



## ОТЗЫВ

ведущей организации ФГБУН «Геологический институт СО РАН» на диссертационную работу Мотовой Зинаиды Леонидовны «УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ИСТОЧНИКИ ВЕЩЕСТВА ПОЗДНЕДОКЕМБРИЙСКИХ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ОКРАИНЫ СИБИРСКОГО КРАТОНА», представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.01 – общая и региональная геология (отрасль: геолого-минералогические науки).

Представленная диссертационная работа Мотовой Зинаиды Леонидовны содержит 158 страниц текста, включая 35 рисунков, 6 таблиц, список из 138 наименований цитируемой литературы, введение, пять глав и заключение. Объем автореферата составляет 18 страниц текста, включая три рисунка.

### **Актуальность темы**

Диссертационная работа Мотовой З.Л. посвящена изучению осадочных толщ континентальной окраины Сибирского кратона, а именно позднедокембрийских карагасской и оселковой серий. Имеющиеся современные геодинамические реконструкции, в основном, базируются на данных магматической петрологии и геохимии, в то время как седиментологические критерии также служат надежными индикаторами геодинамических режимов. Осадочные комплексы несут значимую информацию как о геодинамических обстановках, существовавших в период их образования, так и о возрасте и составе коры областей сноса кластического материала. А отложения пассивных континентальных окраин являются индикаторами раскрытия океана и их всестороннее изучение позволяет определить время его зарождения и дальнейшую геодинамическую эволюцию. Отложения карагасской и оселковой серий являются индикаторами зарождения и раскрытия Палеоазиатского океана и ключевыми объектами для расшифровки процессов осадконакопления на юго-западной окраине Сибирского кратона (Саянский сегмент Саяно-Байкало-Патомского пояса (СБПП)) в позднем рифе-венде. Работа рассматривает и решает проблемы, касающиеся возраста, объема и условий формирования отложений карагасской и оселковой серий, которые до настоящего времени вызывают острые дискуссии. В связи с вышеизложенным, актуальность исследований не вызывает сомнений.

## **Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.**

Основу работы составляют материалы, полученные лично З.Л. Мотовой в результате изучения Саянского сегмента СБПП в течение пяти лет, а также результаты всестороннего анализа имеющихся данных по этому региону и смежным территориям. Работа выполнена на высоком профессиональном уровне, решены все поставленные задачи. О высокой квалификации и широком кругозоре автора говорит так же список используемой литературы из 138 наименований (половина на английском языке). Мотовой З.Л. впервые для отложений карагасской и оселковой серий проведены комплексные геологические, петрографические, литогеохимические и U-Pb (LA-ICP-MS) геохронологические исследования с использованием современных прецизионных методов и методик. Получены новые данные позволили автору сделать выводы о составе отложений и об особенностях их седиментации. Изучение детритовых цирконов из карагасской и оселковой серий дало возможность определить также состав пород в области источника сноса осадочного материала и провести реконструкции геодинамических режимов накопления этих отложений. С учетом новых данных была предложена геодинамическая модель зарождения и эволюции Палеоазиатского океана вдоль южной окраины Сибирского кратона. Результаты исследований изложены в защищаемых положениях.

### **Степень обоснованности и достоверности научных результатов**

Цель и актуальность исследований, основные задачи, научная новизна и практическая значимость выполненных исследований, личный вклад автора и защищаемые положения сформулированы во введении работы. Степень обоснованности и достоверности научных результатов заключается в том, что З.Л. Мотовой изучен представительный материал, полученный в ходе как полевых так и лабораторных исследований, проведен всесторонний анализ работ предшественников и коллег, сопоставлены результаты исследований отложений разными методами, что позволило сделать диссертанту важные выводы. З.Л. Мотовой изучено более 100 шлифов, при обработке более 100 результатов спектрального, петро-и геохимических анализов использованы различные методики, U-Pb геохронологическим методом изучены детритовые цирконы в 8 образцах песчаников. Аналитические работы проводились как в лабораториях РАН, так и в известных зарубежных центрах (Пекин, КНРЮ Ф Айдахо, США). Многочисленные новые данные по результатам U-Pb датирования детритовых цирконов позволили автору сформулировать свои варианты решения ряда спорных моментов в стратиграфии докембрийских отложений Присаянья.

В первой главе приведены сведения об основных тектонических элементах Сибирского кратона и их развитии в палеопротерозое. Подробно рассмотрено геологическое строение позднекембрийских осадочных толщ Саяно-Байкало-Патомского пояса, приведен обзор имеющихся данных. При характеристике геологического строения района исследований - Бирюсинского блока Присаянского

краевого выступа Сибирской платформы, рассматриваются в основном нижнепротерозойские метаосадочные породы и только упоминаются верхнедокембрийские отложения и перекрывающие их толщи. Следовало бы все же в этой главе более полно описать стратиграфическую последовательность отложений (сводную стратиграфическую колонку), дать представления о характере контактов карагасской и оселковой серий с подстилающими и перекрывающими отложениями. Следует заметить, что правильно употреблять – «нижнепротерозойские», «верхнедокембрийские» породы, а не "раннепротерозойские, позднедокембрийские породы", так как «ранее-, позднее –« - это время формирования отложений. На наш взгляд не совсем удачно название главы «Геологическое строение района работ», в которой приводятся сведения и о геологической изученности региона, можно например, было бы добавив в название «...и изученность района исследований». И уместнее было бы поместить в этот раздел подраздел пятой главы – «5.1. Краткий обзор современного состояния исследований эволюции Земной коры в докембрии и постановка проблемы»

Во второй главе дан обзор методов и методик исследований осадочных пород в полевых и лабораторных условиях, используемых автором в работе, рассмотрены роль и задачи каждого метода. Отметим, что комплекс выбранных методов исследований удачно скомбинирован, что позволило автору сопоставить результаты петро-лито-геохимических и геохронологических исследований. Однако, в работе для U-Pb изотопного LA-ICP-MS датирования отсутствуют информация об эталонных цирконах, используемых в качестве внешних стандартов и контрольных образцов, и погрешностях их измерения. Не указано по какому изотопному отношению ( $^{205}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ ,  $^{206}\text{Pb}/^{237}\text{U}$ ,  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ) строились графики относительной вероятности возраста детритовых цирконов. Приведение этих данных необходимо для дополнительной оценки корректности изотопного анализа и правильности интерпретации.

Третья и четвертая главы посвящены характеристике терригенных пород карагасской и оселковой серий.

Карагасская серия – один из ключевых и проблемных объектов при региональных реконструкциях и расшифровки докембрийской истории развития региона. Состав, объем, возраст и геодинамические обстановки формирования отложений острую дискуссию. В составе карагасской серии объединены три свиты шангулежская, тагульская и ипситская. В результате работ диссертанта получены новые данные и установлено, что породы свит представлены плохо сортированными песчаниками, алевропесчаниками, отвечающими аркозам, а также карбонатными песчаниками. Генетическая типизация терригенных отложений карагасской серии, проведенная с использованием петрохимических модулей позволяет отнести их к петрогенным осадочным породам. Анализ концентраций редких рассеянных элементов в породах карагасской серии свидетельствует о преобладании кислых магматических пород в области источника сноса. Здесь можно было бы рекомендовать автору, диаграмму петрохимической классификации терригенных пород следовало бы привести для каждой свиты с пояснениями, как это сделано для

петрогенных элементов (редакционное замечание – рисунок помещен раньше, чем дана ссылка на него). Выводы об условиях формирования карагасской серии, вполне обоснованы, новые данные позволяют считать, что отложения накапливались в пределах обширного континентального шельфа. U-Pb исследования детритовых цирконов из аркозовых песчаников всех трех свит установили две основные возрастные популяции: архейскую и раннепротерозойскую. Основные возрастные пики пришлись на 1850 – 1880 млн лет, что соответствует возрасту гранитоидов саянского комплекса, широко распространенных в Присаянском краевом выступе Сибирского кратона. Остальные возрастные пики совпадают с оценками возраста магматических пород фундамента южного фланга Сибирского кратона. Таким образом, автор считает серию палеопротерозойской, чему отвечают сведения о прорывании отложений габбро-долеритами нерсинского комплекса с возрастом около 740 млн лет. Но в ипситской свите автором выделены единичные цирконы эдиакарского возраста, другими исследователями в этих отложениях было установлено значительное число цирконов такого возраста. Эти несоответствия нуждаются в объяснении, для чего видимо требуются дополнительные геологические и структурные исследования.

Оселковая серия. В ее составе выделяется три свиты марнинская, удинская и айсинская. В настоящее время серия относится к венду, результаты исследований автора подтверждают вендский возраст отложений. Приведена подробная петрографическая и литогеохимическая характеристики пород. Анализ концентраций петрогенных элементов в породах оселковой серии позволяет классифицировать их как аркозы. Характер отношений петрохимических модулей свидетельствует о том, что породы оселковой серии являются осадками первого цикла седиментации. На основании новых данных автор рассматривает серию в составе нижней и верхней частей, между которыми наблюдаются отчетливые различия в петрографическом и литогеохимическом составе. В состав нижней части включены марнинская свита и нижняя подсвита удинской свиты, а к верхней отнесены верхняя подсвита удинской свиты и айсинская свита. Диссертантом сделан обоснованный вывод о различных источниках сноса для пород нижней и верхней частей серии, который подтверждается и геохронологическими данными. Породы нижней части оселковой серии образовались за счет разрушения магматических пород кислого состава, в то время как отложения верхней части оселковой серии накапливались за счет разрушения пород смешанного (кислого и основного) состава. В дальнейшем можно рекомендовать пересмотреть объем удинской свиты с выделением из ее состава самостоятельного стратиграфического подразделения. Также следовало бы для датирования отложений использовать палинологический метод, тем более, есть хороший пример его использования на смежных территориях.

В разделах «Результаты исследования детритовых цирконов...» не совсем корректно приведены некоторые фразы, например - «Возраст самого молодого детритового циркона из песчаника айсинской свиты составил 650 млн лет, что ограничивает *возраст накопления* айсинской свиты эдиакарием (поздний венд)».

Детритовые цирконы ограничивают *нижний возрастной (не древнее)* предел времени накопления отложения, и только в бассейнах островодужного типа могут быть обнаружены цирконы с оценкой возраста, близкого к возрасту седиментации. В этих же разделах следовало бы привести географические координаты места отбора всех проб на геохронологические исследования.

Выводы по материалам первой и второй глав достоверны и хорошо обоснованы. На основании анализа имеющейся информации и новых полученных геологических, петрографических, литогеохимических и U-Pb геохронологических данных по позднедокембрийским карагасской и оселковой сериям юго-западной окраины Сибирского кратона, З.Л. Мотова делает выводы о том, что породы карагасской серии образовались в условиях континентального шельфа за счет поступления в бассейн седиментации обломочного материала с южной окраины Сибирского кратона, а накопление отложений оселковой серии происходило в пределах окраинно-континентального шельфа. Терригенные отложения карагасской серии (шангулежская, тагульская и ипситская свиты) и нижней части оселковой серии (марнинская свита и нижняя подсвита удинской свиты) типизированы как петрогенные, отвечающие аркозам, свидетельствуют о преобладании в области источника магматических пород кислого состава. Накопление терригенных отложений верхней части разреза оселковой серии (верхняя подсвита удинской свиты и айсинская свита) происходило за счет разрушения пород смешанного (кислого и основного) состава. По данным диссертанта источником материала могли служить граниты саянского комплекса и вулканиты елашской серии с возрастом 1.90–1.85 млрд лет, широко распространенные в Присаянском краевом выступе Сибирского кратона, что подтверждается геохронологическими U-Pb (LA-ICP-MS) данными. Основным источником сноса для нижней части разреза серии остаются все же породы фундамента южной окраины Сибирского кратона.

По материалам третьей и четвертой глав сформулированы первое и второе защищаемые положения:

1. Накопление позднедокембрийских терригенных отложений карагасской серии, а также нижней части оселковой серии (марнинская свита и нижняя подсвита удинской свиты) происходило за счет поступления обломочного материала в бассейн седиментации только с площади Сибирского кратона.

2. Накопление терригенных отложений верхней части оселковой серии (верхняя подсвита удинской свиты и айсинская свита) происходило за счет поступления в бассейн седиментации обломочного материала из нескольких источников, при разрушении пород орогена, сформированного в венде в результате причленения микроконтинентов и островных дуг Палеоазиатского океана к южной окраине Сибирского кратона..

Содержание пятой главы обосновывает третье защищаемое положение – «Выявленная смена источников обломочного материала в позднедокембрийских терригенных отложениях Бирюсинского Присаянья коррелирует с подобной сменой источников вещества в близковозрастных осадочных последовательностях Саяно-

Байкало-Патомского пояса и отражает начальные этапы становления Центрально-Азиатского складчатого пояса». В этой главе приведена сравнительная характеристика осадочных толщ позднего докембрия Саяно-Байкало-Патомского пояса в пределах Саянского, Байкальского и Патомского сегментов. Новые данные U-Pb (LA-ICPMS) данные по детритовым цирконам из осадочных образований Саянского сегмента СБПП, полученные диссертантом, хорошо сопоставимы с ранее опубликованными данными по детритовым цирконам из осадочных толщ Байкальского и Патомского сегментов СБПП и, кроме того, выявлено, что возрастные спектры всех изученных детритовых цирконов осадочных толщ СБПП демонстрируют аналогичную картину. Таким образом, во время накопления этих пород весь обломочный материал поступал исключительно с южной окраины Сибирского кратона, все осадочные толщ СБПП демонстрируют резкую смену источников сноса обломочного материала – наряду с «сибирскими» архей-раннепротерозойскими источниками, обнаруживаются позднепротерозойские «несибирские» источники. Автор полагает, что этими источниками могли быть микроконтиненты и островные дуги Палеоазиатского океана, в настоящее время, входящие в структуру северной части Центрально-Азиатского подвижного пояса. Вызывает вопросы схема корреляции толщ позднего докембрия Саяно-Байкало-Патомского пояса в пределах Саянского, Байкальского и Патомского сегментов, учтены не все имеющиеся данные о возрасте сопоставляемых стратонов (например качергатская свита сопоставляется с жуинской и др.). В данном случае автору следовало бы обсудить имеющиеся данные о возрасте этих стратонов, и пояснить, почему им принимается тот или иной временной интервал накопления отложений. Несовсем понятно сопоставление автором разных по вещественному составу стратонов, например айсинской терригенной свиты и преимущественно карбонатной жуинской серии.

Результаты исследования автором детритовых цирконов, свидетельствуют в пользу гипотезы о глобальном перерыве в магматической активности на южной окраине Сибирского кратона на временном интервале 1600-1000 млн лет (в исследованных пробах отсутствуют детритовые цирконы этого возраста).

Используя собственные данные З.Л. Мотова (рис. 35) предполагает существование существование позднерифейского осадочного бассейна между югом Сибирского кратона и севером Лаврентии еще до распада Родинии и открытия на его месте Палеоазиатского океана в позднем криогении. Позднерифейский период маркирует развитую стадию эволюции Палеоазиатского океана, имеющих и вновь полученных данных автором предполагается, что в это время пассивная континентальная окраина Сибирского кратона начала преобразовываться в бассейн форланда. Предполагается, «что древние офиолитовые блоки и комплексы островных дуг, зародились и существовали в более древнем, нежели Палеоазиатский, океане (Палеотетис), и были причленены к южной окраине Сибирского кратона после открытия Палеоазиатского океана». Однако из текста не понятно, какие количественные данные послужили основанием расположения этих блоков на палеогеографических реконструкциях.

Редакционное замечание - логично было бы в названии главы добавить «.....и геодинамическая модель зарождения и эволюции Палеоазиатского океана».

### Заключение

Представленная диссертационная работа Мотовой З.Л. является научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему на высоком профессиональном уровне, содержит решение научной проблемы, имеющей важное значение для решения вопросов, связанных с историей зарождения и эволюции Палеоазиатского океана. Автореферат диссертации отражает содержание защищаемых положений и полностью соответствует диссертационной работе. По результатам исследований автором опубликовано 24 работы, в том числе 6 статей в рецензируемых научных журналах. Публикации отражают основные положения диссертации.

Работа соответствует критериям, установленным п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. 21.04.2016), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, ее автор Зинаида Леонидовна Мотова заслуживает присвоения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.01 – общая и региональная геология (науки о Земле).

Отзыв ведущей организации рассмотрен и обсужден на заседании Ученого совета ГИН СО РАН (протокол № 8 от 15.08.2015) и одобрен в качестве официального отзыва ведущей организации.

Заведующий лабораторией геодинамики  
ГИН СО РАН, доктор геол.-мин. наук

Ольга Романовна Минина

Старший научный сотрудник  
лаборатории инструментальных  
методов анализа ГИН СО РАН,  
кандидат геол.-мин. наук

Валентин Борисович Хубанов

Старший научный сотрудник  
лаборатории геодинамики,  
кандидат геол.-мин. наук

Лариса Ивановна Ветлужских

*Авдеева* *Минина* *Хубанов* *Ветлужских*  
*Ветлужских Л.И.*  
*Спец. по кадрен*  
*от 09.08.15*

