

Министерство природных ресурсов
и экологии Российской Федерации
Федеральное агентство
по недропользованию
Федеральное государственное
бюджетное учреждение
«ВСЕРОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
им. А.П. КАРПИНСКОГО»
(ФГБУ «ВСЕГЕИ»)



Средний пр., 74, Санкт-Петербург, 199106
Для телеграмм: Санкт-Петербург, ВСЕГЕИ
Телефон: (812) 321-57-06
факс: (812) 321-30-23
E-mail: vsegei@vsegei.ru



«22» ноября 2021 г. № 01-02/37149
на № _____

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Брынько Инессы Валерьевны
«Пермские отложения юго-восточной части Омолонского массива: изотопная хемотратиграфия, U-Pb датирование и геохимические особенности»», представленной на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00. 01– «Общая и региональная геология»

I. Актуальность темы диссертации

Модернизация Международной и Общей стратиграфических шкал является одним из актуальных направлений развития стратиграфии. Ее особенность на современном этапе – это привлечение разнообразных аналитических методов и, в первую очередь, изотопной хемотратиграфии и U-Pb датирования для обоснования границ ярусов и систем. С этой точки зрения актуальность выбранного метода исследований и темы диссертации является бесспорной. Объект исследования – Омолонский массив – это стратотипическая местность для региональных горизонтов Унифицированной стратиграфической схемы пермских отложений Колымо-Омолон-Чукотской области пермской системы. Однако возможности широких корреляций ограничиваются высоким эндемизмом фауны, использованной для обоснования рубежей региональных подразделений, и корреляция с Общей стратиграфической шкалой, во многих случаях, является до некоторой степени умозрительной. Единственным исключением является фауна аммоноидей. Полнота морских разрезов, особенно верхней перми, делает регион исследования чрезвычайно перспективным. Примененная методика включала послойное описание разрезов с составлением стратиграфических колонок, сбор остатков фауны и ихнофоссилий и отбор образцов на различные виды исследований, в том числе для изготовления петрографических шлифов, изучения литогеохимии и изотопного анализа для выявления соотношений изотопов стронция, углерода и кислорода из вмещающих карбонатов и из раковинного вещества брахиопод, а также поиск и опробование туфогенных разностей пород для U-Pb SHRIMP-датирования цирконов. Были опробованы четыре разреза пермских отложений, расположенные в бассейне р. Омолон (крупный правый приток р. Колыма) по рр. Мунугуджак, Русская-Омолонская и руч. Водопадный (басс. р. Гижига), а также по руч. Федоровский (бассейн р. Парень).

II. Научная новизна и наиболее существенные результаты, полученные лично соискателем.

К научной новизне работы относится примененная в целом методика комплексного анализа пермских осадочных толщ Омолонского массива. Пионерными являются результаты U-Pb датирования пермских отложений Омолонского массива, позволившие уточнить возраст стратонов региональной стратиграфической шкалы в стратотипах и их корреляцию с Международной стратиграфической шкалой (МСШ). Изучение изотопии стронция имеет значение не только для пермских отложений Омолонского массива, но и для всех осадочных образований региона и сопредельных территорий. Автору удалось установить в разрезе Мунугуджак мировой кепитенский стронциевый минимум и построить кривую распределения $\delta^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ по разрезу. Кривая демонстрирует хорошее сходство с мировым изотопным трендом стронциевого соотношения.

Впервые получены результаты U-Pb SHRIMP-II датирования цирконов из четырех образцов туфовых разностей пород. Их изучение позволило впервые датировать нижнюю границу омолонского регионального надгоризонта и сопоставить ее с границей роудского яруса МСШ. На основании полученных датировок: 265 ± 3 и 266 ± 2 млн лет подтвержден кепитенский возраст гижигинского горизонта.

Впервые для Бореальных бассейнов получен наиболее полный региональный тренд изменения $\delta^{13}\text{Скарб.}$, ранее известный по биогенным карбонатам и по вмещающим известнякам надобласти Тетис (США, Китай). Тренды $\delta^{18}\text{Окарб.}$ имеют аномально низкие значения, которые, по мнению диссертанта, связаны с диагенетическими изменениями.

Впервые проведена реконструкция условий и источников пермского осадконакопления Омолонского бассейна с использованием различных геохимических методов и анализа разновозрастных популяций детритовых цирконов, а также ихнофоссилий.

III. Практическая значимость работы

В работе доказано, что методы изотопной хемотратиграфии и U-Pb изотопного датирования могут быть использованы для корреляции пермских отложений региональной стратиграфической и международной стратиграфической шкал.

Примененный комплексный подход к изучению пермских пород Омолонского массива может быть использован для аналогичных исследований в близких по строению и истории развития регионах.

Проведенные исследования имеют и прикладное значение. Использование современных методов хемотратиграфии: $\delta^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $\delta^{13}\text{Скарб.}$, и U-Pb SHRIMP-II датирования цирконов из осадочных образований позволяет провести корреляцию между стратонами Международной, Общей и региональных шкал даже для районов с высоким эндемизмом и провинциализмом фауны, ограничивающими корреляционный потенциал рубежей. Полученные результаты могут быть применены для дальнейшего совершенствования РСШ Колымо – Омолон – Чукотского региона, а также в геологической практике при проведении разномасштабных работ по региональному изучению недр

IV. Достоверность результатов работы

Представленная работа опирается на большой фактический материал, собранный автором во время полевых исследований в 2014-2015 гг., проведенных в составе отряда СВКНИИ ДВО РАН в юго-восточной части Омолонского массива и его юго-восточном обрамлении, а также в рамках работ по доизучению разрезов перми для составления листа Р-58 ГТК м-ба 1:1000000 третьего поколения. Автором проводилось описание разрезов, отбор проб для изотопных исследований стронция, углерода и кислорода из карбонатных пород и из

раковинного вещества брахиопод, а также поиск и опробованию туфогенных разностей пород для U-Pb датирования цирконов. Анализ полученных данных включал петрографическое описание шлифов, интерпретацию геохимических данных с построением необходимых диаграмм, обработку результатов изотопных исследований. Были описаны 200 петрографических шлифов, проинтерпретировано 158 результатов химического анализа, исследованы примесные элементы из 67 проб, выявлены $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ из всех стратиграфических интервалов в 34 образцах. Методом ICP-MS были измерены содержания Ca, Mg, Sr и Fe. В 111 образцах из всех стратиграфических интервалов были установлены изотопные характеристики $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб.}}$ и $\delta^{18}\text{O}_{\text{карб.}}$. Четыре пробы цирконов были отобраны для U-Pb датирования на SHRIMP-II. Анализы проводились в сертифицированных лабораториях и на современных приборах (перечень имеется в диссертации). Стратиграфическая привязка образцов контролировалась биостратиграфическим методом.

V. Защищаемые положения

Соискатель выдвигает *три* защищаемых положения, из которых два касаются определения границ региональных стратонов и подразделений Общей стратиграфической шкалы и одно является интерпретацией палеогеографии и источников сноса по комплексу петрографическим, геохимическим и изотопным данным.

Защищаемое положение 1. Возраст нижней границы оломонского регионального надгоризонта на Оломонском массиве определен в 275 ± 2.5 млн лет (U-Pb датирование цирконов из туфогенных разностей). Подтвержден кепитенский возраст гижигинского горизонта (265 ± 3 млн лет), что согласуется с ранее сделанными палеонтологическими оценками и с прецизионным датированием методом CA-ID-TIMS в Аян-Юряхском и Охотском бассейнах.

Защищаемое положение полностью обосновано в главе 4. Детально описаны методики и задокументировано опробование каждого образца. Стратиграфическое положение пробы сопровождается списком важнейших таксонов, что показывает соотношение с ОСШ или МСШ по биостратиграфическим данным. Отметим, что работы по датировке U-Pb методом осадочных пород продолжают оставаться пионерными для всего палеозоя России, хотя они имеют важнейшее значение для датировки магматических и метаморфических пород, основанной только на данных абсолютного возраста.

Защищаемое положение 2. Вариации $\delta^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ по разрезу пермских отложений Северо-Востока Азии демонстрируют хорошую корреляцию с известным мировым трендом этого соотношения. Для отложений гижигинского горизонта (кепитенский век) установлены два минимума $\delta^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, аналоги которых фиксируются и в экваториальных палеобассейнах.

Защищаемое положение хорошо обосновано в Главе 3. Детально проиллюстрировано и доказано почти полное отсутствие диагенетических изменений раковин брахиопод, что является важнейшим критерием отбраковки образцов. Установленный в разрезах Оломонского массива кепитенский изотопный минимум имеет глобальный характер и является реперным уровнем для широких корреляций, независимо от их фациальной и палеоклиматической природы отложений.

Защищаемое положение 3. Анализ петрографических, геохимических и изотопных данных свидетельствует, что обломочный материал в Оломонский бассейн поступал из трех основных источников вещества: пермской Охотско-Тайгоносской вулканической дуги, докембрийского фундамента Оломонского массива и девонских вулканитов кедонской серии.

Данное защищаемое положение обосновано в главах 3- 6 диссертации, где приводятся результаты комплексного геохимического анализа пермских терригенных и карбонатных пород Омолонского массива, проведенного для получения данных о составе пород, источниках сноса и определении условий седиментации и сведения об изотопных соотношениях $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $\delta^{13}\text{Скарб.}$, и $\delta^{18}\text{Окарб.}$ Автором были применены многочисленные методы оценки геохимических данных, в том числе содержания малых и редкоземельных элементов, определение индекса химического выветривания и др. Для выявления источников сноса, кроме данных, полученных при анализе возрастов детритовых цирконов, были использованы TAS диаграмма, Рошера – Корша, Nb/Y – Zr/TiO₂, La/Sc – Th/Co. Автором установлены различия источников сноса при формировании свит. Так источником сноса для осадконакопления джигдалинской свиты были девонские вулканы кедонской серии и пермские вулканы Охотско-Тайгоносской вулканической дуги. Отложения гижигинской свиты имели следующие источники сноса: метаморфические породы докембрийского возраста, интрузивные дайки каменноугольного возраста, пермский пирокластический и вулканокластический материал Охотско-Тайгоносской вулканической дуги. В позднехивачское время в бассейн поступали лишь продукты размыва Охотско – Т айгоносской дуги без пирокластического материала и вулканы кедонской серии. Данные геохимического анализа подтвердили существование гипотетической Охотско-Тайгоносской вулканической дуги.

VI. Замечания к защищаемым положениям

1. Следует отметить, что полученные автором результаты в некоторой степени выходят за пределы защищаемых положений. В первую очередь это касается проанализированного распределения Скарб. и проведенного анализа обстановок осадконакопления и палеогеографии (Глава 6). По результатам, изложенным в данной главе, могло бы быть сформулировано самостоятельное защищаемое положение, касающееся не только источников сноса. Существенным преимуществом автора, что отчетливо видно в данной главе, является возможность комплексирования всех данных – петрографического состава осадков, их геохимической характеристики, представлений об источниках сноса, развитии биоты и т.д., что и позволило создать четкую картину эволюции бассейна по довольно дробным временным интервалам.

При оценке датировки границы роудского яруса надо было указать, что эта границы может трассироваться в основание казанского яруса Общей стратиграфической шкалы. В целом, отсутствие ссылок на ОСШ при корреляции мы рассматриваем как существенный недостаток, так как все геолого-съемочные работы проводятся в рамках Общей стратиграфической шкалы и практическое применение данной работы связано именно с этим, хотя мы понимаем трудности, объективно существующие при корреляции морских разрезов Омолонского массива и континентальных разрезов Восточно-Европейской платформы.

VII. Общие замечания и предложения

Детально на изотопное отношение стронция опробован только один разрез. Несмотря на важность полученного результата в разрезе Мунугуджак, необходимо тестирование выявленного более узкого интервала и в других разрезах.

Обращает на себя внимание неравномерность опробования, что приводит к неточностям построения кривых. По некоторым разрезам, например, по руч. Федоровский неполнота опробования искажает характеристику разреза по С карб. и может рассматриваться только как предварительная. Обращает на себя внимание различие трендов в сакмарско-артинском интервале в разрезах р. Мунугуджак и руч. Федоровский.

При характеристике горизонтов не указаны стратотипы, автор стратона. При описании разреза не указаны авторы определений фауны, за исключением определений амmonoидей.

Также, при описании разрезов не указано из каких слоев были отобраны образцы и пробы, использованные при написании работы. Эта информация есть только на колонках.

К редакционным замечаниям можно отнести следующие: не всегда указаны группы органических остатков, то есть латинские названия брахиопод, мелких фораминифер и двустворчатых моллюсков приводятся единым списком. Или например «фаунистически пачка охарактеризована...» - а в списке присутствует и фауна и флора. На рис. 2.13 неполное объяснение к рисунку.

Заключение

Диссертация **Инессы Валерьевны Брынько** является целостной и законченной научно-исследовательской работой, основанной на личном вкладе автора в сбор и анализ большого фактического материала. Автором продемонстрировано владение различными методами анализа вещественного состава пород от литогеохимического анализа до подготовительной работы и интерпретации изотопно-геохимических данных и результатов изотопного датирования. Автор продемонстрировал понимание проблем региональной стратиграфии и понимание геологической истории региона, применив для интерпретации широкий спектр полученных результатов.

Основные положения диссертации отражены в 7 статьях из списка ВАК, а также в 22 публикациях в сборниках научных трудов и материалах конференций.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Диссертационная работа содержит необходимые научно-квалификационные признаки, соответствующие п. 9-14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней» (в ред. Постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842), применительно к учёной степени кандидата геолого-минералогических наук, а ее автор Инесса Валерьевна Брынько заслуживает присуждения учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.01 – «Общая и региональная геология»

Главный научный сотрудник отдела Региональной геологии
и полезных ископаемых Северо-Востока, ФГБУ «ВСЕГЕИ»,
доктор г.-м. наук



В.М. Кузнецов

Ведущий научный сотрудник отдела стратиграфии и палеонтологии,
ФГБУ «ВСЕГЕИ»,
кандидат г.-м. наук



О.Л. Коссовая

Отзыв на диссертацию и автореферат Брынько Инессы Валерьевны «Пермские отложения юго-восточной части Омолонского массива: изотопная хемотратиграфия, U-Pb датирование и геохимические особенности», представленной на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00. 01– «Общая и региональная геология» заслушан и обсужден на совместном заседании отдела стратиграфии

и палеонтологии и отдела РГ и ПИ Северо-Востока ФГУП ВСЕГЕИ (протокол № 3 от 22 ноября 2021 г.) и рекомендован в качестве официального отзыва ведущей организации.

Я, Кузнецов Василий Маркович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Кузнецов Василий Маркович
Гл. научный сотрудник отдела РГ и ПИ
Северо-Востока, ФГБУ «ВСЕГЕИ»,
доктор г.-м. наук
VM_Kuznetsov@vsegei.ru



Я, Коссовая Ольга Леонидовна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Коссовая Ольга Леонидовна
Вед. н. сотр. отдела стратиграфии и палеонтологии ФГБУ «ВСЕГЕИ»,
канд. г.-м. наук
olga_kossovaya@vsegei.ru



Подпись руки тов. *Кузнецова В. М.*
по месту работы удостоверяю

Зав. Общим Отделом ВСЕГЕИ

«22» 2021.

С.-Петербург, В.О., Средний пр., дом 74

