

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию **Брынько Инессы Валерьевны**
**«Пермские отложения юго-восточной части Омолонского массива:
изотопная хемотратиграфия, U-Pb датирование и геохимические особенности»,**
представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук
по специальности 25.00.01 - общая и региональная геология.

Диссертация Брынько Инессы Валерьевны посвящена теме изучения пермских отложений Омолонского массива, главнейшей тектонической структуры мезозоид Северо-Востока Азии.

К настоящему времени появился ряд новых методических подходов, в частности, современной геохимии с использованием порообразующих, малых и редкоземельных элементов как индикаторов особенностей седиментогенеза, которые были взяты автором на вооружение. Это позволило существенно дополнить предыдущие многолетние исследования пермского осадконакопления Омолонского бассейна и его геодинамической природы, проводимые до этого традиционными методами.

Научная новизна работы заключается в нескольких аспектах. В первую очередь следует отметить получение и интерпретацию результатов U-Pb датирования пермских отложений Омолонского массива, что дало возможность уточнить возраст пограничных слоев региональной стратиграфической шкалы в их стратотипах и провести их корреляцию с Международной стратиграфической шкалой. В работе впервые был применен комплексный подход с использованием широкого спектра методов: различные геохимические методы, метод изучения разновозрастных популяций детритовых цирконов, метод изучения ихнофоссилий и т.п., - благодаря чему проведена реконструкция условий пермского осадконакопления для нескольких этапов развития Омолонского бассейна и определены основные источники сноса. При этом применение метода стронциевой изотопной стратиграфии является пионерным не только для пермских отложений Омолонского массива, но и для всех осадочных образований региона и сопредельных территорий Бореальной надобласти. Такой многосторонний подход диссертанта придает результатам исследований научную значимость и логическую завершенность.

Структура диссертационной работы состоит из введения, шести глав и заключения.

Во **Введении** автором обстоятельно изложена актуальность и научная новизна работы, ее теоретическая и практическая значимость, обозначены цель и круг научных задач, стоящих перед автором, сформулированы защищаемые положения, приведен фактический материал и перечислены методы, применяемые в исследовании, со ссылкой на личный вклад автора в сбор, обработку и анализ материала.

Глава 1 представляет собой очерк изучения пермских отложений Омолонского массива, где в хронологическом порядке дан обзор маршрутных экспедиций, отчетов геолого-поисковых отрядов, результатов многолетних биостратиграфических исследований, итогов межведомственных стратиграфических совещаний, тематических и геолого-съемочных работ, начиная с 20-30-х годов прошлого столетия. Обзор завершается перечнем исследований стратотипических разрезов Омолонского массива, а также работ по прецизионному U-Pb датированию и изучению изотопии, проведенных при непосредственном участии автора. Эти исследования существенно увеличивают корреляционный потенциал Региональной стратиграфической шкалы и позволяют обосновать ее сопоставление с Общей и Международной стратиграфическими шкалами.

Глава 2 содержит основную литолого-стратиграфическую информацию по Омолонскому массиву, **в первой части** включающую современное структурно-фациальное районирование пермских отложений Северо-Востока России, где из шести структурно-фациальных областей в качестве объекта изучения выделяется Колымо-Омолонская область. Эта область, в свою очередь, подразделяется на несколько структурно-фациальных провинций со своими особенностями геологического развития в перми, из которых автор рассматривает Омолонскую и Гижигинскую с их делением на зоны и подзоны.

Вторая часть главы посвящена характеристике региональных стратон пермских отложений из рассматриваемых зон и подзон юго-восточной части Омолонского массива. По литературным данным, в этих отложениях, включающих туфовую примесь и многочисленную фауну, практически повсеместно выделяются не только региональные стратоны (горизонты), но и наиболее дробные биостратиграфические подразделения (зоны) по основным группам фауны.

В третьей части автор приводит детальное описание свит из нескольких (четырёх) опорных разрезов, составленное по литературным данным и собственным наблюдениям, с послойной литологической и палеонтологической характеристикой. К недоработкам в этой части главы можно отнести некоторую небрежность, которую автор допускает в нескольких случаях, приводя видовую характеристику разных групп фауны, а также и флоры, вперемешку и без пояснений.

Четвертая часть главы состоит из подробной петрографической характеристики и фотографий шлифов основных типов пермских пород из исследуемых разрезов. Всего диссертантом было изучено и интерпретировано около 200 петрографических шлифов: из алевролитов, песчаников, колымиевых известняков, туффитов, туфоалевролитов, диамиктитов. При этом заслугой автора в процессе изучения колымиевых известняков является выделение трех их литологических разновидностей, таких как оолитовые

колымиевые известняки, брахиоподовые известняки-ракушечники и колымиевые известняки из биогермной постройки.

Пятая часть главы отведена под изучение ихнофауны, поскольку в ходе полевых работ автором были задокументированы, а затем определены и интерпретированы некоторые ихнофоссилии. Здесь следует отметить вдумчивый подход диссертанта к этим довольно сложным операциям, поскольку не всегда определение единичных следов жизнедеятельности ископаемых организмов бывает однозначным. Иногда один и тот же след можно интерпретировать двояко, относя его к абсолютно разным ихнородам, а также зачастую исследователя вводит в заблуждение сходство биогенных текстур и механогенных (абиогенных), таких как следы волочения, следы ледяных кристаллов, отпечатки дождевых капель, знаки внедрения и т.п. Проблемы во многом решаются при изучении совместного нахождения ихнофоссилий в осадочных породах с объединением их в комплексы – ихнофации. В разрезах юго-восточной части Омолонского массива и его западной периферии диссертантом были идентифицированы следующие ихнороды: *Thalassinoides*, *Phycodes*, *Teichichnus*, *Chondrites*, *Zoophycos*, *Ophiomorpha*, *Rhizocorallium*, классифицированные как *fodinichnia* – следы проедания осадка (*Teichichnus*, *Chondrites*, *Rhizocorallium*, *Zoophycos*) и *domichnia* – следы обитания (*Ophiomorpha*, *Thalassinoides*, *Phycodes*). Эта ихнофация, характерной чертой которой является разнообразие следов и обильная биотурбация осадка, указывает на обстановку с плохо сортированным субстратом сублиторальной зоны выше базиса штормовых волн и ниже базиса обычных волн. Обоснован вывод о спокойном гидродинамическом режиме бассейна, его относительном углублении и кислородной (аэробной) обстановке.

Глава 3 состоит из данных, полученных путем изучения изотопов стронция, а также стабильных изотопов кислорода и углерода.

В **первой части** рассматривается метод стронциевой изотопии. Этим методом, основанным на анализе долговременных вариаций изотопного состава стронция в палеоокеанах и сообщавшихся с ними морях, по 34 образцам из диагенетически неизменных раковин брахиопод была получена кривая значений $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$. Несмотря на хорошую сходимость результатов, в некоторых случаях выявлены «отскоки» значений в ту или другую сторону. Пониженные отметки автор связывает с поступлением в кепитенское время облегченного фемического стронция из рифтов по периферии Омолонского бассейна, однако, повышенные значения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ нижней перми автор не объясняет. Полученные данные очерчивают круг задач для дальнейших исследований, при этом уже само по себе использование изотопии стронция диссертантом представляется пионерным не только для рассматриваемого региона, но и для сопредельных территорий Бореальной надобласти. В

целом вариации $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 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 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, аналоги которых фиксируются и в экваториальных палеобассейнах. Так формулируется **второе защищаемое положение**.

Вторая часть главы посвящена исследованиям стабильных изотопов углерода как органического ($\delta^{13}\text{C}_{\text{орг.}}$), так и карбонатного ($\delta^{13}\text{C}_{\text{карб.}}$) происхождения. Автором было проанализировано 111 проб на $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб.}}$ из раковин брахиопод (63 пробы) и из вмещающих пород – колымиевых известняков (48 проб). Полученные новые данные по $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб.}}$ как по биогенным карбонатам, так и по вмещающим известнякам позволили уточнить региональный тренд изменения $\delta^{13}\text{C}$, впервые установленный в наиболее полном объеме для пермских отложений бореальных бассейнов, и сравнить его с аналогичными трендами надобласти Тетис (США, Китай).

Результаты исследования изотопного состава кислорода ($\delta^{18}\text{O}_{\text{карб.}}$) приведены в **третьей части** главы. Они основаны на анализе тех же 111 проб с целью интерпретации температурного режима/солености вод морского бассейна. Однако практически во всех пробах значения $\delta^{18}\text{O}_{\text{карб.}}$ оказались аномально низкими, что объясняется автором диагенетическими изменениями в породах и раковинах под влиянием метеорных флюидов. И лишь одна проба, отобранная из позднекунгурской брахиоподы *Tumarinia* sp. хорошей сохранности, показала значение $\delta^{18}\text{O}_{\text{карб.}}$, равное -1.72 ‰, что явилось дополнительным свидетельством отсутствия в ней диагенетических изменений и позволило автору рассчитать для позднекунгурского времени достаточно высокое значение палеотемпературы, равное +19.1 °C. Альтернативно диссертанту стоило бы допустить некоторое влияние пресных вод на условия обитания брахиоподы *Tumarinia* sp. в этом регионе в позднекунгурское время.

В **Главе 4** рассматриваются методы U-Pb датирования цирконов. Для определения возраста цирконов из туфогенных пород перми в трех разрезах автором были выбраны 4 пробы из двух стратиграфических уровней: русско-омолонского (нижняя часть) и гижигинского горизонтов.

Анализ результатов U-Pb датирования цирконов показал, что возраст нижней границы омомонского регионального надгоризонта на Омомонском массиве составляет 275 ± 2.5 млн лет (по U-Pb датированию 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. Этот вывод послужил **первым защищаемым**

положением в работе, хотя необходимость вынесения этих безусловно важных данных в виде отдельного защищаемого положения может быть оспорена.

К заслуге диссертанта нужно отнести получение информации по датированию зерен цирконов из нижней части оломонского регионального надгоризонта. Возраст их оказался только каменноугольным и раннепермским, в отличие от возраста зерен, отобранных из гижигинского регионального горизонта. Последние оказались неоархейскими, палеопротерозойскими, каменноугольными, ранне- и среднепермскими. Это позволило автору предложить оригинальную реконструкцию, касающуюся источников сноса осадочного материала в эти временные интервалы.

В Главе 5 высказанные предположения дополнились и нашли свое подтверждение благодаря использованию других методов исследования, в результате чего были показаны некоторые петрохимические модули, геодинамические индексы, ряд коэффициентов и отношений элементов, множество данных по петрографическому исследованию, изучению распределения малых и редкоземельных элементов, анализу геохимических диаграмм и т.п. Эти данные были использованы, в частности, при некоторых реконструкциях палеоклимата, палеосолености и окислительно-восстановительных условий Оломонского бассейна. Сведение воедино результатов анализов более чем 200 проб из терригенных разностей пород (P_{1-2dz}) джигдалинской, (P_{3gz}) гижигинской и (P_{3ch}) хивачской свит и из карбонатных отложений позволило автору обосновать в **третьем защищаемом положении** вывод о том, что обломочный материал поступал в Оломонский бассейн из трех основных объектов: пермской Охотско-Тайгоносской вулканической дуги, докембрийского фундамента Оломонского массива и девонских вулканитов кедонской серии.

В Главе 6 логические выводы, сделанные в предыдущих главах, легли в основу реконструкций обстановок осадконакопления пермского времени для следующих этапов развития Оломонского бассейна: мунугуджакского, джигдалинского, оломонского, гижигинского и хивачского. В это время Оломонский бассейн был относительно мелководным (сублиторальная зона) с максимумом трансгрессии на оломонском этапе, здесь шло накопление терригенных и карбонатных осадков. Предполагается, что в центральной части бассейна прогибание было меньше, чем на его периферии. Большое влияние на состав отложений оказывала гипотетическая Охотско-Тайгоноская вулканическая дуга, утратившая активность в позднехивачское время.

Заключение представляет собой перечень основных выводов по всем вышеперечисленным результатам исследований.

Полученные автором чрезвычайно интересные данные и оригинальные результаты анализов являются важным вкладом в изучение пермских отложений Оломонского массива,

его палеогеографии и палеогеодинамики. Применение в диссертационной работе широкого спектра различных методов изучения осадочных пород может послужить примером при проведении аналогичных исследований в других регионах, особенно в целях уточнения РСШ и ее корреляции с МСШ.

Основные положения диссертации хорошо аргументированы и опубликованы в 7 статьях в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК, а также доложены на нескольких российских и международных конференциях и конгрессах. Автореферат соответствует тексту диссертации. Материал, использованный в диссертации, получен соискателем при личном участии, является новым и оригинальным.

Рецензируемая работа полностью отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Брынько Инесса Валерьевна, может заслуженно претендовать на присуждение ей степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.01 – общая и региональная геология.

Бондаренко Лиана Григорьевна, кандидат геолого-минералогических наук,
старший научный сотрудник, лаборатория стратиграфии и палеонтологии
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Дальневосточный геологический институт Дальневосточного отделения
Российской академии наук (ДВГИ ДВО РАН)
25.00.01 - общая и региональная геология.
690022 Владивосток, пр. 100-летия Владивостока, 159, ДВГИ, <http://www.fegi.ru/>
E-mail: li_bond@mail.ru; тел. +7(908) 449-17-29

Я, Бондаренко Лиана Григорьевна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

8 ноября 2021

(подпись)

Минобрнауки России
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Дальневосточный геологический институт
Дальневосточного отделения Российской академии наук
(ДВГИ ДВО РАН)

Подпись Л. Г. Бондаренко заверяю
Начальник Инспектор
отдела кадров Т. Н. Саломаткина

“ 08 ” 11 2021 г.

