

На правах рукописи



МОТОВА Зинаида Леонидовна

**УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ИСТОЧНИКИ
ВЕЩЕСТВА ПОЗНЕДОКЕМБРИЙСКИХ ОСАДОЧНЫХ
ТОЛЩ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ОКРАИНЫ СИБИРСКОГО
КРАТОНА**

Специальность 25.00.01. – общая и региональная геология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Иркутск – 2018

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте земной коры Сибирского отделения Российской академии наук.

Научный руководитель: **Гладкочуб Дмитрий Петрович,**
Чл.-корр. РАН, профессор РАН,
доктор геолого-минералогических наук,
директор ИЗК СО РАН,
зав. лаборатории палеогеодинамики
ИЗК СО РАН

Официальные оппоненты: **Советов Юлий Константинович,**
к.г.-м.н., доцент кафедры минералогии и
петрографии ГГФ ИГУ, ведущий научный
сотрудник ИНГГ СО РАН (г. Новосибирск)

Макрыгина Валентина Алексеевна
д.г.-м.н., профессор кафедры геохимии ГФ ИГУ,
главный научный сотрудник ИГХ СО РАН
(г. Иркутск)

Ведущая организация: ФГБУН ГИН СО РАН (г. Улан-Удэ)


Защита диссертации состоится «4» октября 2018 года в __ часов на заседании диссертационного совета Д. 003.022.02 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте земной коры СО РАН по адресу: 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ИЗК СО РАН и на сайте http://www.crust.irk.ru/newsfull_173.html

Отзывы на автореферат в 2-х экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим направлять ученому секретарю совета к.г.-м.н. Ю.В. Меньшагину по адресу: 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128, или e-mail: men@crust.irk.ru

Автореферат разослан « » июля 2018 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д. 003.022.02,
кандидат геолого-минералогических наук

 Ю.В. Меньшагин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы

Как известно, совокупность данных о строении, вещественном составе осадочных толщ и возрастных спектрах детритовых цирконов отражает процессы, протекающие как собственно в бассейнах седиментации, так и на прилегающих к ним территориях, выступающих в качестве источников сноса обломочного материала. Комплексирование рассматриваемых данных позволяет проследить эволюцию палеобассейнов, в том числе палеоокеанов далекого геологического прошлого. Объектами комплексного исследования стали осадочные разрезы карагасской и оселковой серий юго-западной окраины Сибирского кратона, являющиеся ключевыми стратоподразделениями для расшифровки процессов осадконакопления в Саянском сегменте Саяно-Байкало-Патомского пояса (СБПП) позднедокембрийских осадочных и вулканогенно-осадочных толщ, формирование которых было связано с событиями, протекавшими в регионе непосредственно до, в ходе и после распада суперконтинента Родиния и раскрытия Палеоазиатского океана.

Полученные результаты позволяют расшифровать фундаментальные закономерности развития геодинамической системы – древний кратон (Сибирь) – палеоокеан и в дальнейшем использовать эти данные при проведении широких палеогеографических реконструкций.

Основные цели и задачи исследования

Основной целью проведенного исследования явилось комплексное изучение позднедокембрийских стратоподразделений Саянского сегмента СБПП для выяснения источников сноса обломочного материала и геодинамических обстановок, контролировавших процесс накопления этих отложений.

Для достижения обозначенной выше цели были поставлены следующие задачи:

1. Выполнить детальные петрографические и литогеохимические исследования терригенных пород юго-западной окраины Сибирского кратона (Бирюсинское Присаянье) для выявления особенностей состава исследуемых пород.

2. Определить состав пород в области питающей провинции при помощи петрографических и литогеохимических данных, полученных в ходе настоящего исследования.

3. Провести U-Pb исследования детритовых цирконов из позднедокембрийских осадочных толщ Бирюсинского Присаянья и установить основные возрастные популяции.

4. Восстановить геодинамические режимы бассейна седиментации позднедокембрийских осадочных толщ и основные возрасты пород в области сноса для терригенных отложений Бирюсинского Присаянья с использованием полученных данных по петрографическим, литогеохимическим и геохронологическим исследованиям.

5. Провести сравнительный анализ данных по позднедокембрийским терригенным отложениям, распространенным вдоль южной окраины Сибирского кратона (Саяно-Байкало-Патомский пояс), на всех его трех сегментах: Саянском, Байкальском и Патомском.

Для решения поставленных задач, помимо классических методов геологического и литологического изучения рассматриваемых осадочных последовательностей, был использован ряд современных прецизионных методов и методик исследования, что обеспечило полученным результатам качественный современный уровень.

Личный вклад соискателя

В основу диссертации положены материалы, собранные автором в 2011–2015 годах. Представительная коллекция образцов, полученная автором в ходе проведенных исследований, характеризует разрезы всех шести свит позднедокембрийских осадочных толщ Саянского сегмента СБПП (карагасская серия: шангулежская, тагульская и ипситская свиты; оселковская серия: марнинская, удинская и айсинская свиты).

Кроме авторских данных, в настоящей работе синтезировано большинство имеющихся опубликованных данных, которые включают в себя как результаты региональных геологосъемочных работ масштаба 1:200000, 1:1000000 и 1:1500000, так и научные стратиграфические, палеомагнитные, геохронологические, литогеохимические и структурные исследования, проведенные на южной окраине Сибирского кратона.

Научная новизна работы:

1. Впервые проведены комплексные петрографические, литогеохимические и геохронологические исследования позднедокембрийских осадочных толщ Саянского сегмента СБПП (юго-западная окраина Сибирского кратона);

2. Определены составы пород областей питающих провинций, обеспечивших поступление обломочного материала в бассейн седиментации исследуемых толщ;

3. На основе результатов U-Pb геохронологического исследования детритовых цирконов из исследуемых позднедокембрийских осадочных толщ Саянского сегмента СБПП выявлены как нижние ограничения времени накопления (не древнее) каждого исследуемого стратоподразделения, так и возрасты источников сноса обломочного материала в бассейн их седиментации.

4. На основании синтеза новых авторских данных и результатов изучения близковозрастных толщ СБПП предложена модель эволюции бассейна осадконакопления, располагавшегося вдоль южного фланга Сибирского кратона до и после распада Родинии и истории эволюции этого бассейна в позднем докембрии.

Практическое значение

Новые данные, полученные в ходе выполнения работы, могут быть использованы для межрегиональных стратиграфических корреляций позднедокембрийских осадочных комплексов южной окраины Сибирского кратона, а также применяться при широких палеогеографических

реконструкциях. Кроме этого, полученные результаты будут использованы при создании государственных геологических карт нового поколения.

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 приращения микроконтинентов и островных дуг Палеоазиатского океана к южной окраине Сибирского кратона.

3. Выявленная смена источников обломочного материала в позднедокембрийских терригенных отложениях Бирюсинского Присянья коррелирует с подобной сменой источников вещества в близковозрастных осадочных последовательностях Саяно-Байкало-Патомского пояса и отражает начальные этапы становления Центрально-Азиатского складчатого пояса.

Публикации и апробация работы

Результаты, полученные в ходе выполнения работы, изданы в 24 печатных изданиях, в том числе в 6 статьях в рецензируемых научных журналах. Основные выводы проведенных исследований были представлены на таких всероссийских и международных научных совещаниях, как Всероссийское научное сов-е «Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса: от океана к континенту» (г. Иркутск, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017); XXV, XXVI, XXVII Всероссийское молодежное сов-е «Строение литосферы и геодинамика» (г. Иркутск, 2013, 2015, 2017); VII Сибирская научно-практическая конф-я молодых ученых по наукам о Земле (с участием иностранных специалистов) (г. Новосибирск, 2014); Байкальская молодежная научная конф-я по геологии и геофизике: (г. Улан-Удэ, п. Горячинск, 2015); First China-Russia International Meeting on the CAO and IGCP 592 Workshop (China, Beijing, 2015); Second Russia-China International Meeting on the CAO (Russia, Irkutsk, 2017); Научная конф-я молодых ученых и аспирантов ИФЗ РАН (г. Москва, 2016); The 8th International Siberian Early Career GeoScientists Conference (Novosibirsk, 2016); II Всероссийская школа молодых ученых по литологии (г. Екатеринбург, 2016); V международная конф-я молодых ученых и специалистов памяти ак. А.П. Карпинского. (г. Санкт-Петербург, 2017).

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы из 138 наименований. Объем работы 158 с., рисунков 35, таблиц 6.

Благодарности

Работа выполнена в лаборатории палеогеодинамики ИЗК СО РАН. Автор выражает глубокую благодарность своему научному руководителю чл.-корр. РАН, д.г.-м.н. Д.П. Гладкочубу за всестороннюю помощь и поддержку при

написании данной работы. Особую признательность автор выражает к.г.-м.н. Т.В. Донской за многочисленные консультации и активную помощь на всех этапах выполнения этого исследования. Искренняя благодарность вед. инж. Т.А. Корниловой за огромный вклад в познания автора в области петрографии осадочных пород.

Отдельная благодарность д.г.-м.н. А.М. Станевичу и д.г.-м.н. А.М. Мазукабзову за ценные советы и консультации в ходе написания диссертации. Большая признательность всем сотрудникам ЦКП ИЗК СО РАН «Геодинамика и геохронология» за своевременное выполнение многочисленных аналитических исследований.

Особая, сердечная благодарность автора старшим учителям и наставникам: заслуженному геологу России Т.Ф. Галимовой и ведущему геологу-геофизику бывшей Иркутской геологической экспедиции А.Г. Пашковой.

Глава 1. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ РАЙОНА РАБОТ

На юге Сибирского кратона позднедокембрийские осадочные толщи протягиваются более чем на 2000 км, слагая Саяно-Байкало-Патомский пояс (СБПП) [Решения...,1983]. В пределах пояса выделяется три сегмента: западный (Саянский), центральный (Байкальский) и северо-восточный (Патомский). Комплексы позднедокембрийских пород, трассирующиеся на территории всех трех сегментов внешнего пояса СБПП, объединяются в баллаганаский, дальнетайгинский и жуинский региональные горизонты (рис. 1). К баллаганаскому горизонту относятся одноименная серия Патомского сегмента, карагасская серия Саянского сегмента, а также нуганская свита Байкальского сегмента. В дальнетайгинский региональный горизонт объединены осадочные толщи одноименной серии Патомского сегмента СБПП, марнинская и удинская свиты оселковой серии Саянского сегмента, а также голоустенская и улунтуйская свиты байкальской серии Байкальского сегмента СБПП. К жуинскому горизонту относится одноименная серия Патомского сегмента, айсинская свита оселковой серии Саянского сегмента и качергатская свита байкальской серии Байкальского сегмента СБПП (рис. 1).

Позднедокембрийские осадочные толщи карагасской и оселковой серий Саянского сегмента СБПП распространены в пределах Бирюсинского блока Присаянского краевого выступа Сибирского кратона, где они с несогласием перекрывают архей-раннепротерозойские комплексы фундамента.

Глава 2. АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДИКИ ИЗУЧЕНИЯ ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Для решения поставленных задач было изучено более 200 шлифов образцов исследуемых пород, получено более 150 петро- и геохимических анализов, проведенных методами силикатного, спектрального анализа, ICP-MS в Центре коллективного пользования «Геодинамика и геохронология» ИЗК СО РАН (г. Иркутск), а также с использованием оборудования ЦКП «Ультрамикроанализ» ЛИН СО РАН (г. Иркутск). U-Pb геохронологические исследования детритовых цирконов методом LA-ICP-MS проводились в Университете наук о Земле (г. Пекин, КНР) и в корпорации «Apatite to Zircon,

Inc.» (Айдахо, США). Всего было изучено 8 образцов из аркозовых песчаников шангулежской, тагульской и ипситской свит карагасской серии, а также из песчаников нижней и верхней части удинской свиты оселковской серии.

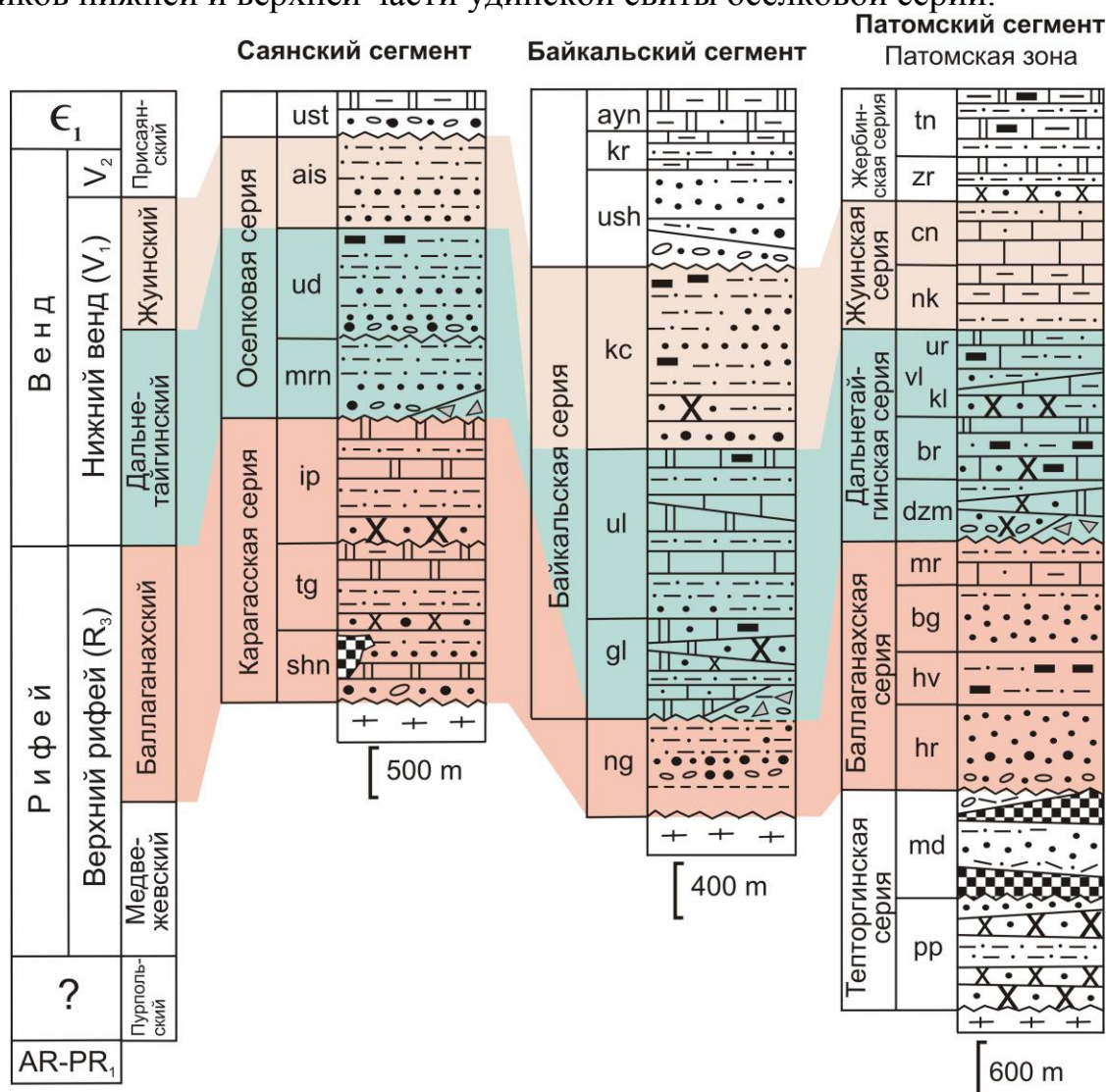


Рисунок 1. Схема корреляции позднедокембрийских отложений Саяно-Байкало-Патомского пояса (СБПП) (модифицирована после [Станевич и др., 2006]).

ГЛАВА 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД КАРАГАССКОЙ СЕРИИ

Карагасская серия была впервые выделена в позднедокембрийском разрезе Бирюсинского Присяянья А.С. Хоментовским [Хоментовский, 1950]. В состав карагасской серии объединены три свиты (снизу вверх): шангулежская, тагульская (или изанская) и ипситская [Брагин, 1986; Хоментовский и др., 1972; и др.]. Согласно традиционным представлениям, осадконакопление карагасской серии происходило во внутриконтинентальных условиях [Эволюция..., 2006]. Шангулежская свита, с горизонтом конгломератов в основании, с размывом залегает на архейско-раннепротерозойских образованиях фундамента Сибирского кратона. Нижняя часть разреза шангулежской свиты сложена

преимущественно полевошпат-кварцевыми песчаниками с линзами гравелитов, конгломератов и алевролитов. Выше по разрезу этой свиты залегают микрофитолитовые и строматолитовые доломиты, переслаивающиеся с алевролитами, аргиллитами и кремнистыми породами. Мощность шангулежской свиты варьируется от 250 до 1320 м [Советов, Комлев, 2005; Эволюция..., 2006; Галимова и др., 2012].

Отложения тагульской свиты с небольшим размывом залегают на породах шангулежской свиты и представлены красноцветными терригенно-карбонатными отложениями. Нижняя часть разреза с мелкогалечными конгломератами и гравелитами в основании сложена песчаниками и алевролитами с прослоями доломитов. Выше залегает толща тонкого ритмичного переслаивания алевролитов, алевролитистых аргиллитов с прослоями доломитов, участками микрофитолитовых и строматолитовых. Мощность отложений тагульской свиты варьируется от 500 до 1680 м [Там же].

Ипситская свита со стратиграфическим несогласием залегает на отложениях тагульской свиты [Советов и др., 2012]. В составе ипситской свиты выделяются две подсвиты: нижняя, однородная по составу, сложена тонкозернистыми кварц-полевошпатовыми кварцитовидными песчаниками; верхняя подсвита отличается резкой сменой набора осадочных пород и сложена доломитами, микрофитолитовыми доломитами, часто окремненными, переслаивающимися с алевролитами и аргиллитами. Мощность отложений ипситской свиты составляет от 500 до 1100 м.

Изученные породы карагаской серии представлены аркозовыми песчаниками и алевропесчаниками, а также карбонатными песчаниками. Все они сложены обломочным материалом плохой и средней степени окатанности и сортировки. В минеральном составе преобладают кварц и полевые шпаты. Второстепенные минералы: ильменит и сфен-лейкоксен. Акцессорные минералы: циркон, турмалин и апатит. Обломки пород: гранитоиды и кварциты. Карбонатные песчаники карагаской серии сложены ксеноморфными зернами кальцита и кварца. Второстепенные минералы: сидерит плагиоклаз и мусковит. Акцессорный минерал – циркон. Для всех исследованных терригенных отложений карагаской серии характерны признаки эпигенетических преобразований на стадии катагенеза.

Согласно литогеохимической классификации для алевролитовых и песчаных пород по [Pettijohn et al., 1972], все исследуемые песчаники и алевропесчаники карагаской серии отвечают аркозам. Генетическая типизация терригенных отложений карагаской серии, проведенная с использованием петрохимических модулей [Юдович, Кетрис, 2000], позволяет отнести их к петрогенным осадочным породам. Большинство исследованных образцов пород карагаской серии обнаруживают высокие концентрации K_2O относительно весьма низких содержаний Na_2O . Анализ концентраций редких рассеянных элементов в породах карагаской серии свидетельствует о преобладании кислых магматических пород в области источника сноса.

U-Pb исследования детритовых цирконов из аркозовых песчаников всех трех свит карагасской серии позволили выделить две основные возрастные популяции: архейскую и раннепротерозойскую. Основные возрастные пики пришлись на 1850 – 1880 млн лет, что соответствует возрасту гранитоидов саянского комплекса [Левицкий и др., 2002; Туркина и др., 2003; 2006; Донская и др., 2014], широко распространенных в Присаянском краевом выступе Сибирского кратона. Остальные возрастные пики совпадают с оценками возраста магматических пород фундамента южного фланга Сибирского кратона [Rojas-Agramonte et al., 2011].

Совокупность ранее опубликованных и новых данных позволяет сделать вывод о том, что породы карагасской серии образовались в условиях обширного континентального шельфа [Эволюция..., 2006; Метелкин и др., 2010], за счет поступления в бассейн седиментации обломочного материала только с южной окраины Сибирского кратона.

ГЛАВА 4. ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД ОСЕЛКОВОЙ СЕРИИ

Терригенные отложения оселковой серии, широко развитые на территории Бирюсинского Присаянья, с эрозионным контактом залегают на породах карагасской серии и нигде не контактируют с породами фундамента Сибирского кратона [Решения..., 1983; Советов, Комлев, 2005; и др.]. В составе оселковой серии выделяется три свиты (снизу вверх): марнинская, удинская и айсинская

Марнинская свита, с горизонтом диамиктитов (тиллитов) и грубозернистыми песчаниками в основании, сложена преимущественно серыми песчаниками, алевролитами и аргиллитами с линзами конгломератов и доломитов. В верхах разреза свиты отмечается монотонная толща тонкозернистых песчаников с маломощными прослоями алевролитов, гравелитов и доломитов. Мощность отложений марнинской свиты изменяется от 400 до 660 м.

Удинская свита с размывом залегает на породах нижележащей марнинской свиты и в основании сложена серыми гравелитами и крупнозернистыми песчаниками. Выше по разрезу залегают тонкозернистые алевролиты и строматолитовые известняки. Далее следует мощная, однородная по составу толща полевошпат-кварцевых разнозернистых песчаников с прослоями алевролитов. Верхняя часть свиты представлена ритмичным чередованием тонкозернистых розовых песчаников, алевролитов и аргиллитов. Мощность удинской свиты варьируется от 200 до 550 м.

Айсинская свита согласно залегает на отложениях удинской свиты. Основание свиты сложено крупнозернистыми песчаниками с гравийными зёрнами кварца, выше по разрезу наблюдается чередование красноцветных алевролитов, аргиллитов и тонкозернистых песчаников. Верхняя часть свиты представлена преимущественно полимиктовыми песчаниками с маломощными прослоями алевролитов и аргиллитов. Мощность отложений айсинской свиты варьируется от 200 до 700 м.

Согласно современным представлениям [Советов, Комлев, 2005; Эволюция..., 2006; Летникова и др., 2013; Советов и др., 2015], накопление отложений оселковой серии происходило в пределах обширного окраинно-континентального шельфа. Возраст оселковой серии изначально принимался как позднерифейский [Брагин, 1985; Шенфиль, 1991; Дольник, 2000; Хоментовский, 1972; и др.]. Проведенные позже Ю.К. Советовым межрегиональные стратиграфические корреляции позволили установить вендский возраст оселковой серии [Советов, Комлев, 2005]. Результаты U-Pb (LA-ICP-MS) исследований детритовых цирконов из отложений верхней части оселковой серии [Летникова и др., 2013] подтвердили вендский возраст терригенно-карбонатных толщ оселковой серии.

Исследованные породы нижней части оселковой серии (марнинская свита и нижняя подсвита удинской свиты) представлены песчаниками и гравелитами, сложенными полуокатанным и неокатанным обломочным материалом плохой и средней степени сортировки. В минеральном составе этих пород преобладают кварц и полевые шпаты. Второстепенные минералы: магнетит, биотит и мусковит, акцессорные: турмалин, сфен-лейкоксен и циркон. Обломки пород – гранитоиды, кварциты и кислые эффузивы. Все породы нижней части оселковой серии обнаруживают признаки эпигенетических преобразований на стадии катагенеза.

Отложения верхней части оселковой серии представлены песчаниками и алевропесчаниками, сложенными полуокатанным и окатанным обломочным материалом плохой и средней степени сортировки. В минеральном составе преобладают кварц и полевые шпаты. Второстепенные минералы: биотит, мусковит, магнетит, и ильменит. Акцессорные минералы: турмалин, циркон, сфен-лейкоксен, эпидот. Обломки пород – гранитоиды, кварциты, аргиллиты, эффузивы кислого и основного состава. Для терригенных пород верхней части оселковой серии характерны признаки слабой эпигенетической проработки, вероятно, на стадии диагенеза.

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. Все исследованные породы нижней части оселковой серии обнаруживают высокие концентрации K_2O относительно низких содержаний Na_2O . Анализ концентраций редких и рассеянных элементов свидетельствует о том, что 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.

Возрастные спектры детритовых цирконов из песчаника нижней подсвиты удинской свиты обнаруживают архей-раннепротерозойские возрасты, типичные для пород фундамента Сибирского кратона. Наибольшее количество цирконов образует пики со значениями 1.90–1.85 млрд лет, совпадающие с

возрастом гранитоидов саянского комплекса и вулканитов елашской серии, распространенных в Присаянском краевом выступе Сибирского кратона.

Детритовые цирконы из песчаника верхней части удинской свиты, наряду с достаточным количеством детритовых цирконов, возраст которых полностью соответствует возрасту пород фундамента южной окраины Сибирского кратона, обнаруживают обильную популяцию детритовых цирконов позднерифейского возраста, нехарактерных для пород фундамента юга кратона. Это обстоятельство свидетельствует о поступлении в бассейн седиментации данных пород обломочного материала из дополнительного (несибирского) источника.

Различия в петрографических, литогеохимических и геохронологических характеристиках терригенных отложений нижней и верхней части оселковой серии могут свидетельствовать о смене источников обломочного материала, поступавшего в бассейн седиментации в начале и в конце времени накопления отложений оселковой серии. Для терригенных пород нижней части серии в качестве основного источника сноса принимаются магматические породы кислого состава, а для песчаников и алевропесчаников верхней части серии предполагается, что источник сноса имел смешанный (кислый – основной) состав.

ГЛАВА 5. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЗДНЕДОКЕМБРИЙСКИХ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ ЮЖНОЙ ОКРАИНЫ СИБИРСКОГО КРАТОНА (САЯНО-БАЙКАЛО-ПАТОМСКИЙ ПОЯС)

Современные палеогеографические реконструкции [Павлов и др., 2002; Веселовский, 2007; Метелкин и др., 2007; Водовозов, Диденко, 2010; Sawood et al., 2016; Evans, 2009; Ernst et al., 2016; Gladkochub et al., 2018, in press; Pisarevsky et al., 2014; Zhang et al., 2012; и др.] свидетельствуют в пользу того, что Сибирский кратон и Лаврентия являлись составляющими частями общего суперконтинента, где южный фланг Сибирского кратона находился вблизи северной части Лаврентии. Распад Родинии инициировал отделение Сибирского кратона от Лаврентии, что привело к открытию между этими кратонами Палеоазиатского океана. Индикаторами процессов раскрытия океанов являются отложения пассивных континентальных окраин. Именно поэтому всесторонние исследования осадочных толщ СБПП могут способствовать расшифровке сценария образования и эволюции Палеоазиатского океана.

Установлено, что вещественные характеристики осадочных толщ всех трех сегментов СБПП, относящихся к баллаганахскому и нижней части дальнетайгинского регионального горизонта, свидетельствуют о накоплении этих пород в условиях обширного континентального шельфа, преимущественно за счет разрушения магматических пород кислого состава [Немеров, Станевич, 2001; Летникова и др., 2013; данная работа]. Характеристики терригенно-карбонатных пород СБПП, относимых к верхней части дальнетайгинского, а также к жуинскому региональному горизонту, свидетельствуют о смене

условий седиментации, при этом в области источника разрушались породы смешанного (кислого, основного и ультраосновного) состава.

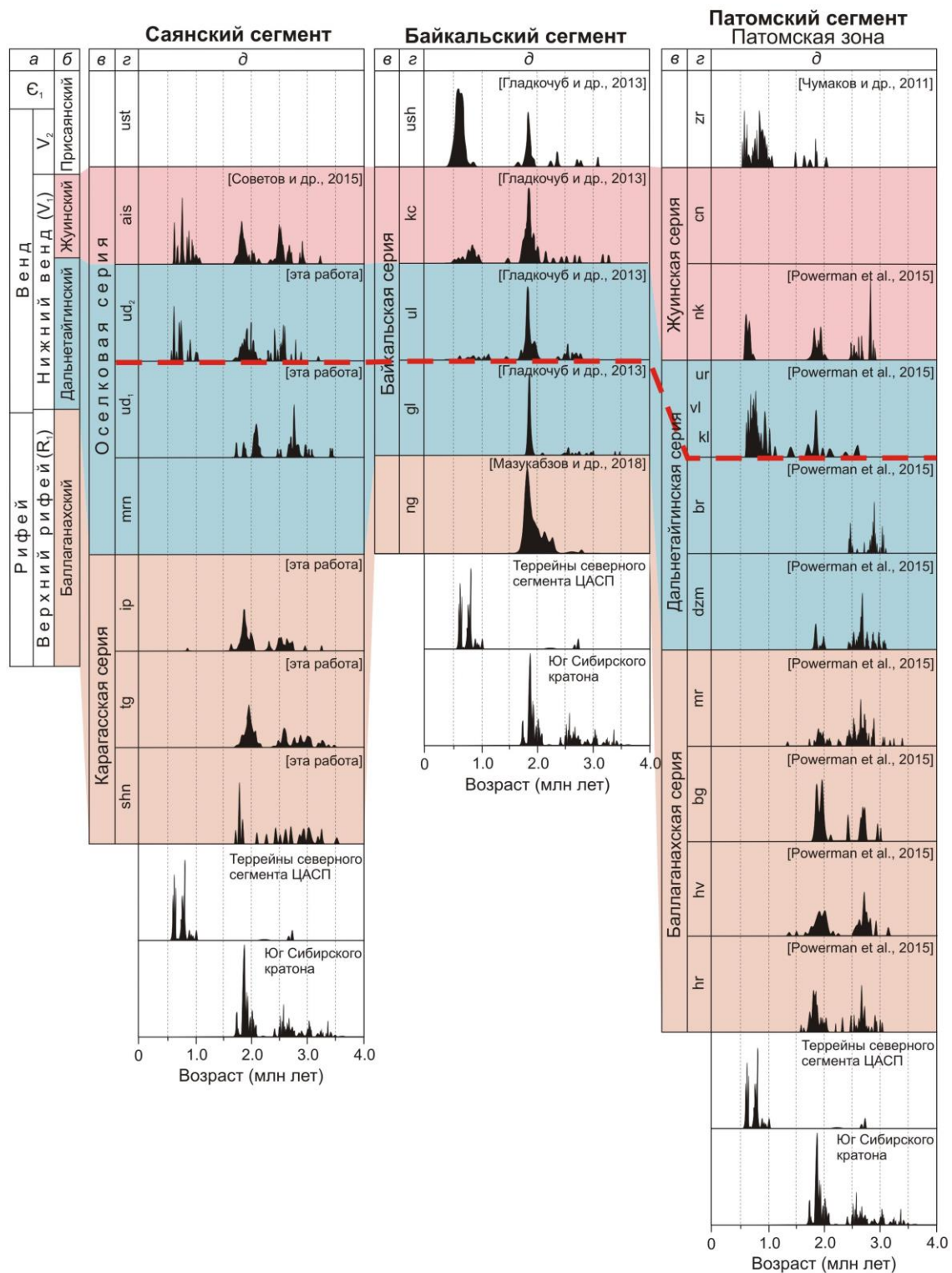


Рисунок 2. Корреляция возрастных спектров по детритовым цирконам из терригенных отложений Саяно-Байкало-Патомского пояса.

Все имеющиеся к настоящему времени спектры датировок по детритовым цирконам из различных сегментов СБПП (рис. 2) демонстрируют два типа

распределения: 1) архей-раннепротерозойские возрасты и 2) архей-раннепротерозойские и позднепротерозойские возрасты.

Проведенный анализ показал, что возрастные спектры всех изученных детритовых цирконов из осадочных толщ СБПП (примерно вплоть до верхней части дальнетайгинского горизонта) обнаруживают архей-раннепротерозойские возрасты, когда весь обломочный материал поступал исключительно с южной окраины Сибирского кратона. Начиная с верхней части дальнетайгинского горизонта, (эдиакарий (поздний рифей)) все осадочные толщи СБПП демонстрируют резкую смену источников сноса обломочного материала, когда наряду с «сибирскими» архей-раннепротерозойскими источниками обнаруживается достаточное количество позднепротерозойских «несибирских» источников (рис. 2). Возможно, этими источниками могли быть микроконтиненты и островные дуги, существовавшие в Палеоазиатском океане и в настоящее время входящие в структуру северной части Центрально-Азиатского подвижного пояса.

Совокупность проведенных петрографических, литогеохимических и геохронологических исследований терригенно-осадочных толщ Саянского сегмента, а также сопоставление полученных результатов с аналогичными опубликованными данными по Байкальскому и Патомскому сегментам СБПП дают основание предположить, что позднерифейский осадочный бассейн существовал между югом Сибирского кратона и севером Лаврентии еще до распада Родинии и открытия Палеоазиатского океана. Терригенные отложения карагасской серии Саянского сегмента, нуганской свиты Байкальского сегмента и баллаганакской серии Патомского сегмента, вероятно, накапливались в пределах этого бассейна (рис. 3 а).

Резкое несогласие в основании оселковой, байкальской и дальнетайгинской серий, а также тиллитовые горизонты маринонского оледенения (см. рис. 1) в нижних частях этих серий свидетельствуют о том, что накопление марнинской свиты Саянского сегмента, голоуспенской свиты Байкальского сегмента и джемкуканской свиты Патомского сегмента СБПП происходило около 630 млн лет назад [Советов, Комлев, 2005; Советов и др., 2012; Чумаков и др., 2011а]. Таким образом, предполагается, что открытие Палеоазиатского океана произошло в криогении (поздний рифей) [Li et al., 2008; Pisarevsky et al., 2013; Merdith et al., 2017] (рис. 3 б, в).

Позднерифейский период маркирует развитую стадию эволюции Палеоазиатского океана, что подтверждается изменением возрастных спектров детритовых цирконов в пределах изученных сегментов СБПП (см. рис. 2). На основании зафиксированных значительных изменений условий осадконакопления вдоль всей южной окраины Сибирского кратона и резких изменений в возрастных спектрах детритовых цирконов (см. рис. 2) предполагается, что в это время пассивная континентальная окраина Сибирского кратона начала преобразовываться в бассейн форланда. В ранее опубликованных работах уже высказывалось предположение о возможности накопления в условиях форландового бассейна отложений качергатской свиты

байкальской серии (Байкальский сегмент) [Мазукабзов и др., 2001; Станевич и др., 2007] и валухтинской свиты дальнетайгинской серии (Патомский сегмент) [Powerman et al., 2015]. Ранний этап формирования этих форландовых отложений фиксируется самыми молодыми детритовыми цирконами (~630 – 610 Ma). Верхнее возрастное ограничение для отложений форландового типа обеспечивается перекрывающими их хорошо датированными кембрийскими карбонатными породами обширной мелководной карбонатной платформы (см. рис. 1).

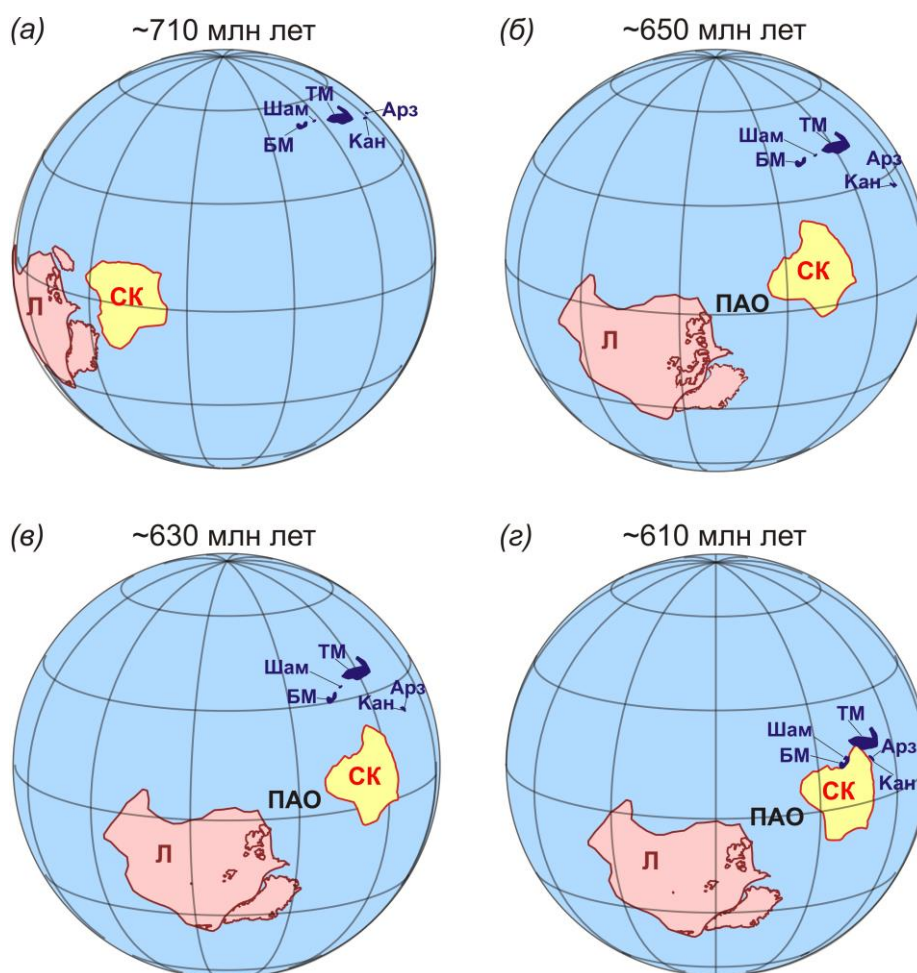


Рисунок 3. Глобальные палеогеографические реконструкции.

Л – Лаврентия, СК – Сибирский кратон, ПАО – Палеоазиатский океан, Кан – Канский блок, Арз – Арзыбейский блок, ТМ – Тувино-Монгольский блок, Шам – Шаманский блок, БМ – Байкало-Муйский блок.

Появление относительно мелководных обломочных толщ форландового типа в верхних частях отложений дальнетайгинского регионального горизонта СБПП может свидетельствовать о приближении нескольких террейнов (блоков) и островных дуг к южному флангу Сибирского кратона. Предположительно, этими блоками могли являться (с запада на восток): Канский/Арзыбейский, Тувино-Монгольский, Шаманский и Байкало-Муйский террейны (рис. 3 г). Комплексы этих пород, наряду с раннедокембрийскими породами фундамента Сибирского кратона, могли являться источниками

обломочного материала в бассейн седиментации отложений всех трех сегментов СБПП, относимых к верхней части дальнетайгинского регионального стратиграфического горизонта (см. рис. 2).

Закрытие рассматриваемого сегмента Палеоазиатского океана завершилось в ордовике (~470 млн лет) и сопровождалось формированием раннепалеозойского Прибайкальского коллизионного пояса [Донская и др., 2000]. В то же время Палеоазиатский океан вдали от южного фланга Сибирского кратона продолжал свое развитие, о чем свидетельствуют многочисленные поздневендские и раннепалеозойские периокеанические комплексы, сохранившиеся в некоторых террейнах Центрально-Азиатского складчатого пояса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения исследований были впервые проведены комплексные геологические, петрографические, литогеохимические и U-Pb (LA-ICP-MS) геохронологические исследования позднедокембрийских осадочных толщ карагасской и оселковой серий юго-западной окраины Сибирского кратона (Саянский сегмент СБПП), с использованием современных методов и методик. На основании полученных данных сделаны выводы о составе пород в области источника сноса, а также проведена реконструкция геодинамических режимов накопления этих отложений. Новые результаты были сопоставлены с ранее опубликованными данными об особенностях седиментации отложений Байкальского и Патомского сегментов СБПП, в результате чего была предложена геодинамическая модель зарождения и эволюции Палеоазиатского океана вдоль южной окраины Сибирского кратона.

Наиболее важные результаты:

1. Показано, что терригенные отложения карагасской серии (шангулежская, тагульская и ипситская свиты) и нижней части оселковой серии (марнинская свита и нижняя подсвита удинской свиты) являются петрогенными осадочными породами и обнаруживают преимущественно аркозовый состав. Петрографические и петрохимические свойства этих пород свидетельствуют о их эпигенетической проработке на стадии катагенеза, в результате чего произошло перераспределение оксидов калия и натрия. Литогеохимические и петрографические особенности этих стратоподразделений свидетельствуют о преобладании в области источника магматических пород кислого состава. Проведенная геодинамическая реконструкция указывает на накопление этих толщ на обширном континентальном шельфе за счет поступления обломочного материала преимущественно с площади Сибирского кратона, что подтверждается результатами датирования детритовых цирконов из указанных толщ.

2. Установлено, что отложения верхней части оселковой серии (верхняя подсвита удинской свиты и айсинская свита) классифицируются как нормощелочные аркозы и также являются петрогенными осадочными породами, при этом наблюдается появление относительно мелководных обломочных пород форландового типа. Совокупность литогеохимических,

петрографических и U-Pb (LA-ICP-MS) геохронологических особенностей стратоподразделений позволяет сделать вывод о накоплении этих толщ за счет поступления в бассейн седиментации обломочного материала смешанного (кислого и основного) состава. Возрастные спектры по детритовым цирконам из этих пород свидетельствуют в пользу того, что во время их седиментации, наряду с породами фундамента Сибирского кратона, существовал дополнительный источник обломочного материала, что может свидетельствовать о смене геодинамического режима бассейна седиментации.

3. Выявлены практически одновременные значительные изменения условий осадконакопления на всей площади СБПП, произошедшие в раннем венде вдоль всей южной окраины Сибирского кратона, выразившиеся как литолого-фациальными отличиями, так и резкими изменениями в возрастных спектрах детритовых цирконов.

4. Показано, что совокупность всех имеющихся в настоящее время данных по возрасту детритовых цирконов из осадочных толщ СБПП, с учетом современных палеогеографических реконструкций для позднего докембрия, позволяет предположить существование позднерифейского осадочного бассейна между югом Сибирского кратона и севером Лаврентии до распада Родинии и открытие на его месте Палеоазиатского океана в позднем криогении – раннем эдиакарии (поздний рифей) в результате отчленения Сибирского кратона от Лаврентии и Родинии, соответственно. В раннем эдиакарии (поздний рифей), пассивная континентальная окраина Сибирского кратона была преобразована в бассейн форланда за счет приращения к ней микроконтинентов и островных дуг, реликты которых в настоящее время присутствуют в структуре северной части Центрально-Азиатского подвижного пояса.

Список статей, опубликованных по теме диссертации в журналах, рекомендованных ВАК:

1. Гладкочуб Д.П., Станевич А.М., Мазукабзов А.М., Донская Т.В., Писаревский С.А., Николь Г., **Мотова З.Л.**, Корнилова Т.А. Ранние этапы развития Палеоазиатского океана: данные по LA-ICP-MS датированию детритовых цирконов из позднедокембрийских толщ южного фланга Сибирского кратона // Геология и геофизика. 2013. Т. 54, № 10. С. 1150–1163.

2. Гладкочуб Д.П., Мазукабзов А.М., Станевич А.М., Донская Т.В., **Мотова З.Л.**, Ванин В.А. Возрастные уровни и геодинамические режимы накопления докембрийских толщ Урикско-Ийского грабена, юг Сибирского кратона // Геотектоника. 2014. № 5. С. 17–31.

3. **Мотова З.Л.**, Гладкочуб Д.П., Станевич А.М., Донская Т.В., Корнилова Т.А., Мазукабзов А.М. Петрохимическая характеристика терригенных пород нижней части Карагасской серии неопротерозоя Бирюсинского Присяянья // Вестник ИрГТУ. 2015. № 3. С. 81–93.

4. **Мотова З.Л.**, Донская Т.В., Гладкочуб Д.П. Вещественный состав и реконструкция источников сноса позднедокембрийских терригенных пород

оселковой серии (Бирюсинское Присяянье) // Геодинамика и тектонофизика. 2016. Т. 7. № 4. С. 625–649.

5. Мазукабзов А.М., Станевич А.М., Гладкочуб Д.П., Донская Т.В., Хубанов В.Б., **Мотова З.Л.**, Корнилова Т.А. Отложения рифтогенного этапа развития пассивной окраины Палеоазиатского океана (Байкальский сегмент) // Доклады Академии наук. 2018. Т. 478. №5. С. 566–569.

Список основных докладов и тезисов

1. **Мотова З.Л.** Петрографическая характеристика и возраст детритовых цирконов терригенных отложений шангулежской свиты карагасской серии (Присяянье) // Мат-лы XXV Всероссийской молодежной конф-и. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2013. С. 24–25.

2. **Мотова З.Л.**, Гладкочуб Д.П., Донская Т.В., Станевич А.М., Мазукабзов А.М. Возраст детритовых цирконов и литохимическая характеристика терригенных отложений шангулежской свиты карагасской серии (Присяянье) // Геодинамическая эволюция литосферы ЦАПП (от океана к континенту): Мат-лы сов-я. Вып. 11. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2013. С. 171–172.

3. **Мотова З.Л.**, Гладкочуб Д.П., Донская Т.В., Мазукабзов А.М.. Возраст детритовых цирконов и источники вещества терригенных отложений тагульской свиты карагасской серии // Геодинамическая эволюция литосферы ЦАПП (от океана к континенту): Мат-лы сов-я. Вып. 12. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2014. С. 216–218.

4. **Мотова З.Л.** Литогеохимическая характеристика высококалийных терригенных отложений шангулежской и тагульской свит карагасской серии (Присяянье) // VII Сибирская научно-практическая конференция молодых ученых по наукам о Земле: Мат-лы конф-и. Новосибирск: РИЦ НГУ, 2014. С. 154–155.

5. **Мотова З.Л.** Возраст детритовых цирконов и условия формирования терригенных отложений ипситской свиты карагасской серии (Присяянье) // Строение литосферы и геодинамика: Мат-лы XXVI Всероссийской молодежной конф-и. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2015. С. 124–125.

6. **Мотова З.Л.** Особенности литохимического состава и источники вещества терригенно-карбонатных отложений карагасской серии (ЮЗ окраина Сибирского кратона) // Байкальская молодежная научная конференция по геологии и геофизике: Мат-лы III всероссийской молодежной конф-и. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2015. С. 81–83.

7. **Мотова З.Л.**, Гладкочуб Д.П., Донская Т.В., Станевич А.М., Мазукабзов А.М. Возраст детритовых цирконов и источники вещества терригенных отложений карагасской серии (Присяянье) // Геодинамическая эволюция литосферы ЦАПП (от океана к континенту): Мат-лы сов-я. Вып. 13. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2015. С. 168–170.

8. **Мотова З.Л.** Возрасты детритовых цирконов в позднедокембрийских осадочных толщах юго-западного фланга Сибирского кратона и их геодинамическая интерпретация // Научная конференция молодых

ученых и аспирантов ИФЗ РАН: Тезисы докладов и программа конф-и. М.: ИФЗ РАН, 2016. С. 44.

9. **Motova Z.** Age of detrital zircons, petrographic and geochemical features of the vendian sedimentary rocks of oselok group from the Biryusa Region // The 8th International Siberian Early Career GeoScientists Conference: Proceedings of the Conference. Novosibirsk: IPPG SB RAS, NSU, 2016. P. 259–260.

10. **Мотова З.Л.,** Донская Т.В., Гладкочуб Д.П. Петрографические и литохимические индикаторы эпигенетических преобразований позднепротерозойских терригенных пород оселковой серии (ЮЗ Присяянье) // Геодинамическая эволюция литосферы ЦАПП (от океана к континенту): Мат-лы сов-я. Вып. 14. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2016. С. 204–205.

11. **Мотова З.Л.** Возраст детритовых цирконов, петрографические и геохимические особенности вендских осадочных толщ оселковой серии Бирюсинского Присяянья // Уникальные литологические объекты через призму их разнообразия: Мат-лы 2-ой Всероссийской школы студентов, аспирантов и молодых ученых по литологии. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2016. С. 167–169.

12. **Мотова З.Л.** Условия формирования и источники вещества неопротерозойских осадочных толщ Саяно-Байкало-Патомского складчатого пояса // XXVII Всероссийская молодежная конференция «Строение литосферы и геодинамика» с участием исследователей из других стран. Мат-лы конф-и. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2017. С. 157–158.

13. **Мотова З.Л.,** Гладкочуб Д.П., Донская Т.В., Хубанов В.П., Буянтуев М.Д. Источники вещества и условия формирования терригенных отложений ипситской свиты карагасской серии (Присяянье) // Геодинамическая эволюция литосферы ЦАПП (от океана к континенту): Мат-лы сов-я. Вып. 15. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2017. С. 197–198.

14. **Motova Z.L.** Data comparative analysis on U-Pb (LA-ISP-MS) dating of detrital zircons from the neoproterozoic clastic rocks of the Sayan-Baikal-Patom belt // Proceedings of the 5th International Conference of Young Scientists and Specialists in Memory of Academician A.P. Karpinsky. SPb.: VSEGEI, 2017. P. 97–99.

Подписано в печать 01.07.2018 г. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Печать RISO.
Усл. печ. л. 0.0. Уч.-изд. л. 1. Тираж 130 экз. Заказ 0.

Отпечатано в ИЗК СО РАН
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 128