей вероятностью – как граниты лейкократового подтипа I-гранитов. Вулканиты палеовулкана Речной и вулканиты устьконгорской свиты классифицированы как островодужные базальтоиды толеитовой и известково-щелочной серий.

Оценка возраста магматизма методом изотопного U-Pb датирования по циркону была выполнена для следующих объектов:

- пегматоидных лейкоплагиогранитов (обр. S221/14) и плагиориодацитов (обр. S160/14) палеовулкана Речной;
- плагиогранитов палеовулкана Яляпэ (обр. 3010);
- кварцевых диоритов массива Нганотский-1 (обр. 1072);
- дайки монцодиорит-порфиров из Конгорского массива (обр. S11/9-1);
- диоритов конгорского комплекса массива Диоритовый (обр. U60/14);
- дайки порфировидных плагиогранитов собского комплекса (обр. S69-15, расчистка 309, месторождение Петропавловское);

- двупироксеновых габбродиоритов конгорского комплекса (обр. S11/27-1 и S11/5-1);
- роговообманковых габбродиоритов собского комплекса (обр. № S15-1/11);
- карбонатизированных диоритов собского комплекса (обр. S84-15; месторождение Петропавловское).

Из важнейших полученных по этим данным результатов отметим следующие:

- обоснован средне-позднеордовикский возраст гранитоидов и вулканитов Щучьинской зоны;
- уточнены возрастные рамки этапов магматизма собского и конгорского комплексов: собский комплекс сформировался в лохковско-раннеэйфельское время (418–393 млн лет), а конгорский – в позднеэмско-раннеэйфельское время (399–393 млн лет);
- показана эволюция вулканизма во времени от толеитовой к известково-щелочной и шошонит-латитовой сериям.

Изучение детритовых цирконов из осадочно-вулканогенных и терригенных пород Войкарской и Щучьинской зон выполнено для следующих объектов:

- туффиты средне-верхнеордовикской устьконгорской свиты (обр. K11-1/11);
- песчаники верхнесилурийско-среднедевонской малоуральской свиты (обр. U22-12);
- песчаники средне-позднедевонской ензорской толщи (обр. S103-A-14).

Важнейшим результатом этих исследований является доказательство наличия докембрийского фундамента у Полярноуральского палеовулканического надсубдукционного сооружения, так как во всех трех пробах доминирующую часть цирконов составляли цирконы с возрастными



547–2700 млн лет.

### Замечания по интерпретации некоторых результатов U-Pb датирования цирконов

1. Некоторые моменты в представленных материалах с результатами U-Pb датирования по циркону вызывают вопросы. Так, в описании материалов, характеризующих палеовулкан Речной, на стр. 49 в последнем абзаце написано: «Для десяти зерен циркона из обр. S221/14 получен широкий диапазон  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  возраста от 985 до 438 млн лет (приложение 3). Для 9 зерен (рис. 3.13 Б) с возрастом от 478 до 438 млн лет рассчитан конкордантный возраст  $456 \pm 6$  млн лет». Однако, судя по Приложению 3, только 2 анализа из 9 вышеупомянутых удовлетворяют критерию отбора кондиционных данных по величине D, которые сформулированы в диссертации на стр. 30: «Главным критерием отбора качественных анализов послужил диапазон дискордантности (D) от -10 до +10». Остальные 8 анализов имеют дискордантность D более 10% и должны быть отброшены. Так, например, анализ S221\_7.1 характеризуется возрастом  $466 \pm 29$  млн лет по отношению  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  и возрастом  $1200 \pm 1000$  млн лет по отношению  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ , что дает величину  $D=157\%$ . Столь сильное расхождение возрастных оценок по двум изотопным системам в одном кристалле определенно свидетельствует о нарушении его изотопной системы и не возможности использования результатов анализа этого кристалла для геохронологических выводов. Но даже при приемлемых величинах D, аналитическая ошибка  $\pm 1000$  млн лет делает любой анализ невалидным. В анализе S221\_7.1 столь большая аналитическая ошибка ( $\pm 1000$  млн лет) – это следствие чрезвычайно низкого содержания U (всего 17 г/т) в анализируемом кристалле циркона. Изотоп  $^{235}\text{U}$  составляет примерно 0.01 от всего урана, соответственно его содержания, а, следовательно, и содержания  $^{207}\text{Pb}$ , очень малы (на грани чувствительности приборов) и поэтому определяются с большой погрешностью. Такие анализы должны выбраковываться!

Среди 9 представленных анализов только две возрастные оценки являются приемлемыми по величине  $D$  – это  $457 \pm 8$  млн лет ( $D = -4\%$ ) анализ S221\_1.1, а также  $498 \pm 370$  млн лет ( $D = 5\%$ ) анализ S221\_4.1. Однако очень большая аналитическая ошибка определения возраста  $\pm 370$  млн лет по отношению  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  для анализа S221\_4.1, ставит под большое сомнение валидность даже и этого анализа. Таким образом, представленный в Приложении 3 набор аналитических данных из 9 анализов и использованный для получения значений возраста гранитоидов палеовулкана Речной, не удовлетворяет критериям для получения надежных **высокоточных** оценок. Эти результаты следует классифицировать как пилотные, нуждающиеся в подтверждении.

2. В описании материалов по массиву Нганотский – 1 в конце стр. 51 – начале стр. 52 можно прочитать: «Для наиболее дискордантных молодых цирконов с возрастом  $374 \pm 2$  и  $383 \pm 3$  млн лет характерна видимая на катодолюминесцентных изображениях (рис. 3.13Д) лоскутная зональность или же они незональны». Но на рис. 3.13Д показано, что значения  $374 \pm 2$  и  $383 \pm 3$  млн лет получены не в разных зернах, а в одном и том же зерне циркона, анализы 1.1 и 1.2, соответственно. И, действительно, эти анализы характеризуются сильной дискордантностью  $D = 32\%$  и  $D = 75\%$ , соответственно, и должны быть забракованы. Однако анализ 3.1 показал возраст зерна  $424 \pm 2$  млн лет (позднесилурийский возраст) при  $D = 3\%$ , а анализ 7.1 –  $437 \pm 3$  млн лет (раннесилурийский возраст) при  $D = -5\%$ , но в тексте нет ни слова, по какой причине эти два анализа исключены из рассмотрения. Засорение?

3. Надежность некоторых полученных возрастных оценок вулканитов и интрузивов, приведенных в диссертации, снижена тем, что в пробах обнаруживались единичные цирконы с возрастными ограничениями, полученных по палеонтологическим и др. геологическим данным. См., выше п.2, а также результаты для обр. 3010, S160/14, S11/27-1.

Наиболее вероятная причина наличия таких зерен – засорение в дробилке (лабораторная контаминация). Если попадали молодые зерна циркона, то могли попасть и чужеродные зерна другого возраста. В случаях обнаружения в пробах «сомнительных» цирконов, результаты должны классифицироваться как пилотные, нуждающиеся в дальнейшем подтверждении.

В **Главе 6** представлена авторская интерпретация геодинамической эволюции Полярноуральской палеовулканической надсубдукционной системы от позднего кембрия до позднего карбона, учитывающая весь накопленный к настоящему моменту объем геологических, геохимических, изотопно-геохронологических и др. данных.

В представленной диссертации автор сосредоточил основные усилия на анализе геохимических трендов магматизма Полярноуральской палеовулканической надсубдукционной системы во времени. Однако суммарная протяженность Щучьинской и Войкарской зон почти 300 км, вряд ли столь протяженное сооружение было однородно по простиранию. Накопленный к настоящему времени огромный объем геохронологических и геохимических данных для этого региона (в значительной степени благодаря и усилиям автора диссертации) создает все предпосылки для пространственного анализа и выявления продольной пространственной геодинамической сегментации надсубдукционной системы. Это пожелание соискателю на будущее.

В **Заключении** сформулированы главные результаты и выводы работы.

Характеризуя диссертационную работу в целом, необходимо отметить, что поставленные перед соискателем научные задачи успешно решены, а выводы по результатам проведенного исследования имеют очевидное высокое научное значение.

В целом работа производит очень благоприятное впечатление. Объем представленных новых данных, полученных самим диссертантом или с его



непосредственным участием, весьма значительный! **В научной новизне** представленных данных и их интерпретации нет сомнений.

Все три **Защищаемых положения** сформулированы на современном научном уровне – четко и конкретно, а главное, убедительно доказаны приведенными в диссертации фактическими материалами, указывающими на высокую **степень обоснованности и достоверность** приведенных в работе научных положений и выводов.

Представленная авторская интерпретация геодинамической эволюции Полярноуральской палеовулканической надсубдукционной системы от позднего кембрия до позднего карбона внутренне непротиворечива, учитывает весь накопленный к настоящему моменту объем геологических, геохимических, изотопно-геохронологических и др. данных и адекватна современному уровню изученности восточного склона Полярного Урала. **Это очевидное большое достижение автора.**

Работа доведена до **практического результата**. Результаты геохронологического исследования гранитоидов и вулканитов Щучьинской зоны использованы при составлении Государственной геологической карты нового поколения масштаба 1:200000 (лист Q42-III), включены в отчет по геолого-минералогическому картированию масштаба 1:200 000 листа Q42-III (Сибилейская площадь) за 2013–2015 гг. (Агафонов и др., 2015ф) и в серийную легенду Полярноуральской серии листов Госгеолкарты-200.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования, не затрагивают существа работы и не ставят под сомнение представленные в работе результаты и сформулированные на их основе выводы.

Объем диссертации – 211 страниц, содержащих 56 рисунков и 24 таблицы в Приложениях, список литературы – 165 работ. Основные результаты диссертации представлены в 17 публикациях, в том числе в 6 статьях в ре-

цензируемых научных изданиях, индексируемых в базах данных WoS, Scopus, RSCI, таких как «Доклады Академии наук», «Геотектоника», «Вестник МГУ. Серия Геология», «Геология рудных месторождений». Т.е. количество публикаций в изданиях, которые рекомендованы для опубликования результатов диссертационных исследований для защиты в Диссертационном совете МГУ для специальности 25.00.01 – «Общая и региональная геология», заведомо больше порогового. Автореферат полно отражает содержание диссертации и соответствует всем формальным требованиям, предъявляемым Диссертационным советом МГУ.

В завершении отзыва специально хочется заострить внимание на том, что при анализе диссертации Соболева И.Д. и автореферата этой диссертации признаков плагиата не обнаружено. Все цитирования и научные заимствования сопровождаются корректными и адекватными ссылками на первоисточники.

Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 25.00.01 – «Общая и региональная геология» (по геолого-минералогическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1–2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова. Работа оформлена согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель **Соболев Иван Дмитриевич** заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.01 – «Общая и региональная геология».

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,

главный научный сотрудник Лаборатории «Фундаментальных и прикладных проблем тектонофизики» (№ 204) Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук (ИФЗ РАН)»

РОМАНЮК Татьяна Валентиновна

1 сентября 2019 г

Контактные данные

Тел.: +7(499)254-2

Специальность, п  
защищена диссе

25.00.10 – Геод

ВНЕШНИХ ИСКОПАЕМЫХ

Адрес места

123242, г. М

Федеральн

зики Зем

Интерне

Тел.: +

е науки «Институт фи-  
аук (ИФЗ РАН)»

Под

ния

на

нного бюджетного учрежде-  
Шмидта Российской академии

овны заверяю:

*Михаил Романюк*

