

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. Н.Л. ДОБРЕЦОВА
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ГИН СО РАН)

УДК 551.2 (553.04, 556.25)

Рег. № НИОКТР АААА-А21-121011890029-4

Инв. № 1



УТВЕРЖДАЮ
Директор ГИН СО РАН

А.А. Цыганков

2023 г.

Протокол № 12 от «21» декабря 2023 г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Палеоокеанические и окраинно-континентальные комплексы
в структурах складчатых поясов: состав, возраст, условия
формирования и геодинамическая эволюция
(промежуточный, 3 этап)

Номер проекта в ИС управления НИР
FWSG-2021-0001 (рег. № 1021062110640-2-1.5.6)

Приоритетное направление 1.5.2.3. Строение и история формирования глобальных и
региональных тектонических структур

Руководитель НИР,
д.г.-м.н., чл.-к. РАН

И.В. Гордиенко

Улан-Удэ 2023

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель НИР, чл.-к. РАН, гл. н. с.,

Советник РАН



Гордиенко И.В.

(реферат, введение, раздел 1)

Исполнители:

зав. лаб. д. г.-м. н.,



Минина О.Р.

(раздел 2, 3, заключение)

с.н.с., к.г.-м.н.



Орсоев Д.А.

(раздел 8)

с.н.с., к.г.-м.н.



Ветлужских Л.И.

(раздел 6)

с.н.с., к.г.-м.н.



Елбаев А.Л.

(раздел 5)

н.с., к.г.-м.н.



Ланцева В.С.

(раздел 1, 3, список литературы)

н.с., к.г.-м.н.



Куриленко А.В.

(раздел 4)

м.н.с.



Доронина Н.А.

(раздел 7)

м.н.с.



Скрипников М.С.

(раздел 6)

нормоконтролер



Ланцева В.С.

РЕФЕРАТ

Отчет 32 с., 18 рис., 26 источн., 1 прил.

МАГМАТИЗМ, СЕДИМЕНТОГЕНЕЗ, БАРГУЗИНО-ВИТИМСКИЙ СПРЕДИНГОВЫЙ ОКЕАНИЧЕСКИЙ БАССЕЙН, КЕЛЯНСКАЯ ОСТРОВОДУЖНАЯ СИСТЕМА, U-PV И ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ВОЗРАСТ, ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ОБСТАНОВКИ.

В задачи проекта входит изучение эволюции магматизма, седиментогенеза и условий формирования основных типов структур, связанных с геодинамическим развитием континентальной коры Центрально-Азиатского и Монголо-Охотского складчатых поясов. Главное внимание уделяется определению состава, возраста, условий формирования и геодинамической эволюции магматических и осадочных комплексов в древних океанических бассейнах, островных вулканических дугах, активных континентальных окраинах западно-тихоокеанского и андийского типов в тектонических структурах этих складчатых поясов. Решение поставленных фундаментальных задач проводилось в рамках двух взаимосвязанных блоков: 1) Палеоокеанические комплексы складчатых поясов: энсиматические дуги, гайоты, спрединговые зоны и 2) Окраинно-континентальные комплексы складчатых поясов, геодинамические типы осадочных бассейнов, определение их связей с островодужным и рифтогенным магматизмом. Полученные результаты базируются на комплексном подходе к решению поставленных задач. Согласно заданию, на третьем этапе (2023 г.) выполнения проекта были обобщены результаты исследований по первым двум этапам. Получены новые данные о составе, возрасте, генетическим типам и геодинамическим условиям формирования магматических и стратифицированных образований тектонических структур Забайкальского части Центрально-Азиатского складчатого пояса.

Полученные результаты имеют важное значение для выявления особенностей геодинамического формирования континентальной коры Центрально-Азиатского складчатого пояса.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ.....	6
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ.....	7
Основные результаты фундаментальных научных исследований по проекту.....	7
1 Геодинамические условия формирования и преобразования метавулканитов катаевской свиты Центрального Забайкалья.....	7
2 Результаты комплексных исследований образований Бамбуйско-Олингдинской подзоны Витимкан-Ципинской зоны.....	8
3 Новые данные о составе, возрасте и источниках обломочного материала для рудовмещающей озерной пачки олдындинской свиты Озерного месторождения Западного Забайкалья.....	11
4 Состав и возраст пород областей сноса для ерниченской толщи Аргунского массива Восточной части ЦАСП.....	13
5 Состав, возраст и источники рудоносных гранитоидов Тамирского рудопроявления.....	15
6 Новая схема биостратиграфии олдындинской свиты.....	17
7 Позднепалеозойский базитовый магматизм Турка-Курбинской зоны...	19
8 Результаты изучения рудного пегматита в рудном жильном поле Ниттис-Кумужья-Травяная (НКТ) Северной камеры Мончеплутона (Кольский полуостров).....	22
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	25
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	28
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	32

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

Настоящий отчет о НИР составлен с использованием Государственного стандарта
ГОСТ 7.32-2017

ВВЕДЕНИЕ

Настоящий отчет является промежуточным по теме: «Палеоокеанические и окраинно-континентальные комплексы в структурах складчатых поясов: состав, возраст, условия формирования и геодинамическая эволюция» (2021-2025 гг.).

Одной из главных фундаментальных проблем современной геологии является изучение процессов формирования и эволюции континентальной коры, отраженных в магматических и осадочных комплексах. Вещественный состав магматических, осадочных комплексов, реконструкция обстановок их формирования и форм проявления тектонических процессов, позволяют достоверно определить тектонические режимы прошлого и играют определяющую роль в установлении геодинамической эволюции Земли. В настоящее время среди окраинно-континентальных СВК складчатых поясов остается актуальным изучение энсиалических островных дуг, активных и пассивных континентальных окраин, преддуговых и задуговых осадочных бассейнов, образовавшихся на континентальной или переходной коре. Индикаторами магматических процессов являются интрузивные и вулканические породы корового и мантийного происхождения, осадочные и осадочно-вулканогенные комплексы также служат индикаторами определенных геодинамических режимов. Целью исследований является определение условий формирования и геодинамической эволюции магматизма и осадконакопления в древних океанических бассейнах, вулканических дугах, активных континентальных окраинах в тектонических структурах складчатых этих поясов. В задачи работ входит изучение вещественного состава, определение возраста магматических и осадочных комплексов, условий их формирования и геодинамической эволюции, изучение основных типов тектонических структур, связанных с формированием континентальной коры Центрально-Азиатского (ЦАСП) и Монголо-Охотского (МОСП) складчатых поясов. На третьем этапе исследований (2023 г.) планировалось получить новые данные для петролого-геохимической, изотопно-геохронологической, литологической, палеонтологической характеристики магматических и стратифицированных образований, генетическим типам и геодинамическим условиям их формирования в пределах Баргузино-Витимского спредингового океанического бассейна и Катаевской островодужной системы.

В текущем году изучены структурно-вещественные комплексы неопротерозойских, каледонских и герцинских структур Центрально-Азиатского складчатого пояса, прослеживающихся от Западного Забайкалья до Аргунского массива в его восточной части. Результаты этих исследований приведены в данном отчете.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1 На основе новых данных по катаевской свите Центрального Забайкалья рассмотрены геодинамические условия формирования и преобразования метавулканиитов катаевской свиты, предложены палеогеодинамические реконструкции неопротерозойского Баргузино-Витимского палеобассейна [1].

В результате проведенных комплексных исследований метавулканических пород катаевской свиты Центрального Забайкалья установлено, что в составе стратотипического разреза свиты преобладают андезибазальты и базальты калиево-натриевой высокоглиноземистой серии, претерпевшие зеленокаменные метаморфические преобразования. Стандартные квалификационные диаграммы, характерные минимумы по Nb, Ta, Ti, Eu, Rb и максимумы по Ba, U, K, Sr, La отчетливо фиксируют надсубдукционную природу и возможность сопоставления их составов с энсиалическими островными дугами курило-камчатского типа. Метаандезибазальты имеют U-Pb изотопный возраст 852 ± 5 млн лет, характеризуются низкими величинами $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.7031$ и высокими положительными величинами $\epsilon\text{Nd}(852) = +9.29$ со значениями Nd модельного возраста $T\text{Nd}(\text{DM}) = 800\text{—}700$ млн лет, что свидетельствует о формировании исходных для них расплавов за счет неопротерозойских ювенильных источников при ограниченном вкладе древнего корового материала.

Палеомагнитный анализ метавулканиитов этого разреза свидетельствует о полном перемагничивании на уровне 120 млн лет, что синхронно проявлению внутриплитного базальтоидного магматизма, типичным представителем которого в изученном районе является нижнемеловая хилокская свита. Предложена новая палеогеодинамическая реконструкция в соответствии с рисунком 1.

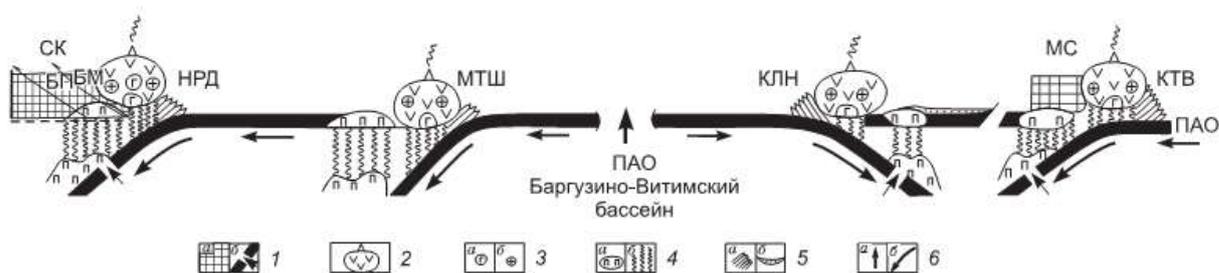


Рисунок 1 – Палеогеодинамический профиль через Баргузино-Витимский бассейн

1 – кора континентальная (а) и океаническая с разрывом слэба в зоне субдукции (б); 2 – вулканические дуги; 3 – тела надсубдукционных габброидов (а) и гранитоидов (б) в островных дугах; 4 – мантийные плюмы и связанные с ними тела ультрабазитов (а), потоки флюидов (б); 5 – аккреционная призма (а), задуговый осадочный бассейн (б); 6 – направление движения плюмов в зоне спрединга (а) и океанической коры в зонах субдукции (б). Кратонные блоки: СК – Сибирский, МС – Муйско-Становой, островодужные системы: НВД – Нюрундуканская, МТШ – Метешихинская, КЛН – Келянская, КТВ – Катаевская

Согласно новой палеогеодинамической реконструкции, заложение Катаевской островной дуги произошло около 850 млн лет назад вдоль южной окраины Муйско-Станового блока и связано с субдукцией океанической литосферы литосферы не Баргузино-Витимского, а смежного Бырка-Урулунгуевского (Приаргунского) бассейна Палеоазиатского океана в соответствии с рисунком 2.

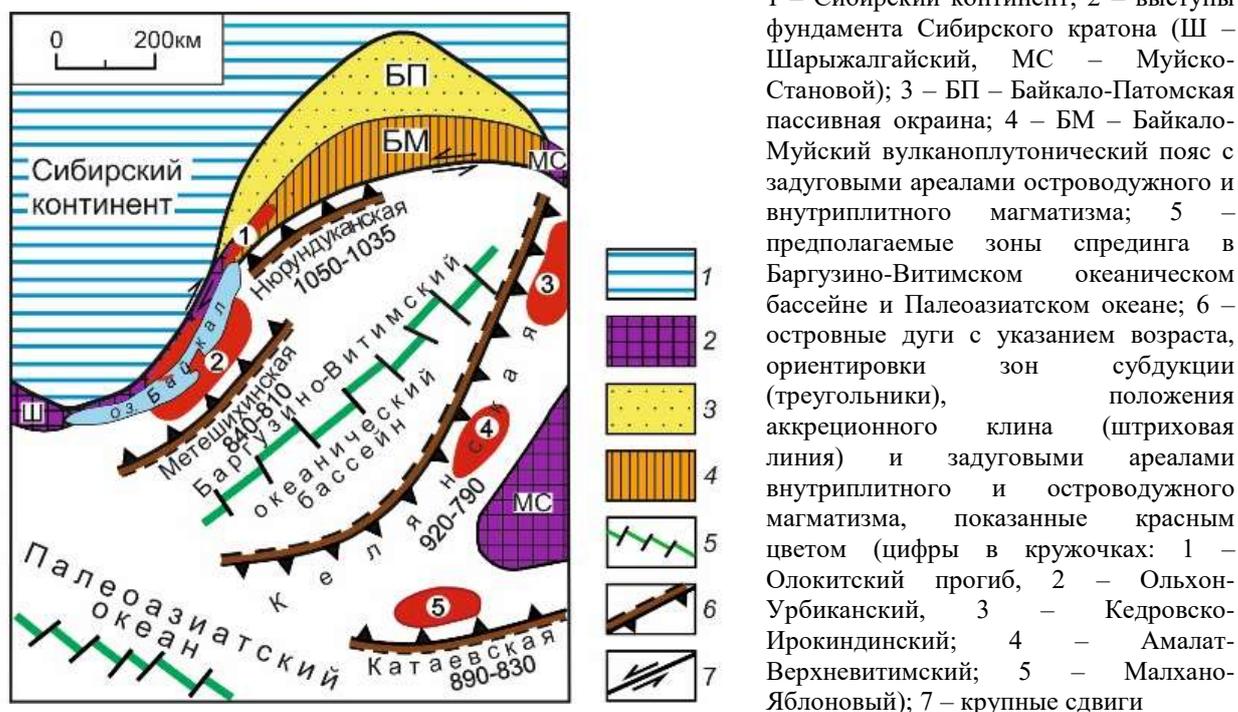


Рисунок 2 – Фрагмент палеогеодинамической реконструкции неопротерозойской активной окраины Сибирского континента и Палеоазиатского океана по [2]

На заключительном юрско-меловом этапе формирования структуры Монголо-Охотского складчатого пояса аккрецированные реликты катаевского вулканического комплекса подверглись перемагничиванию и утратили палеомагнитную информацию о их первоначальном палеогеографическом положении.

2 В результате комплексных исследований **стратифицированных комплексов Бамбуйско-Олингдинской подзоны Витимкан-Ципинской зоны** пересмотрен их состав, возраст и реконструированы палеоландшафтные обстановки их формирования [3].

В Бамбуйско-Олингдинской подзоне установлены фаунистически охарактеризованные образования девона–раннего карбона в соответствии с рисунком 3. Из состава рифейских и венд-кембрийских отложений выделены верхнедевонская кадалинская и верхнедевонско-нижнекаменноугольная уендектская толщи. Возраст

бамбуьской, чулегминской, огненной и аматканской свит пересмотрен на основании находок кораллов, водорослей, криноидей, tentaкулит, фораминифер, сколекодонтов, хитиной и миоспор.

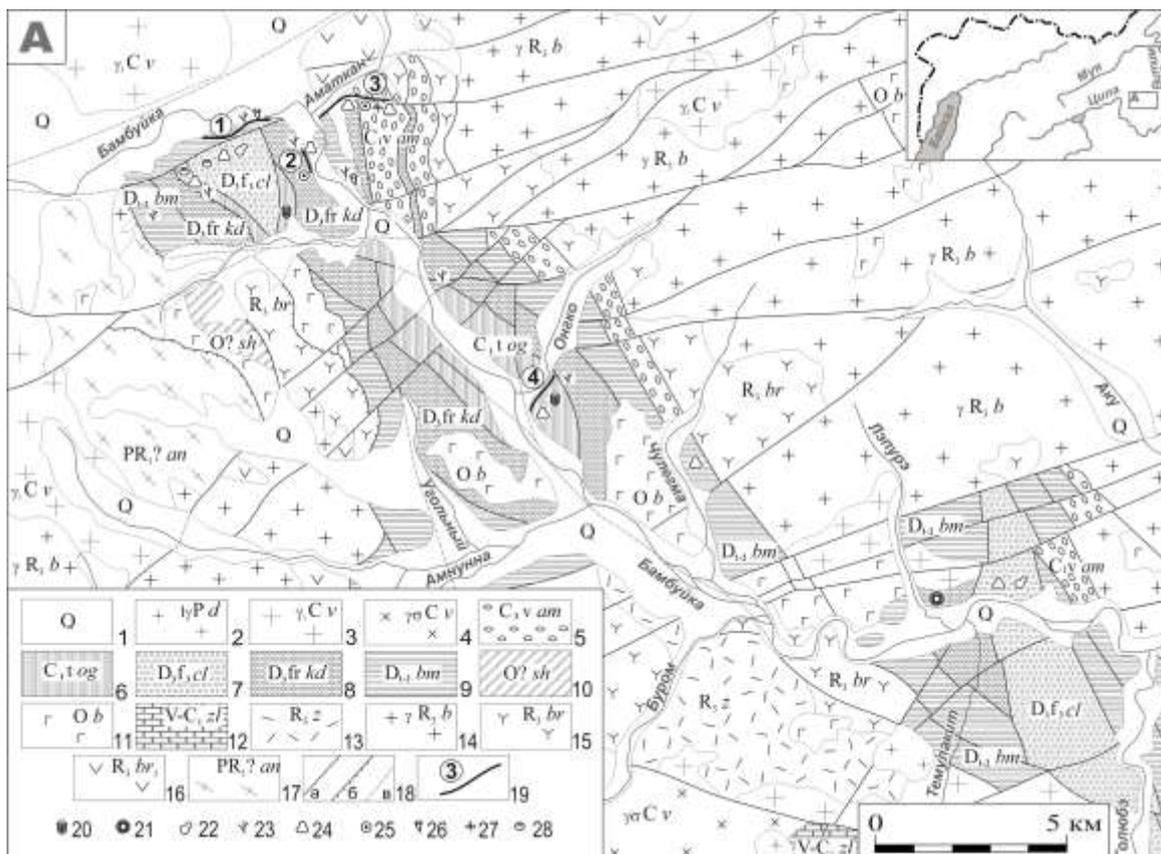


Рисунок 3 – Схема геологического строения среднего течения р. Бамбуйка [4 с дополнениями авторов]

1 – четвертичные отложения (Q); 2 – деминский комплекс (Pd) лейкогранитовый, умеренно-щелочной; 3, 4 – витимканский комплекс (C_{1v}) гранитоидный, 3 – вторая фаза, биотитовые граниты, 4 – первая фаза, граниты, гранодиориты; 5 – аматканская свита (C_{1vam}); 6 – огненная свита (C_{1tog}); 7 – чулегминская свита (D_{3f₁₋₂cl}); 8 – кадалинская толща (D_{3f₁₋₂kd}); 9 – бамбуьская свита (D_{1-2bm}); 10 – суховская свита (O[?]sh); 11 – бирамьинский комплекс (Obr) габброидный; 12 – золотовская свита (V-C_{1zl}); 13 – жанокский субвулканический комплекс (R_{3z}); 14 – бамбуькойский комплекс (R_{3b}) гранитоидный; 15 – буромская свита (R_{3br}), вулканиты кислого и среднего состава и их туфы; 16 – буромский комплекс (R_{3br₁}) субвулканический; 17 – амнундикский комплекс (R_{3?an}) гранитоидный, граниты гнейсовидные; 18 – тектонические нарушения: а – достоверные, б – надвиги, в – предполагаемые; 19 – местоположение изученных разрезов (в кружках): 1 – стратотип бамбуьской свиты; 2 – опорный разрез кадалинской толщи; 3 – стратотип аматканской свиты; 4 – стратотип огненной свиты; 20-28 – места сбора органических остатков. На врезке показано местоположение изученной территории

Стратиграфическое положение карбонатной бамбуьской свиты определяется нижним–средним девоном, кадалинской толщи – верхним девоном, нижним–средним франом. Карбонатно-терригенная чулегминская свита датирована поздним девоном, поздним франом. Возраст терригенных огненной и аматканской свит определен как

ранний карбон, время накопления отложений ограничивается турнейским и визейским веками, соответственно. Внесены существенные изменения в схему стратиграфии палеозоя Бамбуйско-Олингдинской подзоны в соответствии с рисунком 4. Биостратиграфические данные и особенности состава пород позволили наметить общую картину палеоландшафтов Бамбуйско-Олингдинского бассейна и прибрежных районов суши в девоне–раннем карбоне.



Рисунок 4 – Геологический разрез девонско-нижекаменноугольных отложений Бамбуйско-Олингдинской подзоны [5 с дополнениями]

Девонский комплекс Бамбуйско-Олингдинского палеобассейна формировался в условиях мелководного теплого шельфового моря. Смена палеоландшафтных обстановок произошла на границе девона–карбона и связана с магматической активностью. Активизация тектонического режима обусловлена возникновением зоны активного вулканизма в западной части палеобассейна. Осадконакопление толщ значительной

мощности продолжалось в обстановках углублявшегося открытого шельфово-склонового палеобассейна, примыкавшего к зоне вулканизма.

3 Получены новые данные о составе, возрасте и возможных источниках обломочного материала для рудовмещающей озерной пачки нижнекембрийской олдындинской свиты Озерного месторождения Западного Забайкалья [6].

На основе комплексного изучения рудовмещающих отложений озерной пачки верхней подсвиты нижнекембрийской олдындинской свиты Озерного колчеданно-полиметаллического месторождения получены новые данные о составе, возрасте и возможных источниках обломочного материала для этих пород [6] в соответствии с рисунком 5. В результате изучения разрезов первого, второго, кристаллотуфового продуктивных горизонтов первого рудоносного уровня и второго рудоносного уровня озерной пачки установлено, что рудовмещающие отложения представлены переслаиванием туфов, известковистых туфопесчаников, туфоалевролитов, туфоаргиллитов, углистых и кремнистых туффитов, известняков, песчаников, гравелитов, с прослоями и линзами оруденелых известняковых брекчий и туфоконглобрекчий.



Рисунок 5 – Фрагменты разрезов первого, второго и кристаллотуфового продуктивных горизонтов озерной пачки

Новые палеонтологические данные (мшанки *Fistulipora* sp.1, водоросли *Berezella* sp., миоспоры) определяют раннекаменноугольный, турнейско-визейский возраст изученных отложений озерной пачки. Морфология, строение и состав рудных тел показывает, что они локализируются в вулканогенно-осадочных породах, согласны с их напластованием и формировались синхронно с ними. Результаты U-Pb геохронологических исследований детритовых цирконов (70 точек, метод LA-ICP-MS) из оруденелой туфоконглобрекции «кристаллотуфового» горизонта озерной пачки показали, что обломочные цирконы позволяют ограничить нижний предел времени их формирования как не древнее позднего кембрия в соответствии с рисунком 6.

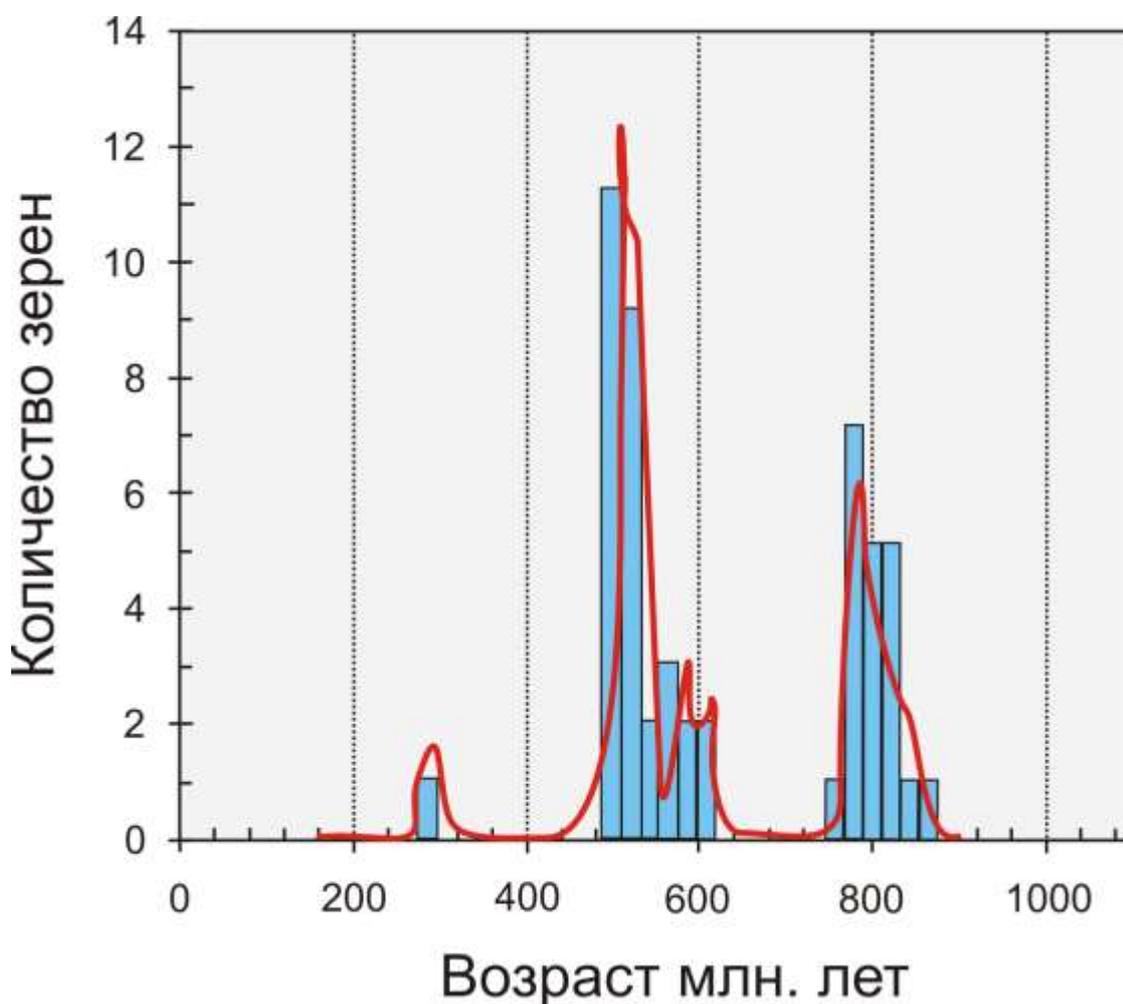


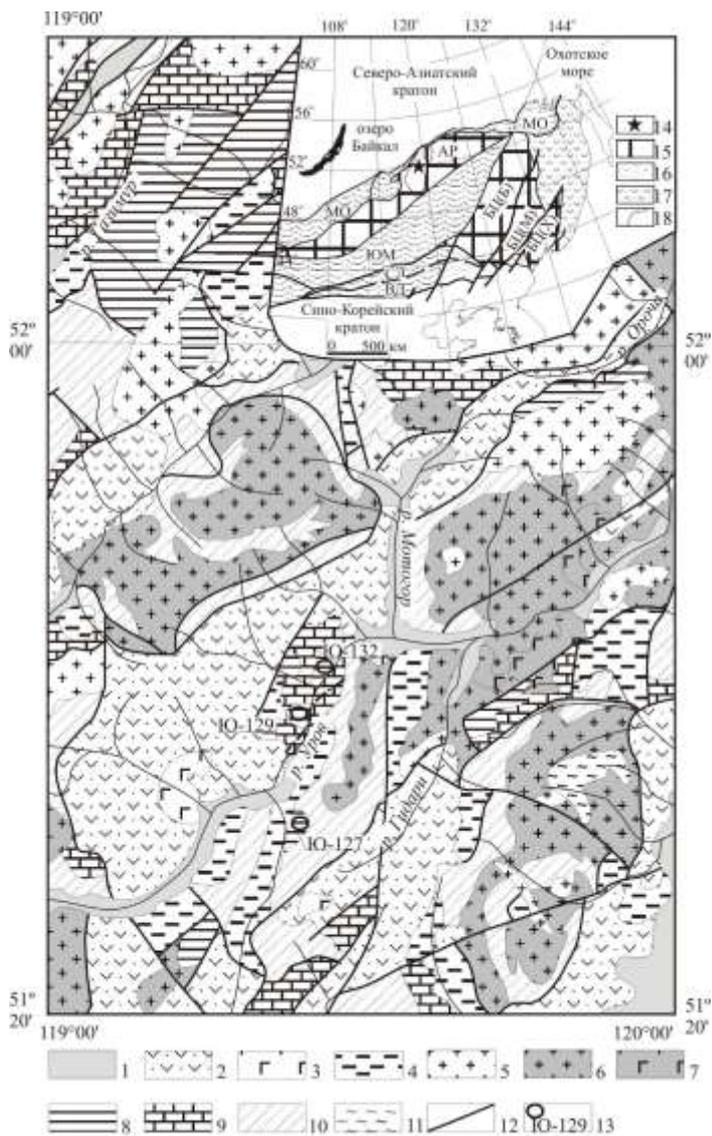
Рисунок 6 – Гистограмма распределения оценок возраста детритовых цирконов из оруденелой туфоконглобрекции (Oz-21-10) озерной пачки олдындинской свиты

Среди основных источников сноса для нижнекаменноугольных пород озерной пачки могли быть метаморфические породы Амалатского массива и верхнекембрийские породы олдындинского субвулканического комплекса. Полученные данные о составе и возрасте озерной пачки позволяют сопоставить ее с кыджимитской толщей (C_{1t-v}),

распространенной на водоразделе Ульзутуй-Известковый, северо-восточнее Озерного месторождения.

4. Определены состав и возраст пород областей сноса для нижне-среднекембрийской ерниченской толщи Аргунского массива восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса [7].

Ерниченская толща, мощностью 1000 м, представлена полимиктовыми и кварцевыми песчаниками, алевролитами, аргиллитами с горизонтами гравелитов, кварцитов и доломитов в соответствии с рисунком 7.



1 – положение объекта исследований; 2 – супертеррейны (континентальные массивы): АР – Аргунский, БЦ – Буря-Цзямусинский, в том числе террейны: Бурейский (БЦ(Б)), Малохинганский (БЦ(М)), Ханкайский (БЦ(Х)); 3 – палеозойские – раннемезозойские складчатые пояса (ЮМ – Южно-Монгольско-Хинганский, МО – Монголо-Охотский, СЛ – Солонкерский, ВД – Вундурмиао); 4 – позднеюрско-раннемеловые орогенные пояса; 5 – граница Газимуро-Аргунской структурно-формационной зоны; 6 – кайнозойские рыхлые отложения; 7 – осадочные и вулканогенно-осадочные породы нижнемеловой тургинской свиты; 8 – вулканические породы раннемелового абагайтуйского комплекса; 9 – юрские осадочные и вулканогенно-осадочные породы; 10 – мезозойские гранитоиды; 11 – пермские и пермско-раннетриасовые граниты, гранодиориты, монцодиориты и граносиениты; 12 – габбро, габбро-диориты, диориты и монцодиориты раннепермского ундинского комплекса; 13, 14 – нижнепалеозойские осадочные породы аргунской серии: 13 – ерниченской толщи, 14 – быстринской свиты; 15 – условно вендские метаосадочные породы белётуйской свиты быркинской серии; 16 – раннепротерозойские метаморфические образования ишагинского комплекса; 17 – разломы; 18 – места отбора образцов для геохимических исследований и их номера; 19 – известняки; 20 – доломиты; 21 – алевролиты; 22 – песчаники; 23 – гравелиты; 24 – место отбора образца для U–Pb датирования зерен детритового циркона и его номер

Рисунок 7 – (а) Положение исследуемого объекта в структуре восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса (тектоническая основа по [8]), (б) геологическая схема северо-западной части Аргунского континентального массива (по [8], с изменениями авторов)

Результаты U-Pb (LA-ICP-MS) датирования зерен детритовых цирконов (120 зерен) из песчаников ерниченской толщи показали, что обломочные цирконы имеют докембрийские и позднекембрийские оценки возраста и позволяют ограничить нижний предел времени их формирования как не древнее позднего кембрия в соответствии с рисунком 8.

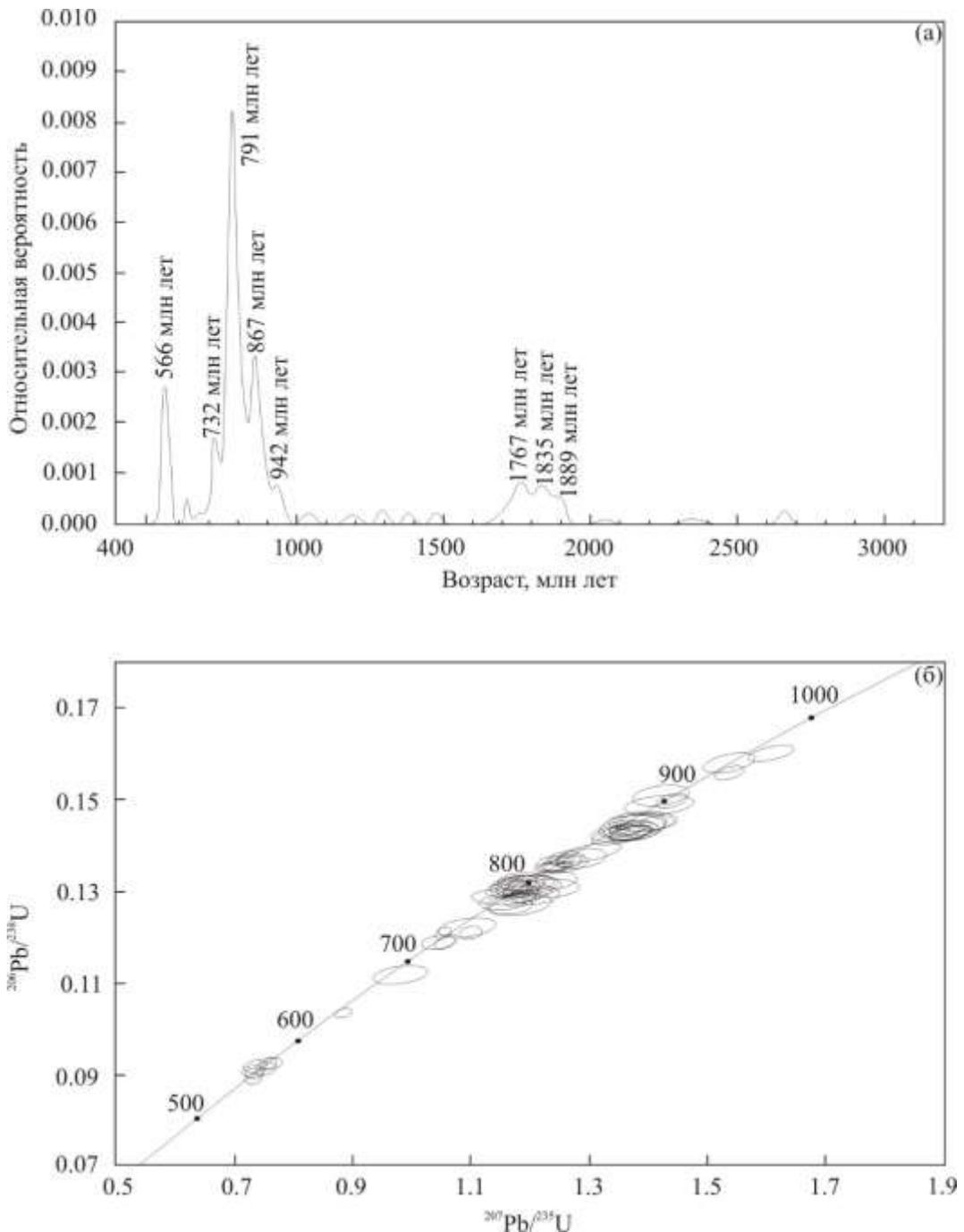


Рисунок 8 – Кривая относительной вероятности возрастов зерен детритового циркона (а) и диаграмма с конкордией для неопротерозойских зерен циркона (б) из песчаника ерниченской толщи аргунской серии Аргунского континентального массива

Исследованные породы довольно близки по петрохимическим классификационным признакам [11]. Они рассматриваются как железистые ($Fe^* = 0,83-0,87$ и $0,85-0,95$), щелочно-известковистые ($MALI = 7,69-8,45$ и $8,08-8,51$) и слабogliноземистые ($ASI = 1,03-1,13$ мол %) образования. Выявлено две группы лейкогранит-порфиров в соответствии с рисунком 10.

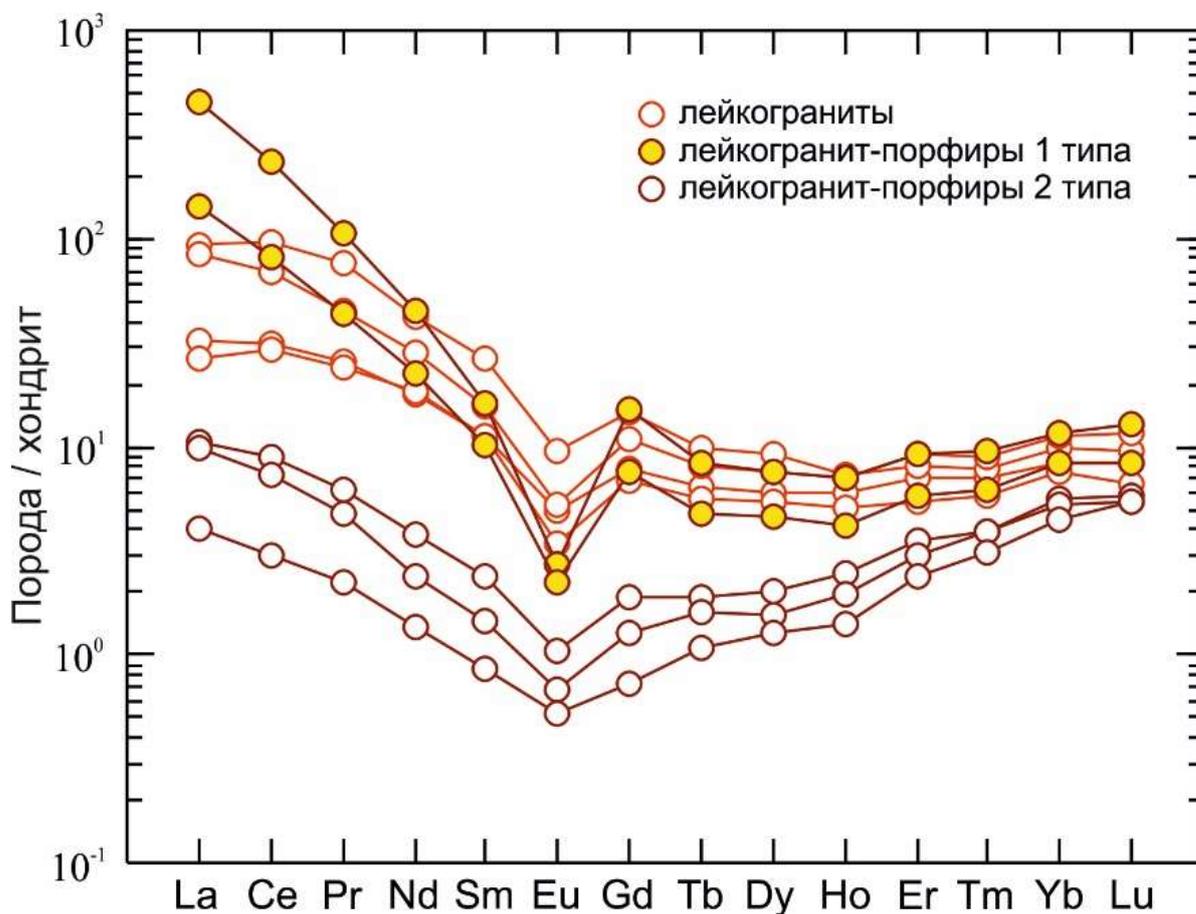


Рисунок 10 – Редкоземельные спектры, нормированные по хондриту [13] гранитоидов Тамирского массива

Одна группа даек имеет схожий спектр РЗЭ с вмещающими лейкогранитами ($(La/Yb)_N = 16,2-36,7$), а другая характеризуется V-образным спектром распределения ($(La/Yb)_N = 0,4-1,7$) и пониженным содержанием всех РЗЭ, по сравнению с дайками первого типа. Результаты изотопных исследований гранитоидов свидетельствует о том, что лейкограниты и лейкогранит-порфиры (II типа) характеризуются близкими положительными значениями $\epsilon_{Nd}(T) = 1,9-1,7$ и довольно близкими значениями модельного возраста $T_{Nd}(DM-2) = 0,87-0,83$, что предполагает их неопротерозойский (тонский) источник. Согласно датированию цирконов (U-Pb, метод LA ICP MS)

становление гранитоидов происходило в два этапа – позднетриасовый (246 млн л) и раннеюрский (176 млн л) в соответствии с рисунком 11.

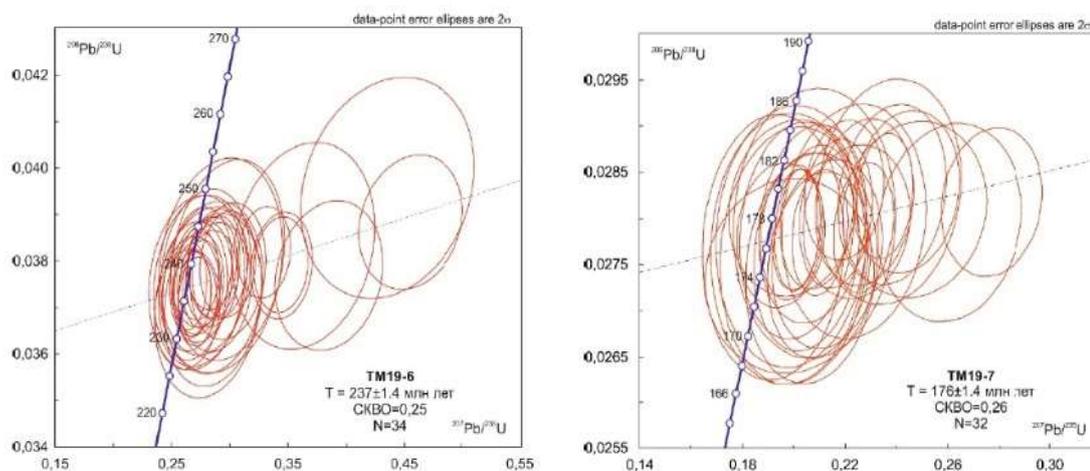


Рисунок 11 – Диаграммы с конкордией для цирконов из лейкогранитов (а) и лейкогранит-порфиров (б) Тамирского массива

6 На основе новых палеонтологических данных пересмотрена **биостратиграфия олдындинской свиты и предложен обновленный вариант схемы биостратиграфического расчленения кембрийских отложений СБГО** [14, 17].

Новые палеонтологические данные позволили выделить три горизонта: ульдзуйтуйский (атдабанский ярус), сухореченский и хулудинский (ботомский ярус) с соответствующими комплексами археоциат, а не три как предлагалось ранее [15], так как установлено, что верхнеульдзуйтуйский горизонт является синонимичным названием хулудинского горизонта. Комплексы археоциат изучены из стратотипических разрезов выделенных горизонтов (бассейны рр. Ульдзуйтуй и Хулудый). В сухореченском горизонте обнаружены формы с усложненным строением известкового скелета. В стратотипе верхнеульдзуйтуйского горизонта установлены формы, позволяющие коррелировать данный комплекс с комплексом по руч. Хулудый, и датировать его ботомским ярусом, а не атдабанским. Палеонтологические данные позволяют по-новому интерпретировать биостратиграфию олдындинской свиты в соответствии с рисунком 12. Три фаунистических комплекса соответствуют трем этапам (группам) развития региональных форм археоциат: Группа «вселения» - первого появления археоциат в позднеатдабанское (ульдзуйтуйское) время; Группа «специализации» (благополучия) – соответствует максимуму разнообразия археоциат в раннем ботоме (сухореченское время); Группа «упадка» (вымирания) связана с сокращением разнообразия археоциат в среднеботомское (хулудинское) время. Фаунистические комплексы отображают характерную для археоциат этапность развития.

Система	Отдел	Ярус	Сибирская платформа		Горизонты	Алтае-Саянская складчатая область		Западное Забайкалье		
			Решения..., 1983			Pospelov et al., 1995	Язмид и др., 1975	Принятая в настоящей работе		
Кембрийская	Нижний	Ботомский	Adaocyathus alexi beds		Санаштык-гольский	Syringocyathus aspectabilis		Удино-Витимская зона		
			Rozanovicyathus alexi beds			Tercyathus altaicus				
			Carinacyathus squamosus-Botomocyathus zelenovi			Clathricoscinus				
		Атдабанский	Fanscyathus lemontovae		Камешков-ский	Arturocyathus torosus		Хулудинские слои	Ульдзуйтуйский горизонт	
			Nochorocyathus kokoulini			Nalivkinicyathus cyroflexus		Сухореченские слои		
			Carinaeyathus pinus		Базальский	Кийский	Gordonicyathus howelli		Верхнеульдзуй-туйские слои	
			Retecoscinus zegebarti			Натальевский	Nochorocyathus mariinskii		Нижнеульдзуй-туйские слои	

Рисунок 12 – Схема сопоставления горизонтов Саяно-Байкальской горной области с нижнекембрийскими ярусами Общей стратиграфической шкалы России (стратотипы на Сибирской платформе) и Алтае-Саянской складчатой области по зональным археоциатовым комплексам [14]

Из известняков получены C- и Sr-изотопные данные, указывающие на хемотратиграфическую обособленность каждого из установленных горизонтов. Так значения $\delta^{13}\text{C}$ в известняках ульдзуйтуйского горизонта варьируют от 2.7 до 0.9‰ PDB и характеризуют первое появление в Удино-Витимском палеобассейне археоциат. Максимальные значения $\delta^{13}\text{C}$ в сухореченском горизонте достигают 2.0‰ PDB, что говорит о высокой биопродуктивности бассейна в раннем ботоме. В хулудинское время видовое разнообразие сокращается почти в 2 раза, а значения $\delta^{13}\text{C}$ понижаются до 0.2‰ PDB. Данные, полученные по вариациям $\delta^{13}\text{C}$ в органогенных известняках олдындинской свиты, и характерным археоциатовым комплексам, позволяют предположить, что формирование ульдзуйтуйского и сухореченского комплексов происходило в положительный этап MICE, а хулудинский комплекс соответствует этапу AECSE, известному как ботомско-тойонский биотический кризис [14, 16].

На основе региональных стратиграфических подразделений в ранге горизонтов по археоциатам и в ранге зон по трилобитам [17] обоснована новая схема биостратиграфического расчленения отложений Саяно-Байкальской горной области (СБГО) в соответствии с рисунком 13.

Общая стратиграфическая шкала			Саяно-Байкальская горная область		
система	отдел	ярус	горизонт	лона, зона	
кембрийская	верхний		бадотинский	слои с Kuraspis-Liostracus-Acrocephalites	
				слои с Alokistocare	
	средний	амгинский	кумакский надгоризонт	кумакский	зона Pseudanomocarina-Olenoides
				правококтинский	зона Tonkinella gavrilovae
				левококтинский	зона Oryctocara-Oryctocephalus
				иномакитканский	зона Cheiruroides arcticus
	нижний	тойонский		качинский	зона Kooteniella-Namanoia-Edelsteinaspis
				уранский	слои с Binodaspis-Jangudaspis
		ботомский	археоциатовский	халдунский	слои с Eiganellus-Malykania-Bulaiaspis
		атдабанский		ульдзуйгуйский	
томмотский		золотовский	слои с Stratifera, Osagia		
вендская		немакит-далдынский		вендский комплекс	

Рисунок 13 – Схема биостратиграфического расчленения кембрийских отложений Саяно-Байкальской горной области [14, 17]

В Саяно-Байкальской горной области выделены отложения всех отделов кембрия, изученные в наиболее представительных разрезах, расположенных в Бирамьино-Янгудской (Янгудская, Бирамьинская и БамбуйскоОлингдинская подзоны), Удино-Витимской (Туркинская и Еравнинская подзоны), Окино-Китойской (Окинская и Китойская подзоны) и Джидинской структурно-формационных зонах. Биостратиграфическое расчленение кембрийских отложений СБГО, основанное на комплексах археоциат и трилобитов, по которым выделены горизонты и зоны, позволяет коррелировать последние за пределами региона.

7 В Турка-Курбинской и Витимкан-Ципинской зонах определен позднепалеозойский возраст базитового магматизма в соответствии с рисунком 14 [18].

Установлено, что амфиболовые низко- и высокомагнезиальные ортосланцы представлены двумя геохимическими типами: толеитовые базальты и габбро, коматиитовые (высокомагнезиальные) андезибазальты, кроме того присутствуют серпентиниты (апогарцбургиты и апопироксениты). Амфиболовые ортосланцы, составляющие единый комплекс, относятся к породам коматиитовой серии. В формировании высокомагнезиальных магм участвовали ультраосновные породы (реликты их присутствуют в образцах высокомагнезиальных андезибазальтов).

Вулканыты слагают силлы, ассоциирующие с метаморфическими породами асынской свиты и ципиканской толщи. Наиболее представительные выходы этих пород располагаются в асынской свите (бассейн р. Турка).

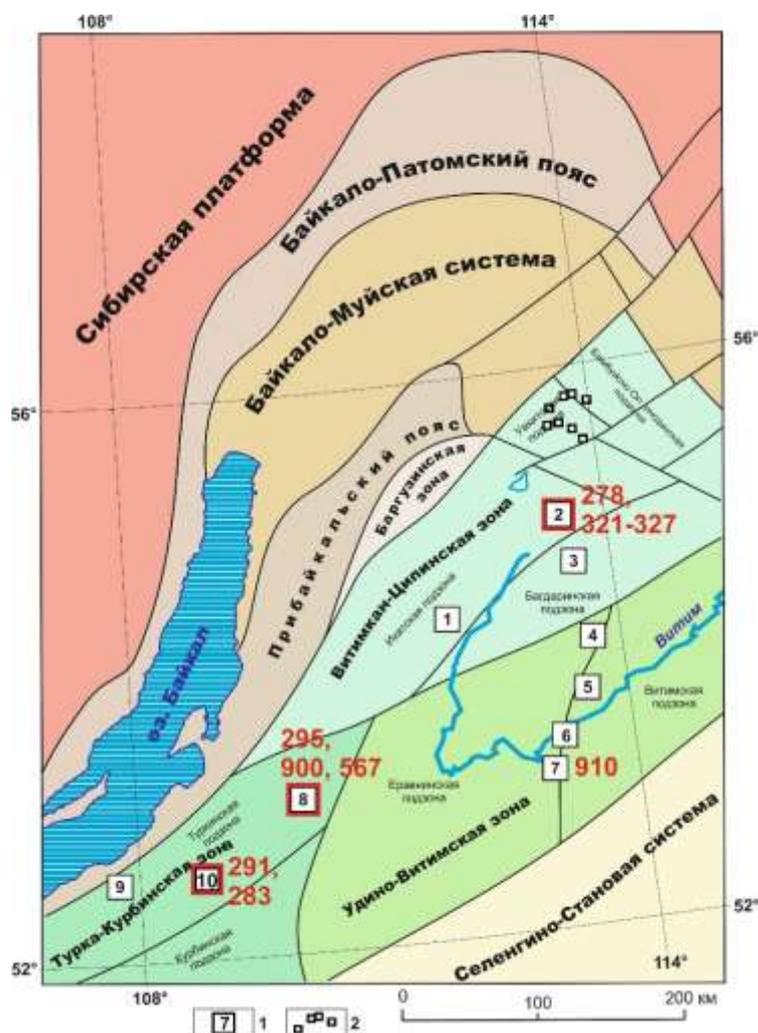


Рисунок 14 – Схема тектонической зональности Западного Забайкалья [5] и участки датирования магматических комплексов в бассейнах рек: Курба (1); Атархан-Абага (2); Турка (3); Ципикан (4)

Получены новые данные о возрасте магматических пород в соответствии с рисунком 15. Толеитовые базальты и габбро имеют возраст 295.5 – 277.3 млн лет. В серпентинитах выделены цирконы с возрастом 283.2 млн лет. В высокомагнезиальных ортосланцах присутствуют цирконы с возрастом 953, 567 и 339.8 млн лет.

Время коматиитового вулканизма в пределах Турка-Курбинской и Витимкан-Ципинской зон мы определяем, как раннепермское (277-296 млн лет). Более древние датировки цирконов, по нашему мнению, указывают на возраст, предшествующих магматических событий. Предполагается, что раннепермский вулканизм был обусловлен континентальным рифтогенезом и сопоставим с возрастом гранитов Ангаро-Витимского батолита – 305 – 285 млн лет (C₃-P₁) [19].

Порода	N-49-XXXI, Курба		N-49-XXVI, Атархан-Абага, Турка		N-49-XII, Ципикан	
	Номер пробы	Возраст, млн. лет	Номер пробы	Возраст, млн. лет	Номер пробы	Возраст, млн. лет
Толеитовые базальты, габбро	1024	283.1*	696-1	291.0*	8028b	278.4*
	19209-1	277.3*	9138	295.5*		
	19409	279.5*				
	19449	285*				
Коматиитовые андезибазальты			9123a	953 и 567	4179	339.8
Абагинский к-с (серпентиниты)			1045-1	283.2*		

Рисунок 15 – Возраст магматических пород (SHRIMP II и La-ICP-MS) в Турка-Курбинской и Витимкан-Ципинской зонах Западного Забайкалья. Звездочкой отмечены значения, полученные методом SHRIMP II [18]

Базитовые силлы раннепермского возраста (295.5 млн лет) ассоциируют с метаморфическими породами верхнерифейской асынской свиты [20]. Асынская свита имеет мощность до 3000 м. Сложена полосчатыми мелко-среднезернистыми сланцами и гнейсами биотит-кварц-плагиоклазовыми с гранатом, кордиеритом, андалузитом, чередующимися с пачками известковых и доломитовых мраморов и прослоями кварцитов. В составе свиты предшественниками условно выделены три подсвиты с однотипным набором пород. Метаморфизм асынской свиты соответствует амфиболитовой фаций [20]. В кордиеритовых роговиках обнаружены остатки сифоновых водорослей палеозойского возраста (определение В.А. Лучининой, ИГНиГ, г. Новосибирск). Из всех подсвит выделены палиноморфы (определения Л.Н. Неберихиной, г. Воронеж) в соответствии с рисунком 16.

Анализ полученных данных свидетельствует о позднедевонском, фаменском – раннекаменноугольном, турнейском времени накопления асынской свиты. В составе палинокомплекса нижней подсвиты установлены споры, определяющие возраст отложений турнейским веком раннего карбона. В составе палинокомплекса средней подсвиты преобладают виды, ограничивающие время накопления пород поздним девонем, поздним фаменом – ранним карбоном, ранним турне (малевский горизонт). Мы предполагаем обратную последовательность пачек в составе свиты. Возраст ципиканской толщи, также ранее относившейся к рифею, в настоящее время определен поздним девонем, франом [21].

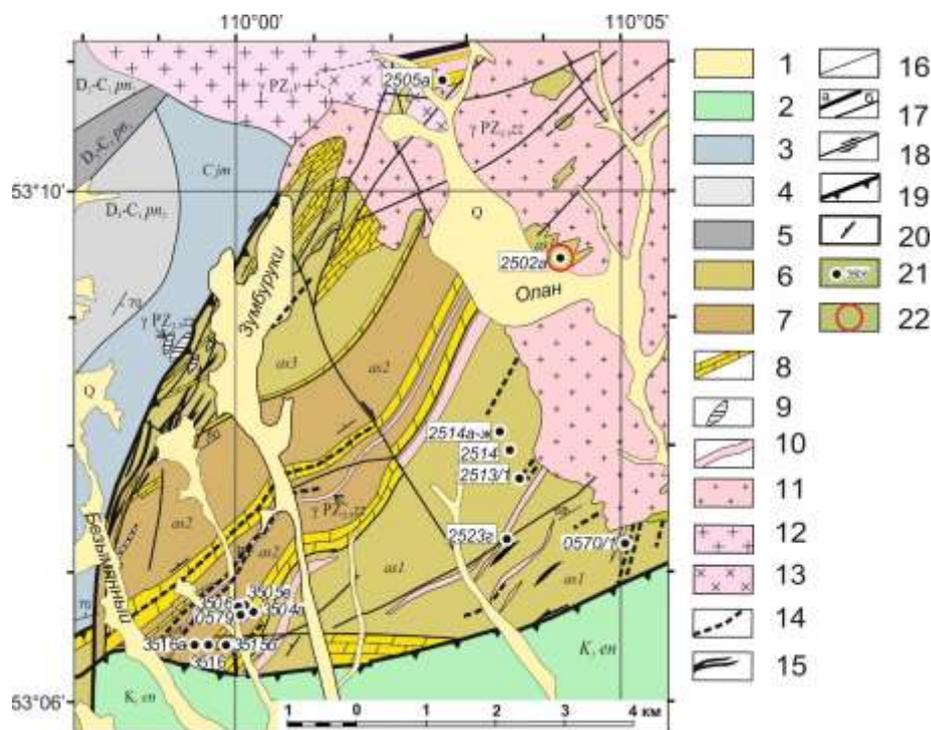


Рисунок 16 – Схематическая геологическая карта правобережья р. Турки в ее верхнем течении [18]

1 – четвертичные отложения; 2 – эндондинская свита ($K_1 en$); 3 – ямбуйская свита (C_{jm}); 4-5 – пановская свита ($D_3-C_1 pn$), подсвиты 4 – верхняя; 5 – нижняя; 6-7 – асынская свита (условно RF as): 6 – биотитовые сланцы и гнейсы с гранатом, андалузитом; 7 – средняя подсвита асынской свиты; 8 – пачки карбонатных пород (доломиты, известняки); 9-11 – Зазинский комплекс ($PZ_{2-3} zz$): 9-10 – 3 фаза: гранит-порфиры (9), лейкограниты мусковитовые (10); 11 – граниты, 2 фаза; 12-13 – Витимканский комплекс (C_3-P_1): 12 – граниты, 13 – гранодиориты; 14 – амфиболовые ортосланцы; 15 – Абагинский комплекс ультраосновных пород (σPZ_1) – серпентиниты; 16 – геологический границы; 17 – 19 – тектонические нарушения: 17 – разломы: а – достоверные, б – предполагаемые; 18 – сдвиги; 19 – надвиги; 20 – элементы залегания полосчатости; 21 – место отбора проб для палинологических исследований; 22 – место находки водорослей

8 Проведено изучение рудного пегматита в рудном жильном поле Ниттис-Кумужья-Травяная Северной камеры Мончеплутона (Кольский полуостров) [22, 23].

Тело пегматита сложено Cu-Ni сульфидными рудами и габброноритовой матрицей. Рудный пегматит представляет собою наиболее поздний продукт в процессах фракционной кристаллизации магматического расплава мончегорской интрузии в соответствии с рисунком 17.

Расплав обособился в виде крупного шпиря с сульфидным ядром и силикатной матрицей с высокой концентрацией флюидов. Гипсометрический уровень остановки расплава определялся равновесием внутреннего давления летучих и внешнего давления перекрывающих пород. Значения $\delta^{18}O$ (+4.9 – +6.1 ‰) близки мантийным меткам ($\delta^{18}O = +5.7$ ‰) и отвечают магматическим породам основного состава. В истории формирования рудного пегматита выделены раннемагматическая, поздне- и постмагматические стадии

минералообразования с последовательным повышением роли флюидных компонентов (H_2O , CO_2 , Cl , F).

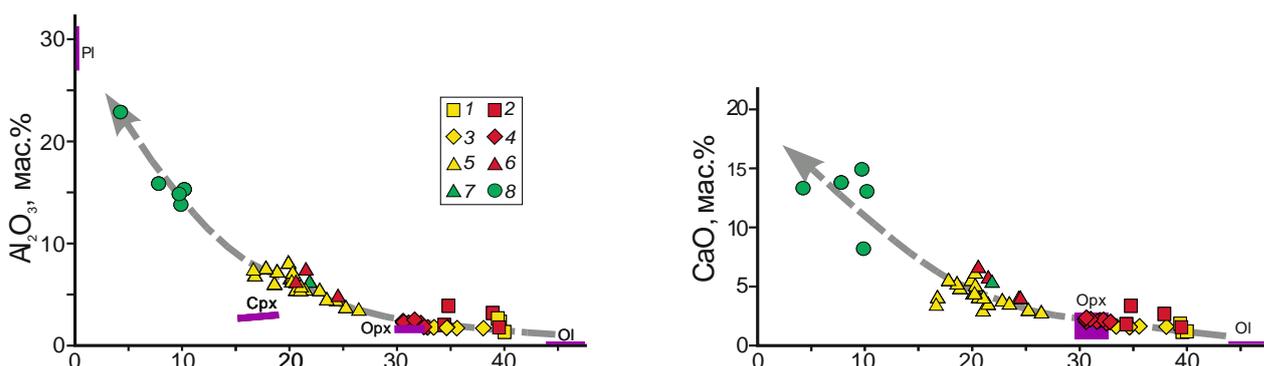


Рисунок 17 – Петрохимические вариационные диаграммы для рудного пегматита и расслоенной серии НКТ Мончеплутона

1, 2 – гарцбургиты; 3, 4 – оливиновые ортопироксениты; 5, 6 – ортопироксениты; 7, 8 – породы рудного пегматита (7 – ортопироксенит, 8 – габбронориты). Данные: 1, 3, 5 - [24], 2, 4, 6 - [25], 7, 8 - данные авторов. Области реальных составов пироксенов (*Opx*, *Cpx*), и плагиоклаза (*Pl*). Пунктирные серые стрелки – тренды дифференциации пород

Медьсодержащий моносulfидный твердый раствор (*Mss*) выделился при остывании sulfидной жидкости при температуре ~ 1000 °C и ниже в соответствии с рисунком 18а. Фракционирование моносulfидного твердого раствора и остаточного sulfидного расплава доказывается отрицательной корреляцией между содержаниями Fe и Cu в «100%-сulfид» в соответствии с рисунком 18б. В результате твердофазных превращений *Mss* образовались пирротин, пентландит, халькопирит, минералы благородных металлов и промежуточный твердый раствора (*Iss*), который при температуре ниже 550 °C последовательно разлагался на халькопирит, пирротин и кубанит.

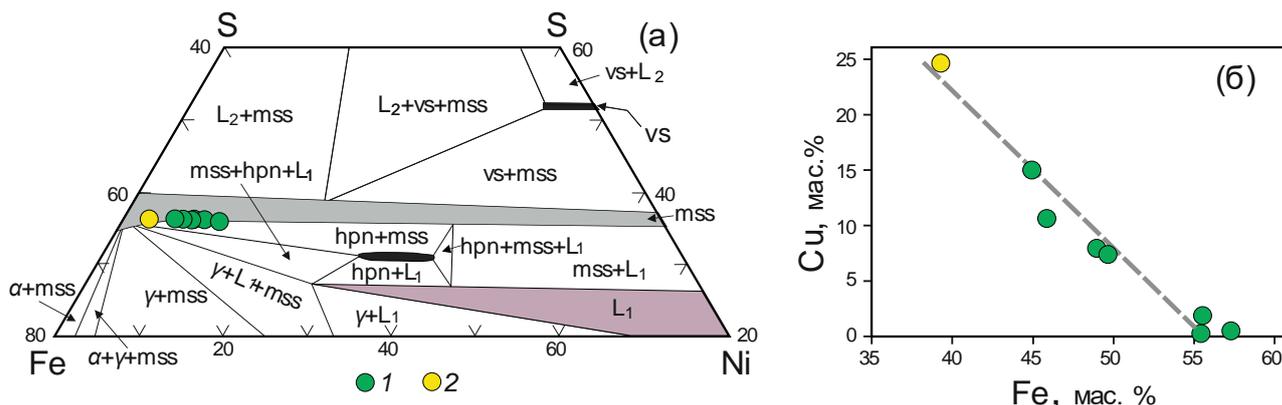


Рисунок 18 – Положение состава руд габбронорит-пегматита, пересчитанных на «100%-сulfид», на экспериментальной Fe–Ni–S и бинарной Fe–Cu диаграммах: (а) – фрагмент экспериментальной тройной диаграммы Fe–Ni–S при 850 °C по [26], серое поле – область существования моносulfидного твердого раствора (*Mss*); сиреневое поле – область существования – sulfидного расплава (L_1), L_2 – жидкая сера, hpn – высокотемпературный пентландит, vs – вазсит, α и γ – структурные разновидности Fe–Ni сплавов; (б) – диаграмма Fe–Cu. Типы руд: 1 – железоникелевый, 2 – медистый

Доминирующими минералами ЭПГ являются: майченерит PdBiTe , соболевскит $\text{Pd}(\text{Bi},\text{Te})$, фрудит PdBi_2 , меренскит PdTe_2 и мончеит PtTe_2 . Минералы Au и Ag представлены электрумом (AuAg) и гесситом (Ag_2Te). Обнаружен редкий в природе минерал – сервеллеит (Ag_4TeS). Содержание Pd в рудном пегматите колеблется в интервале (64.13 – 0.09 г/т), Pt – (2.70 - 0.004 г/т). Выяснение генетических особенностей происхождения рудных пегматитов Мончегорского плутона, их связи с медно-никелевым оруденением имеет не только петрологическое, но и важное практическое значение, в том числе для выработки поисковых признаков на жильный тип ЭПГ–Cu–Ni руд в Западном Забайкалье.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основе новых материалов по геологическому строению, вещественному составу, U-Pb изотопному возрасту и палеомагнетизму катаевской свиты рассмотрены геодинамические условия ее формирования и преобразования. Установлено, что метавулканиды катаевской свиты относятся к калиево-натриевой высокоглиноземистой андезит-андезибаазальт-базальтовой вулканической серии, имеют минимумы по Nb, Ta, Ti, Eu, Rb и максимумы по Ba, U, K, Sr, La, отчетливо фиксирующие их надсубдукционную природу. Изотопный возраст метаандезитов определен в 852 ± 5 млн лет (U-Pb метод, SHRIMP-II). Палеомагнитный анализ пород свидетельствует о полном перемагничивании их на уровне 120 млн лет, что синхронно проявлению внутриплитного раннемелового базальтоидного магматизма. На основе новых данных рассмотрены геодинамические условия формирования и преобразования метавулканидов катаевской свиты [1].

2. В результате комплексных исследований в Бамбуйско-Олингдинской подзоне из состава рифейских и венд-кембрийских отложений выделены фаунистически охарактеризованные образования девона-раннего карбона. Карбонатная бамбуйская, терригенная чулегминская свиты и терригенно-карбонатная кадалинская толща датированы девоном, вулканогенно-терригенная уендектская толща имеет позднедевонский (фамен) – раннекаменноугольный (турне) возраст, а терригенные огненская и аматканская свиты – раннекаменноугольный (турне и визе, соответственно). Биостратиграфические данные и литолого-фациальные особенности пород свидетельствуют о том, что девонский карбонатный комплекс формировался в условиях мелководного теплого шельфового моря. Смена палеоландшафтных условий произошла на границе девона-карбона, осадконакопление существенно терригенных толщ продолжалось в обстановках углублявшегося открытого шельфово-склонового бассейна, примыкавшего к зоне вулканизма [3].

3. Получены новые данные о составе, возрасте и возможных источниках обломочного материала для рудовмещающей озерной пачки нижнекембрийской олдындинской свиты Озерного колчеданно-полиметаллического месторождения (Западное Забайкалье). В результате комплексного изучения разрезов продуктивных горизонтов первого и второго рудоносных уровней озерной пачки получены палеонтологические данные (мшанки, водоросли, миоспоры), свидетельствующие о ее раннекаменноугольном, турнейско-визейском возрасте. Морфология, строение и состав рудных тел показывает, что они локализируются в вулканогенно-осадочных породах, согласны с напластованием и формировались синхронно с ними. Результаты U-Pb

геохронологических исследований детритовых цирконов (метод LA-ICP-MS) из оруденелой туфоконглобрекции «кристаллотуфового» горизонта озерной пачки показали, что обломочные цирконы имеют докембрийские и позднекембрийские оценки возраста и позволяют ограничить нижний предел времени формирования отложений как не древнее позднего кембрия. Среди основных источников сноса для нижнекаменноугольных пород озерной пачки могли быть метаморфические породы Амалатского массива и верхнекембрийские породы олдындинского субвулканического комплекса [6].

4. Определены состав и возраст пород областей сноса для нижне-среднекембрийской ерниченской толщи Аргунского массива восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса. Результаты U-Pb (LA-ICP-MS) датирования зерен детритовых цирконов из песчаников ерниченской толщи показали, что обломочные цирконы имеют докембрийские и позднекембрийские оценки возраста и позволяют ограничить нижний предел времени их формирования как не древнее позднего кембрия. Установлено, что наиболее молодая группа детритовых цирконов характеризуется возрастом 549–570 млн лет. Однако доминирующая часть цирконов имеет нео- и палеопротерозойские значениями возраста. Их источниками, по-видимому, послужили магматические и метаморфические образования, широко распространенные в пределах Аргунского континентального массива. Геохимические особенности терригенных пород ерниченской толщи свидетельствуют о накоплении их в обстановке, связанной с субдукционными процессами [7].

5. Проведено детальное исследование лейкогранитов и лейкогранит-порфиров, широко развитых в районе Тамирского рудопроявления молибдена. Выявлены две группы лейкогранит-порфиров. Для рудовмещающих лейкогранитов U-Pb методом по циркону получен поздне триасовый возраст ($237 \pm 1,4$ млн лет), а для рудоносных лейкогранит-порфиров (II типа) раннеюрский ($176 \pm 1,4$ млн лет). Результаты изотопных исследований гранитоидов свидетельствуют о том, что лейкограниты и лейкогранит-порфиры (II типа) имеют неопротерозойский (тонский) источник [10].

6. На основе новых палеонтологических данных пересмотрена биостратиграфия олдындинской свиты. Выделены три горизонта: ульдзуйтуйский (атдабанский ярус), сухореченский и хулудинский (ботомский ярус) с соответствующими комплексами археоциат. Фаунистические комплексы, характеризующие выделенные горизонты, отображают характерную для археоциат этапность развития. Получены C- и Sr-изотопные данные указывают на хеостратиграфическую обособленность каждого из установленных горизонтов. Вариации $\delta^{13}\text{C}$ в известняках олдындинской свиты и характерные

археоциатовые комплексы предполагают, что формирование ульдзуйтуйского и сухореченского комплексов происходило в положительный этап MICE, а хулудинский комплекс соответствует этапу AECSE, известному как ботомско-тойонский биотический кризис. Предложен обновленный вариант схемы биостратиграфического расчленения кембрийских отложений СБГО [14].

7. В Турка-Курбинской и Витимкан-Ципинской зонах установлен базитовый магматизм раннепермского возраста. Установлено, что амфиболовые низко- и высокомагнезиальные ортосланцы представлены двумя геохимическими типами: толеитовые базальты и габбро, коматиитовые (высокомагнезиальные) андезибазальты, кроме того присутствуют серпентиниты (апогарцбургиты и апопироксениты). Амфиболовые ортосланцы, составляющие единый комплекс, относятся к породам коматиитовой серии. В формировании высокомагнезиальных магм участвовали ультраосновные породы (реликты их присутствуют в образцах высокомагнезиальных андезибазальтов). Толеитовые базальты и габбро имеют возраст 295.5–277.3 млн лет, серпентиниты – 283.2 млн лет. Высокомагнезиальные ортосланцы содержат цирконы с возрастом 953, 567 и 339.8 млн лет, которые, видимо, указывают на возраст предшествующих магматических событий [18].

8. Изучены рудные пегматиты в рудном жильном поле Ниттис-Кумужья-Травяная Северной камеры Мончеплутона (Кольский полуостров). Установлено, что рудный пегматит представляет собою наиболее поздний продукт в процессах фракционной кристаллизации магматического расплава мончегорской интрузии. Выяснение генетических особенностей происхождения рудных пегматитов Мончегорского плутона, их связи с медно-никелевым оруденением имеет не только петрологическое, но и важное практическое значение, в том числе для выработки поисковых признаков на жильный тип ЭПГ–Cu–Ni руд в Западном Забайкалье [22, 23].

Поставленные в проекте на третий этап задачи, в основном решены. Выполненные работы согласуются с общей направленностью исследований региона, имеют общенаучное значение и вносят существенный вклад в расшифровку геологического строения Забайкальского региона, и в целом, в решение фундаментальной проблемы современной геологии, связанной с познанием процессов формирования континентальной коры и геодинамической эволюции Земли.

Полученные результаты, базирующиеся на комплексном подходе к решению поставленных задач, вполне сопоставимы с результатами исследований других научных коллективов и с уровнем новейших зарубежных разработок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гордиенко И.В., Метелкин Д.В., Ланцева В.С., Елбаев А.Л. Катаевская островодужная система Палеоазиатского океана (Забайкалье): состав, возраст, палеомагнетизм, геодинамические условия формирования // Геология и геофизика. – 2023. – Т. 64. – № 3. – С. 386-403.
2. Гордиенко И.В., Метелкин Д.В., Ветлужских Л.И. Строение Монголо-Охотского складчатого пояса и проблема выделения Амурского микроконтинента // Геология и геофизика. – 2019. – Т. 60. – № 3. – С. 318-341.
3. Минина О.Р., Доронина Н.А., Куриленко А.В., Неберикутина Л.Н., Ташлыков В.С. Биостратиграфия девонско-нижнекаменноугольных отложений Бамбуйско-Олингдинской подзоны (Южно-Муйский хребет, Западное Забайкалье) // Стратиграфия и Геологическая корреляция. – 2023. – Т. 31. – № 1. – С. 1-24.
4. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 200000. Муйская серия. Объяснительная записка, лист N-50-II. - Изд. 2-е. - СПб.: ВСЕГЕИ, 2001. – 150 с.
5. Минина О.Р., Доронина Н. А., Некрасов Г.Е., Ветлужских Л.И., Ланцева В.С., Аристов В.А., Наугольных С.В., Куриленко А.В., Ходырева Е.В. Ранние герциниды Байкало-Витимской складчатой системы (Западное Забайкалье) // Геотектоника. – 2016. – № 3. – С. 63-84.
6. Минина О. Р., Гордиенко И.В. Дамдинов Б.Б., Ташлыков В.С., Гонегер Т.А., Скрипников М.С., Ланцева В.С., Хубанов В.Б., Кислов Е.В. Новые данные о возрасте рудовмещающих отложений Озерного полиметаллического месторождения (Западное Забайкалье) // Литология и полезные ископаемые. – 2023. – № 3. – С. 1-16.
7. Смирнова Ю.Н., Куриленко А.В., Хубанов В.Б. Состав и возраст пород областей сноса для средне-нижнекембрийских (?) терригенных отложений ерниченской толщи Аргунского континентального массива восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2023. – Т. 31. – № 5. – С. 1-18.
8. Парфенов Л.М., Берзин Н.А., Ханчук А.И., Бодарч Г., Беличенко В.Г., Булгатов А.Н., Дриль С.И., Кириллова Г.Л., Кузьмин М.И., Ноклеберг У.Дж., Прокопьев А.В., Тимофеев В.Ф., Томуртоого О., Янь Х. Модель формирования орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии // Тихоокеанская геология. – 2003. – Т. 22. – № 6. – С. 7-41.

9. Bhatia M.R., Crook K.A.W. Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins // *Contrib. Miner. Petrol.* – 1986. – Vol. 92. – PP. 181-193.
10. Елбаев А.Л., Гордиенко И.В., Хубанов В.Б., Рампилов М.О. Гранитоиды Тамирского (Мо) рудопроявления (Западное Забайкалье): состав, возраст и вероятные источники расплавов // *Геосферные исследования.* – 2023. – № 3. – С. 13-27.
11. Frost B.R., Barnes C.G., Collins W.J., Arculus R.J., Ellis D.J., Frost C.D. A geochemical classification for granitic rocks // *Journal of Petrology.* – 2001. – Vol. 42. – PP. 2033-2048.
12. Кошкин В.В., Шелгачев К.М., Дорошкевич Л.С., Шатковская Л.В. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Изд. 2-е. Серия Селенгинская. Лист М-48-ХVIII (Бичура). Объяснительная записка. - СПб.: Изд-во картфабрики ВСЕГЕИ, 2003. – 111 с.
13. Sun S.-S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes *Magmatism in the ocean basins.* (Eds: A.D. Saunders, M.J. Norry) // *Geological Society. London, Special Publications.* – 1989. – Vol. 42. – PP. 313-345.
14. Скрипников М.С. Археоциаты, крибрициаты, С-, Sr-изотопные характеристики и биостратиграфия известняков нижнекембрийской олдындинской свиты (Западное Забайкалье) / Автореф. дис. канд. геол.-мин. наук. Новосибирск. – 2023. – 20 с.
15. Язмир М.М., Далматов Б.А. Биостратиграфия раннего и среднего кембрия в пределах Бурятии // *Геология и геофизика.* – 1975. – № 2. – С. 55-63.
16. Скрипников М.С., Кузнецов А.Б., Ветлужских Л.И., Каурова О.К. С-изотопная хемотратиграфия олдындинской свиты нижнего кембрия Западного Забайкалья и ее связь с развитием археоциат. Палеонтология и стратиграфия: современное состояние и пути развития // *Материалы LXVIII сессии Палеонтологического общества при РАН, посвященная 100-летию со дня рождения А.И. Жамойды.* СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2022. – С. 123-125.
17. Ветлужских Л.И., Скрипников М.С. Биостратиграфическая схема кембрия Саяно-Байкальской горной области. Палеонтология и стратиграфия: современное состояние и пути развития // *Материалы LXVIII сессии Палеонтологического общества при РАН, посвященная 100-летию со дня рождения Александра Ивановича Жамойды.* СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2022. – С. 26-28.

18. Доронина Н.А., Игнатов А.М., Падерин И.П., Родионов Н.В., Иванов А.В. Возраст коматиитового магматизма в Западном Забайкалье // Геодинамика и минерагения Северной Евразии: Материалы VI Международной научной конференции, посвященной 50-летию Геологического института им. Н.Л. Добрецова СО РАН, 300-летию Российской академии наук, 100-летию Республики Бурятия и 10-летию науки и технологий. Улан-Удэ. – 2023. – С. 211-214.
19. Цыганков А.А., Литвиновский Б.А., Джань Б.М., Рейков М., Лю И.Д., Ларионов А.Н., Пресняков А.С., Лепехина Е.Н., Сергеев С.А. Последовательность магматических событий на позднепалозойском этапе магматизма Забайкалья (результаты U-Pb изотопного датирования) // Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51. – № 9. – С. 1249-1276.
20. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Лист N-49. Чита. Фишев Н.А. и др. Объяснительная записка. - СПб.: ВСЕГЕИ, 2011. – 454 с.
21. Доронина Н.А., Минина О.Р., Небекикутина Л.Н. Новые данные о возрасте ципиканской толщи Байкало-Витимской складчатой системы (Западное Забайкалье) // Вестник Воронежского университета. Серия геологическая. – 2015. – № 3. – С. 17-21.
22. Орсов Д.А., Смолькин В.Ф., Мехоношин А.С. Рудный пегматит массива НКТ (Мончегорский плутон, Кольский полуостров) // Геодинамика и минерагения Северной Евразии: Материалы VI Международной научной конференции, посвященной 50-летию Геологического института им. Н.Л. Добрецова СО РАН, 300-летию Российской академии наук, 100-летию Республики Бурятия и 10-летию науки и технологий. Улан-Удэ: Изд-во Бурятского госуниверситета, 2023. – С. 405-407.
23. Орсов Д.А., Смолькин В.Ф., Мехоношин А.С. PGE-Cu-Ni оруденение габбронорит-пегматита массива Н-К-Т (Мончегорский плутон, Кольский п-ов) // Ультрамафит-мафитовые комплексы: геология, строение, рудный потенциал. Материалы VIII Всероссийской конференции с междунар. участием. Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН. – Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2023. – С. 140-142.
24. Karykowski, B.T., Maier, W.D., Groshev, N.Y., Barnes, S-J., Pripachkin, P.V., McDonald, I., Savardi, D. Critical Controls on the Formation of Contact-Style PGE-Ni-Cu Mineralization: Evidence from the Paleoproterozoic Monchegorsk Complex, Kola Region, Russia // Economic Geology. – 2018. – Vol. 113. – N 4. – PP. 911-935.

25. Smolrkin V.F., Mokrushin A.V. Paleoproterozoic layered intrusions of the Monchegorskore district: geochemistry and U–Pb, Sm–Nd, Re–Os isotope analysis // Minerals. – 2022. – 12. – 1432.

26. Sugaki A, Kitakaze A. High form pentlandite and its thermal stability // Amer. Miner. – 1998. – Vol. 83. – PP. 133-140.

**Научные публикации в журналах, индексируемых в российских и
международных информационно-аналитических системах научного цитирования**

1. **Гордиенко И.В.,** Метелкин Д.В., **Ланцева В.С.,** Елбаев А.Л. Катаевская островодужная система Палеоазиатского океана (Забайкалье): состав, возраст, палеомагнетизм, геодинамические условия формирования // Геология и геофизика. – 2023. – Т. 64. – № 3 – С. 386-403. DOI: 10.15372/GiG2022139
2. **Минина О.Р.,** Доронина Н.А., **Куриленко А.В.,** Неберихина Л.Н., **Ташлыков В.С.** Биостратиграфия девонско-нижнекаменноугольных отложений Бамбуйско-Олингдинской подзоны (Южно-Муйский хребет, Западное Забайкалье) // Стратиграфия и Геологическая корреляция. – 2023. – Т. 31. – № 1. – С. 1-24. DOI: 10.31857/S0869592X23010052
3. **Минина О.Р.,** **Гордиенко И.В.** Дамдинов Б.Б., **Ташлыков В.С.,** Гонегер Т.А., **Скрипников М.С.,** **Ланцева В.С.,** Хубанов В.Б., Кислов Е.В. Новые данные о возрасте рудовмещающих отложений Озерного полиметаллического месторождения (Западное Забайкалье) // Литология и полезные ископаемые. – 2023. – № 3. – С. 1-16 DOI: 10.31857/S0024497X23700076, EDN: BNOFNA
4. **Елбаев А.Л.,** **Гордиенко И.В.,** Хубанов В.Б., Рампилов М.О. Гранитоиды Тамирского (Мо) рудопоявления (Западное Забайкалье): состав, возраст и вероятные источники расплавов // Геосферные исследования. – 2023. – № 3. – С. 13-27. DOI: 10.17223/25421379/28/2
5. Смирнова Ю.Н., **Куриленко А.В.,** Хубанов В.Б. Состав и возраст пород областей сноса для ниже-среднекембрийских (?) терригенных отложений ерниченской толщи Аргунского массива, восточная часть Центрально-Азиатского складчатого пояса // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2023. – Т. 31. – № 5. – С. 98-115. DOI: 10.31857/S0869592X23050071, EDN: WIKASF
6. **Скрипников М.С.** Археоциаты, крибрициаты, C-, Sr-изотопные характеристики и биостратиграфия известняков нижнекембрийской олдындинской свиты (Западное Забайкалье), специальность 1.6.2 – Палеонтология и стратиграфия: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук / Скрипников Михаил Сергеевич. – Новосибирск, 2023. – 20 с.
7. **Гордиенко И.В.** Неопротерозой-Палеозойский магматизм и геодинамика Центрально-Азиатского складчатого пояса / Ответ. ред. В.В. Ярмолюк, - Новосибирск: СО РАН, 2023. – 345 с. ISBN - 5-7925-0164-3