

Федеральное агентство научных организаций  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

УДК 551.2 (553.04,556.25)  
№ гос. рег. 01201282374  
Инв. № 1



УТВЕРЖДАЮ  
Директор

А.А. Цыганков

«15» декабря 2016 г.

ОТЧЕТ  
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Проект VIII.66.1.6. Геодинамическая эволюция субдукционного магматизма и  
окраинноморского осадконакопления Монголо-Забайкальского сектора  
Палеоазиатского и Монголо-Охотского океанов  
(заключительный)

Номер проекта в ИСГЗ ФАНО  
0340-2014-0001

Приоритетное направление VIII.66. Геодинамические закономерности вещественно-  
структурной эволюции твердых оболочек Земли

Программа VIII.66.1. Глубинная геодинамика и эволюция литосферы:  
закономерности проявления мантийных плюмов и плитотектонических процессов,  
динамика осадочных бассейнов

Протокол Ученого совета  
№ 12 от «15» декабря 2016 г.

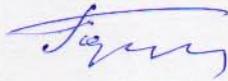
Научный руководитель  
д.г.-м.н., чл.-к. РАН

И.В. Гордиенко

Улан-Удэ, 2016

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководитель проекта,  
чл.-к. РАН, д-р. геол.-мин. наук,  
гл. научн. сотр.



И.В. Гордиенко (аннотация, введение,  
разделы 1.1, 1.2, 1.3, подразделы 1.2. 1,  
1.2.2, 1.2.1.1, выводы, заключение, список  
литературы)

Исполнители проекта:

д-р. геол.-мин. наук, зав. лаб.



О.Р. Минина (введение, раздел 1.1, 1.2,  
1.3, подразделы 1.2.2.3, 1.2.3, 1.2.5, выводы,  
заключение, список литературы)

д-р геол.-мин. наук, вед. научн. сотр.



А.Н. Булгатов (введение, раздел 1.1, 1.3,  
выводы)

д-р геол.-мин. наук, вед. научн. отр.



А.Ю. Антонов (раздел 1.2, подраздел  
1.2.3, 1.2.3.2)

д-р геол.-мин. наук, гл. научн. сотр.



Н.С. Жатнуев (раздел 1.3, подраздел  
1.2.6)

канд. геол.-мин. наук, ст.  
научн. сотр.



Д.А. Орсоев (раздел 1.2, 1.3, подраздел  
1.2.1.2)

канд. геол.-мин. наук, ст. научн.  
сотр.



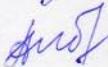
Л.И. Ветлужских (раздел 1.3, 1.5)

канд. геол.-мин. наук, научн. сотр.



Р.А. Бадмацыренова (раздел 1.2, 1.3,  
подразделы 1.2.4)

канд. геол.-мин. наук, мл. научн.  
сотр.



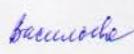
А.Л. Елбаев (раздел 1.2., 1.3,  
подразделы 1.2.2.1, 1.2.2.2)

канд. геол.-мин. наук, научн. сотр.



В.И. Васильев раздел (раздел 1.2, 1.3,  
подраздел 1.2.6)

канд. геол.-мин. наук, научн. сотр.

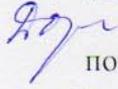


Е.В. Васильева (раздел 1.2, 1.3,  
подразделы 1.2.6)

канд. геол.-мин. наук,  
мл. научн. сотр.



В.С. Ланцева (раздел 1.2, 1.3,  
подразделы 1.2.3.2)



Н.А. Доронина (раздел 1.2, 1.3,  
подразделы 1.2.3, 1.2.3.1, 1.2.3.2)

инж.



Т.А. Гонегер (раздел 1.2, подраздел  
1.2.2)

инж.



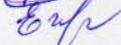
Д.В. Гороховский (раздел 1.2, 1.3,  
подразделы 1.2.2, 1.2.2.1, 1.2.2.2)

инж.



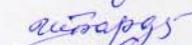
А.М. Санжиев (раздел 1.2.4)

инж.



Е. И. Егорова (раздел 1.2)

инж.



М.Ш. Бардина (раздел 1.2)

лаб.



Н.А. Баженов (раздел 1.2.)

## Реферат

Отчет 33 с., 1 ч., 10 рис., 59 источников.

**СУБДУКЦИОННЫЙ И КОЛЛИЗИОННЫЙ МАГМАТИЗМ, АКТИВНЫЕ КОНТИНЕНТАЛЬНЫЕ ОКРАИНЫ, ОКРАИННЫЕ БАССЕЙНЫ, ОСТРОВНЫЕ ДУГИ, МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ.**

Основной целью проекта является разработка неопротерозой-палеозойских сценариев развития субдукционного магматизма и осадконакопления в Монголо-Забайкальском секторе Палеоазиатского и Монголо-Охотского океанов, учитывающих специфику состава, источников и геодинамической эволюции субдукционного магматизма, динамику связанного с ним осадочно-вулканогенного седиментогенеза, кинематику формирования магматических очагов областей островодужного вулканизма и построение концептуальных и физико-химических моделей зон субдукции с учетом реологии земной коры. В процессе работы проводилось изучение субдукционного магматизма в островных дугах и активных континентальных окраинах (вещественный состав, возраст, источники и закономерности эволюции на основе петролого-геохимических и изотопно-геохронологических данных); условий седиментогенеза в задуговых окраинных бассейнах Палеоазиатского и Монголо-Охотского океанов (литология, геохимия, биостратиграфия, палеомагнетизм, геодинамическая эволюция); моделирование эволюции магматических систем островных дуги и активных континентальных окраин с учетом реологии земной коры.

В результате выявлена специфика соотношения процессов магматизма и метаморфизма, разработаны тектоно-петрологические модели проявления субдукционных и коллизионных процессов в формировании континентальной коры Монголо-Забайкальского региона, установлены генетические типы и геодинамические условия формирования вулканогенных и осадочных толщ в океанических, окраинноморских и субконтинентальных палеобассейнах. Новые данные отражены в предложенных моделях геодинамической эволюции Центрально-Азиатского и Монголо-Охотского складчатых поясов в области их пространственного сопряжения в позднем рифее, нижнем и верхнем палеозое на примере Джидинской и Удино-Витимской островодужных систем, Байкало-Витимской складчатой системы, юго-восточной части Восточного Саяна. Создана концептуальная физико-химическая модель формирования и эволюции магматогенных систем зон субдукции, включающая процессы выплавления магм и растворения-отложения вещества на геохимических барьерах пластично-хрупкого перехода земной коры.

## Содержание

Стр.

	ВВЕДЕНИЕ	5
1	ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ	7
1.1	Выбор и обоснование направления исследований	8
1.2	Основные результаты фундаментальных научных исследований по четвертому этапу проекта	8
1.2.1	Юго-Восточная часть Восточного Саяна	8
1.2.1.1	Палеогеодинамические реконструкции юго-восточной части Восточного Саяна	8
1.2.1.2	Ультрабазит-базитовые магматические комплексы центральной части Восточного Саяна	9
1.2.2.	Джидинская зона Юго-Западного Забайкалья	10
1.2.2.1	Бугуриктайский базит-гипербазитовый расслоенный массив	11
1.2.2.2	Плагиограниты Бугуриктай-Модонкульского междуречья	12
1.2.2.3	Новые данные по герцинскому этапу развития Джидинской зоны	12
1.2.3	Байкало-Витимская складчатая система.	13
1.2.3.1	Раннегерцинский этап геологического развития БВСС	13
1.2.3.2	Витимкан-Ципинская зона. Багдаринская подзона	14
1.2.4	Яблоново-Малханский хребет.	15
1.2.5	Северная Монголия. Хангай-Хэнтэйская мегазона	16
1.2.6	Модель формирования флюидных резервуаров	18
1.3	Основные результаты фундаментальных исследований по проекту <u>VIII.66.1.6.</u>	19
	Заключение	23
	Список использованной литературы	25
	Приложение А	31
	Приложение Б	32
	Приложение В.	33

### **Нормативные ссылки**

В настоящем отчете о НИР использованы ссылки на следующие стандарты: ГОСТ 1.5-93, ГОСТ 2.10-95, ГОСТ 2.111-68, ГОСТ 6.38-90, ГОСТ 7.1-84, ГОСТ 7.9-95 (исо 214-76), ГОСТ 8.417-81, ГОСТ 9327-60.

## Введение

Настоящий отчет является заключительным по теме: «Субдукционный и коллизионный магматизм, активные континентальные окраины, окраинные бассейны, островные дуги, моделирование магматических систем», по которой были представлены отчеты по этапам 2013, 2014, 2015 годов.

Одной из фундаментальных проблем современной геологии является изучение фрагментов океанической и континентальной коры геологического прошлого, отраженной в магматических и осадочных комплексах. Установлено, что складчатые пояса формировались на месте бывших океанов и являющихся продуктом преобразования океанической коры в континентальную [Пейве и др., 1971; Зоненшайн и др., 1976, 1990; Хаин, 2001]. Основную роль при этих процессах играют эндогенные факторы глубинной геодинамики, прежде всего субдукционный магматизм, который проявлен, главным образом, в островных дугах и активных континентальных окраинах [Богатиков и др., 2010; Добрецов, 2010, 2011]. Эндогенные магматические процессы являются главными индикаторами перестройки и трансформации мантии и литосферы Земли [Tectonic Map of Northern-Central-Eastern Asia and Adjacent areas, 2014]. Они определяют различные типы осадочных бассейнов (океанические, задуговые, преддуговые, шельфовые и др.), являющихся специфическими образованиями самой верхней части земной коры. Реконструкции магматических и экзогенных обстановок позволяют достоверно определить тектонический режим происходящих процессов, реконструировать геодинамические обстановки прошлого.

В связи с вышеизложенным, основная цель проекта заключалась в разработке неопротерозой-палеозойских сценариев развития субдукционного магматизма и осадконакопления в Монголо-Забайкальском секторе Палеоазиатского и Монголо-Охотского океанов, учитывающих специфику состава, источников и геодинамической эволюции субдукционного магматизма, динамику связанного с ним осадочно-вулканогенного седиментогенеза, кинематику формирования магматических очагов областей островодужного вулканизма и построение концептуальных и физико-химических моделей зон субдукции с учетом реологии земной коры.

В задачи проекта, в соответствии с главной целью, входило:

- Изучение субдукционного магматизма в островных дугах и на активных континентальных окраинах и магматизма аккреционно-коллизионных структур, включающее тектоническое, петролого-геохимическое и изотопно-геохронологическое изучение индикаторных магматических комплексов (вещественный состав, возраст, источники и закономерности эволюции на основе петролого-геохимических и изотопно-геохронологических данных). В результате предполагалось выявить специфику соотношения процессов магматизма и метаморфизма, разработать тектоно-

петрологические модели проявления субдукционных и коллизионных процессов в формировании континентальной коры Монголо-Забайкальского региона.

- Определение условий седиментогенеза в океанических, окраинноморских и субконтинентальных палеобассейнах Палеоазиатского и Монголо-Охотского океанов: литология, геохимия, биостратиграфия, палеомагнетизм, геодинамическая эволюция. Планировалось структурно-геологическое, литолого- и биостратиграфическое и палеомагнитное изучение динамики вулканизма и седиментогенеза в задуговых (тыловых) и шельфовых грабен-синклинальных морских бассейнах Забайкалья и Монголии. В результате предполагалось получить новые данные по возрасту, генетическим типам и геодинамическим условиям формирования вулканогенных, осадочно-вулканогенных и осадочных толщ.

- Моделирование эволюции магматических систем островных дуг и активных континентальных окраин с учетом реологии земной коры. Планировалось построить динамические модели эволюции магматических очагов с учетом пластично-хрупкого перехода земной коры в зоне субдукции на основании численного термодинамического моделирования тепло-массопереноса и минералообразования в магматогенных системах, экспериментального моделирования флюидных потоков в мантии и коре и изучения литературных данных. На базе полученных данных предполагалось создать концептуальную физико-химическую модель формирования и эволюции магматогенных систем зон субдукции, включающая процессы выплавления магм и растворения-отложения вещества на геохимических барьерах пластично-хрупкого перехода земной коры.

На заключительном этапе исследований по проекту в 2016 году собраны и обработаны полевые материалы, подведены итоги по изучению субдукционного магматизма и динамики осадочно-вулканогенного осадконакопления в основных типах тектоно-магматических структур Монголо-Забайкальского сектора Палеоазиатского и Монголо-Охотского океанов. Уточнены источники и генетические модели магматических и седиментологических процессов как индикаторов субдукционных геодинамических обстановок. Проведены палеогеодинамические реконструкции и разработана модель геодинамической эволюции исследованного региона. На базе данных, полученных путем численного и экспериментального моделирования, создана концептуальная физико-химическая модель формирования и эволюции магматических систем зон субдукции, включающая процессы выплавления магм и растворения-отложения вещества на геохимических и реологических барьерах в земной коре. Полученные материалы обобщены в виде научного отчета и опубликованы в печати в виде научных статей в рецензируемых журналах, рассмотрены на научных семинарах института и лаборатории.

## Основная часть

### 1.1 Выбор и обоснование направления исследований.

Основной целью проекта VIII.66.1.6. является разработка неопротерозой-палеозойских сценариев развития субдукционного магматизма и осадконакопления в Монголо-Забайкальском секторе Палеоазиатского и Монголо-Охотского океанов, учитывающих специфику состава, источников и геодинамической эволюции субдукционного магматизма, динамику связанного с ним осадочно-вулканогенного седиментогенеза, кинематику формирования магматических очагов областей островодужного вулканизма и построение концептуальных и физико-химических моделей зон субдукции с учетом реологии земной коры.

В соответствии с главной целью на четвертом этапе (2016 г.) продолжено изучение субдукционного магматизма в островных дугах и активных континентальных окраинах (вещественный состав, возраст, источники и закономерности эволюции на основе петролого-геохимических и изотопно-геохронологических данных), условий седиментогенеза в окраинных бассейнах Палеоазиатского и Монголо-Охотского океанов (литология, геохимия, биостратиграфия, палеомагнетизм, геодинамическая эволюция), моделирование эволюции магматических систем островных дуг и активных континентальных окраин. Планировалось доизучить выявленные островодужные и окраинноконтинентальные структуры региона, провести структурно-геологическое, литолого- и биостратиграфическое, палеомагнитное изучение динамики вулканизма и седиментогенеза в задуговых (тыловых) и шельфовых морских бассейнах пассивных континентальных окраин Забайкалья и Монголии. В результате предполагалось уточнить и детализировать имеющиеся данные и получить новые по возрасту, генетическим типам и геодинамическим условиям формирования вулканогенных и осадочных толщ в различных типах палеобассейнов, продолжить численное моделирование тепло-массопереноса и минералообразования в магматогенных системах и разработку комплексной компьютерной модели их формирования в литосфере островных дуг с учетом пластично-хрупкого перехода.

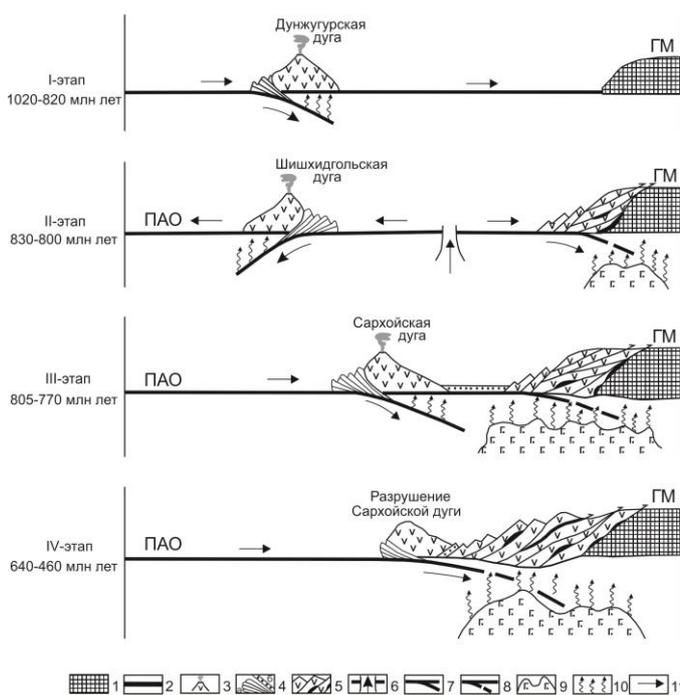
Полевые работы в 2016 году были сосредоточены в Забайкалье и Хэнтэй-Даурской зоне Северной Монголии. В Западном, Юго-Западном и Восточном Забайкалье (Витимкан-Ципинская, Джидинская, Хилок-Витимская зоны) предполагалось собрать материалы по геологическому строению, геодинамическим условиям образования структурно-вещественных комплексов Джидинской зоны. Доизучить докембрийские и раннегерцинские структурно-вещественные комплексы Уакитской и Багдаринской подзон Витимкан-Ципинской зоны. В бассейне р. Унго отобрать образцы для палеомагнитных и геохронологических исследований. В Монголии планировалось проведение комплексных исследований по изучению коллажа островодужных террейнов в пределах Хэнтэй-Даурской активной континентальной окраины андийского типа

(бассейн рек Хараа-Гол, Еро-Гол, Худэрийн-Гол Западного Хэнтэя), возникшей в девоне, карбоне и перми на окраине Монголо-Охотского океанического бассейна. В рамках поставленных задач, предусматривались исследования, направленные на изучение вещественного состава, возраста, тектонического строения и условий формирования океанических, окраинноморских, островодужных, аккреционно-коллизионных структурно-вещественных комплексов с использованием петролого-геохимических и биостратиграфических индикаторов, а также изотопно-геохронологических данных.

## 1.2 Основные результаты фундаментальных научных исследований по четвертому этапу.

### 1.2.1 Юго-восточная часть Восточного Саяна.

1.2.1.1 Согласно выполненным палеогеодинамическим реконструкциям с использованием работ различных авторов и собственных данных [Зоненшайн, Кузьмин, 1993; Федотова, Хаин, 2002; Гордиенко, 2006, 2014; Гордиенко, Миронов, 2008; Кузьмичев, 2004; Метелкин, 2012 и др.], в пределах юго-восточной части Восточного Саяна нами выделено четыре этапа формирования покровно-складчатой структуры, магматизма и рудообразования в неопротерозое и палеозое, общей продолжительностью более 500 млн лет (от 1020 до 460 млн лет) в соответствии с рисунком 1.1.



**Рисунок 1.1** - Палеогеодинамическая эволюция неопротерозойских островных дуг и мантийных плюмов юго-восточной части Восточного Саяна. 1 – Гарганский микроконтинент (ГМ); 2 – океаническая кора; 3 – островные дуги; 4 – преддуговые аккреционные призмы (а), осадки задугового бассейна (б); 5 – аккреционные комплексы островных дуг с фрагментами офиолитов, обдуцированных на Гарганский микроконтинент; 6 – спрединговая зона междугового океанического бассейна; 7 – зоны субдукции; 8 – разрыв зон субдукции над мантийным плюмом с образованием слэбвиндоу; 9 – мантийный плюм; 10 – потоки расплавов и флюидов; 11 – направления движения плит и зон субдукции.

На раннем этапе (1020–820 млн лет) развития произошло заложение крупного океанического бассейна и Дунжугурской энсиматической островной дуги. На втором этапе (830–800 млн лет) в результате дальнейшего распада Родинии и деятельности мантийных плюмов [Maquana et al., 2014] произошла перестройка активной континентальной окраины Сибирского континента и возникшего Палеоазиатского океана. На третьем этапе (805–770 млн лет) в результате продолжающихся перестроек закрываются краевые спрединговые бассейны и происходит заложение новых зон субдукции, пологопадающих под

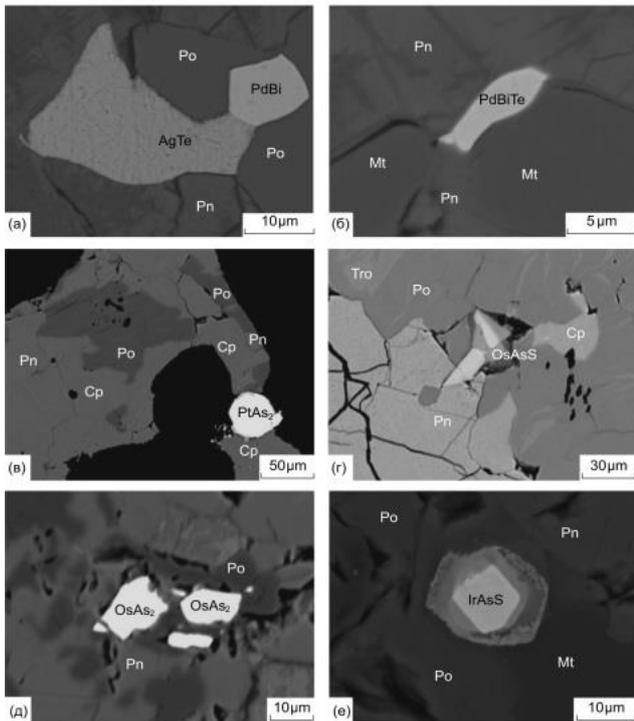
Гарганский микроконтинент. На четвертом этапе (640–460 млн лет) произошла дальнейшая перестройка активной окраины ПАО, в том числе в результате аккреционных событий в Окинской СФЗ. Показано, что именно субдукция и трансформация слэбов в пределах реконструированных активных окраин стала причиной вспышки плюмового магматизма на рубежах 830–800, 805–770 и 640–460 млн лет [Гордиенко и др., 2016]. Детальное изучение структуры и вещественного состава месторождений и проявлений рудного золота в Гарганской, Ильчирской и Хойтоокинской структурно-формационных зонах позволило обосновать генетическую и парагенетическую связь рудообразования с активной вулканической деятельностью в неопротерозое, нижнем и верхнем палеозое, пересмотреть существовавшие ранее представления об исключительной связи золотого оруденения с гранитными интрузиями и выделить несколько дополнительных этапов формирования, связанных с островодужным и плюмовым магматизмом [Гордиенко и др., 2016; Гордиенко, Метелкин, 2016].

#### 1.2.1.2 Ультрабазит-базитовые комплексы центральной части Восточного Саяна.

Проведены исследования, направленные на изучение ЭПГ-содержащих Cu-Ni-руд, локализованных в ультрабазит-базитовых магматических комплексах центральной части Восточного Саяна. На этой территории наиболее крупными массивами с промышленным сульфидным оруденением являются Желос и Токты-Ой. Установлено, что все типы руд характеризуются высоким уровнем абсолютных содержаний ЭПГ (до 15 г/т в сумме), при этом тенор ЭПГ (содержание ЭПГ в 100% сульфиде) вкрапленных руд выше, чем массивных и густо-вкрапленных. Спектры распределения ЭПГ почти для всех типов руд в ультрабазитах характеризуются положительным пологим наклоном и в этом отношении они сходны с коматитами. Все это указывает на то, что первичный расплав был образован при достаточно высоких степенях плавления мантийного источника.

В рудах обнаружены минералы всех элементов платиновой группы, главным образом, это сульфоарсениды, диарсениды и соединения с As, Bi, Te, Sb. Они присутствуют в рудах, как правило, внутри моносульфидов железа или пентландита (реже халькопирита) или в краевых частях на контакте с силикатами в соответствии с рисунком 1.2. Структурные взаимоотношения платиновых минералов с сульфидами указывают на то, что они имеют скорее магматическую, чем гидротермальную природу.

Полученные данные по изотопам S свидетельствуют о едином хорошо гомогенизированном магматическом источнике и близких физико-химических условиях отложения всех типов руд. Условия локализации, текстурно-структурные и минералого-геохимические особенности ЭПГ-содержащих Cu-Ni руд массивов Желос и Токты-Ой свидетельствуют в пользу их ортомагматического генезиса [Колотилина и др., 2016].

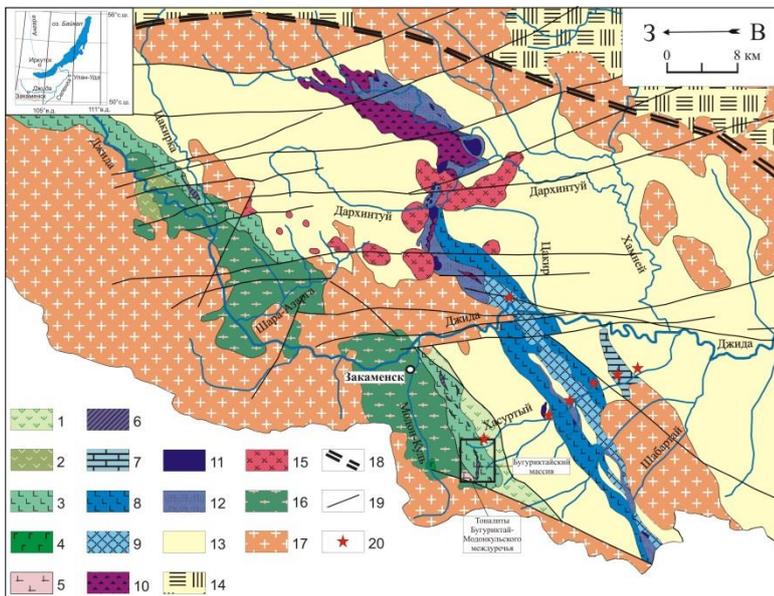


**Рисунок 1.2** - Минералы платиновых металлов из массивных руд массива Желос. Изображение СЭМ в обратно-рассеянных электронах:

а – соболевит (PdBi) в срастаниях с пирротинном (Po), пентландитом (Pn) и гёсситом (AgTe); б – майченерит (PdBiTe) в срастании с пентландитом и магнетитом (Mt); в – сперрилит (PtAs<sub>2</sub>) в срастании с халькопиритом (Cp) и пирротинном; г – осарсит (OsAsS) в срастании с пентландитом и пирротинном; д – омейит (OsAs<sub>2</sub>) в пирротин-пентландитовом агрегате; е – ирарсит (IrAsS) с каймой холингвортита и кобальтингерсдорфитового твердого раствора в пирротине.

### 1.2.2 Джидинская зона Юго-Западного Забайкалья.

В пределах Джидинской зоны каледонид широко распространены ультрабазит-базитовые тела и массивы Na гранитоидов, которые местами имеют близкое как возрастное, так и пространственное расположение, в соответствии с рисунком 1.3.



**Рисунок. 1.3** - Схема геологического строения Джидинской зоны каледонид по [Гордиенко др., 2007] с дополнениями.

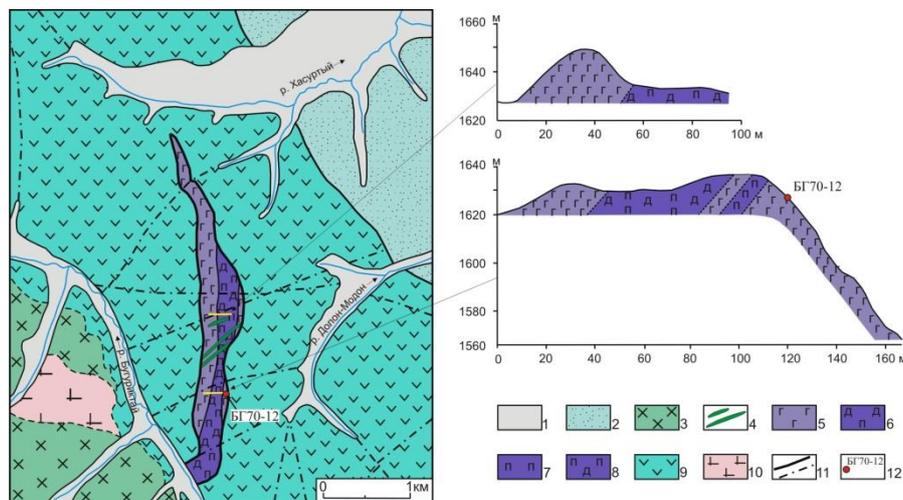
Островодужный СВК 1-6: 1-туфовая толща, 2-риолит-андезитовая толща, 3-базальтовая толща, 4-габброиды зунгольского комплекса, 5-вендские плагиогранитоиды, 6-базит-гипербазитовый комплекс; СВК Джидотского палеогайота 7-12: 7-доломитовая толща, 8-толща субщелочных базальтов, 9-толща толеитовых базальтов, 10-толща мафических брекчий, 11-базит-гипербазитовый комплекс, 12-тектонические меланжи; СВК краевого палеобассейна: 13-флишоидная толща;

14-хамардабанская серия нерасчлененная (PZ<sub>1</sub>);

Аккреционно-коллизийный СВК 15-16: 15-ордовикские гранитоиды дархинтуйской группы, 16-габбро-диорит-плагиогранитный джидинский комплекс; 17-бичурский (дабанский) сиенит-граносиенитовый комплекс; 18-граница структурно-формационных зон; 19-крупные разломы. 20 – места находок органических остатков. Прямоугольником показано расположения рисунка 1.4.

### 1.2.2.1 Бугуриктайский ультрабазит-базитовый расслоенный массив.

Бугуриктайский массив расположен на водоразделе Бугуриктай-Долон-Модон, в соответствии с рисунком 1.4.

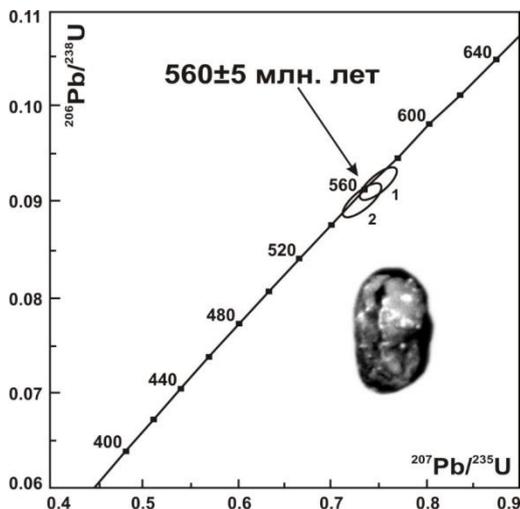


**Рисунок 1.4** - Геологическое строение Бугуриктайского базит-гипербазитового массива и разрезы. Составлен по [Баянов и др., 1992; Филимонов; 2003, Елбаев и др., 2016].

1 – четвертичные отложения; 2 – туфовая тоща (PZ<sub>1</sub>); 3 – диориты и кварцевые диориты (C<sub>2</sub>); 4 – дайки долеритов и габбро с характеристиками N-MORB (PZ<sub>1</sub>?); 5-8 породы Бугуриктайского массива: 5 – габброиды, 6 – ультрабазиты

нерасчлененные, 7 – пироксениты, 8 - чередование аподунитов, аповерлитов и пироксенитов (только на разрезах); 9 – базальтовая толща (V-C); 10 – тоналиты (V); 11- разрывные нарушения; 12 - место отбора пробы на возраст.

Массив имеет тектонические контакты с вмещающими вулканогенными образованиями. Для него нами установлена первично-магматическая расслоенность, обусловленная вариациями аподунитовых и аповерлитовых серпентинитов, пироксенитов, габбро, образующих в совокупности типичную полосчатую (кумулятивную) ультрамафит-мафитовую серию [Елбаев и др., 2016; Елбаев, 2016]. Минералого-петрографические исследования показали, что по набору пород и составу массив относится к дунит-верлит-пироксенит-габбровому формационному типу по [Балыкин, 2002]. Для габбро получен уран-свинцовый возраст по аксессуарному циркону в 560 млн лет по методике [Баянова и др., 2007], который соответствует венду, в соответствии с рисунком 1.5.



**Рисунок 1.5** - Диаграмма с конкордией для исследованных цирконов из габбро Бугуриктайского массива.

Результаты Sm-Nd исследований показали, что породы Бугуриктайского массива характеризуются положительными величинами  $\epsilon_{Nd}(T) = + 9.3$  и высокими отношениями  $^{147}Sm/^{144}Nd = 0.267$ , близкими к деплетированной мантии. Считается, что данный тип образует преимущественно кумулятивные комплексы в офиолитовых ассоциациях и сформировался в надсубдукционных геодинамических условиях.

Таким образом, геологические, геохронологические, геохимические и Sm-Nd изотопные

данные свидетельствуют о том, что Бугуриктайский массив входит в состав офиолитовой ассоциации и сформировался на ранней энсиматической стадии развития Джидинской островодужной системы [Гордиенко и др., 2007, 2015].

#### 1.2.2.2 Плагииграниты Бугуриктай-Модонкульского междуречья.

В настоящее время установлено, что раннепалеозойские гранитоиды Джидинской зоны формировались в островодужную и коллизионную стадии ее развития [Гордиенко, 1987; Баянов и др., 1992; Кузьмин и др., 1995; Альмухамедов, и др. 1996; Филимонов, 2003; Гордиенко и др., 2007]. Доказана аккреционно-коллизионная природа кембро-ордовикских гранитоидов дархинтуйской группы [Гордиенко и др., 2012; Елбаев, 2013]. Островодужные гранитоиды детально изучены нами в пределах Бугуриктай – Модонкульского междуречья, где слагают массив-останец, сложенный преимущественно тоналитами, расположенными среди диоритов и кварцевых диоритов. По химическому составу тоналиты отвечают семейству гранодиоритов ( $\text{SiO}_2 = 65.20 - 66.50\%$ ), относятся к высокоглиноземистым ( $\text{Al}_2\text{O}_3 - 17.2-17.8\%$ ) и низкокалиевым ( $\text{K}_2\text{O} - 0.4-0.7\%$ ) породам нормального ряда натровой серии. На классификационной диаграмме Ab-An-Or точки составов гранитоидов располагаются в поле тоналитов. Породы по содержаниям  $\text{Al}_2\text{O}_3 (>17 \text{ мас. } \%)$ , Yb (0,48-0,68 г/т) и отношениям Sr/Y и  $(\text{La}/\text{Yb})_N$  отвечают всем признакам плагиигранитоидов высокоглиноземистой серии [Арт, 1983, Drummond, Defant, 1990, Туркина, 2000]. Определен вендский возраст (560-570 млн лет) тоналитов [Гордиенко и др., 2015]. Тоналиты характеризуются высокой положительной величиной  $\epsilon_{\text{Nd}}(T) = + 8.5$  и относительно близким Nd-модельным возрастом  $T_{\text{Nd}}(\text{DM-2st}) - 588$  млн лет. Установлено, что генерация островодужной тоналитовой магмы, связана с частичным плавлением мафического источника субдуцирующей океанической плиты [Гороховский и др., 2016]. Этот процесс свойственен ранним стадиям заложения зоны субдукции, при погружении и последующем плавлении молодой «горячей» океанической коры, с возрастом менее 25 млн лет, на момент формирования субдукционной системы [Drummond, Defant, 1990; Sajona et al., 1993].

#### 1.2.2.3 Новые данные по герцинскому этапу развития Джидинской зоны.

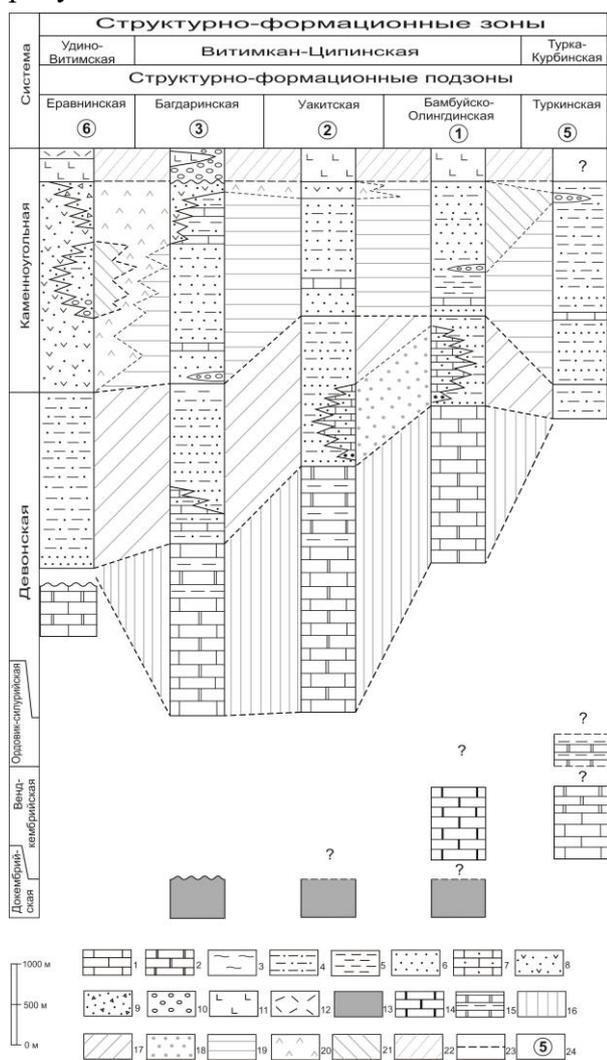
В ряде стратифицированных образований, включавшихся в состав нижнепалеозойских структурно-вещественных комплексов, установлены органические остатки первой половины позднего палеозоя (см. рисунок 1.3). В карбонатно-терригенных породах пади Юхта установлены водоросли, фрагменты высших растений, конодонты, миоспоры, которые позволяют датировать пачку ранним карбоном. В доломитовой пачке пади Улан-Батор обнаружены водоросли и миоспоры, определяющие возраст отложений поздним девонем. В известняках (р. Шара-Азарга) определены девонские водоросли, колониальные ругозы. В известняках (рч. Ивановский), присутствующих в составе обломочной части тефроидов, установлены разновозрастные (кембрий,

ордовик, девон) органические остатки (археоциаты, водоросли, хитинозои), а в туфоалевролитах выделен верхнедевонский комплекс миоспор. Джидинская флишевая свита в бассейне р. Хасуртый по водорослям и миоспорам датируется поздним девоном, верхним франом.

Полученные данные позволяют предполагать, что в герцинский этап тектонического развития зоны, здесь на каледонском основании возник осадочный прогиб, просуществовавший с девона до карбона. Становление покровно-складчатой структуры зоны происходило в карбоне-перми (формирование микститовых толщ) и завершилось внедрением позднепалеозойских гранитоидов.

### 1.2.3. Байкало-Витимская складчатая система.

1.2.3.1 Обоснован раннегерцинский этап геологического развития Байкало-Витимской складчатой системы (БВСС) [Минина и др., 2016]. На основе анализа формационных рядов, отражающих стадии развития ранних герцинид БВСС, выявлены отдельные этапы развития тектонических структур в верхнем палеозое, установлены связи между геодинамической историей развития палеобассейна и типами выполняющих его осадочных комплексов, в соответствии с рисунком 1.6.



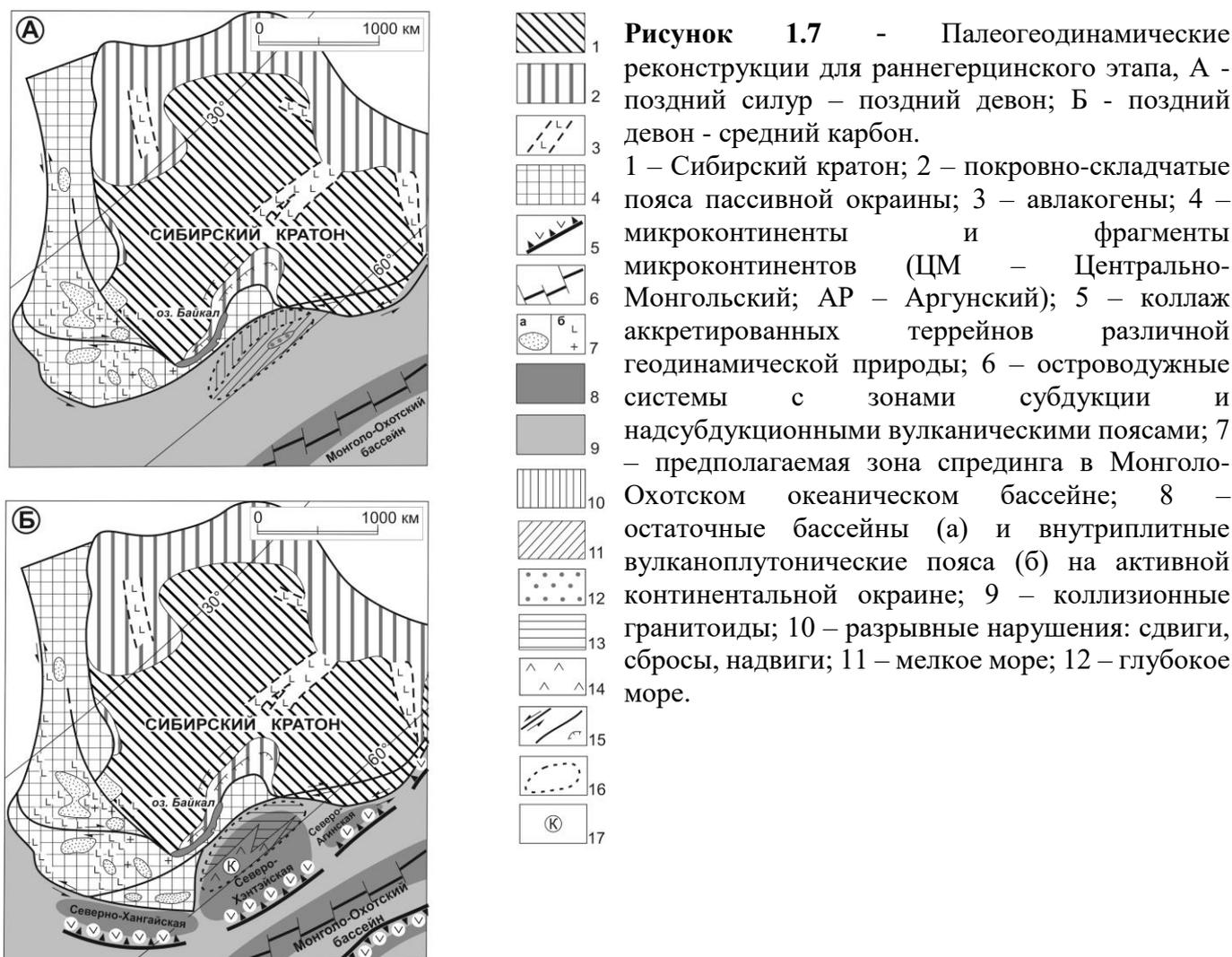
**Рисунок 1.6** - Схема соотношения формаций верхнего палеозоя Байкало-Витимской складчатой системы по простиранию главных тектонических структур

1 – известняки; 2 – доломиты; 3 – алевропелиты; 4 – алевролиты; 5 – переслаивание аргиллитов, алевропелитов кремнистых с прослоями туфов, туффитов; 6 – песчаники полимиктовые; 7 – песчаники и конгломераты известковистые; 8 – терригенно-вулканогенные породы; 9 – микститовые комплексы; 10 – конгломераты; 11 – базальты, андезибазальты; 12 – риолиты, трахириолиты; 13–15 – отложения: 13 – докембрия, 14 – венда-кембрия, 15 – ордовика-силура; 16–21 – формации: 16–18 – пассивной континентальной окраины: 16 – известняково-доломитовая и сланцево-известняковая, 17 – песчано-алевролитовая, 18 – известковистых конгломератов и песчаников; 19, 20 – активной континентальной окраины: 19 – флишеидная, 20 – терригенно-вулканогенная; 21 – конгломерато-песчано-сланцевая; 22 – вулканогенная и молассоидная формации поздних герцинид; 23 – границы формаций; 24 – номера разрезов

Литолого-стратиграфические и пространственно-временные соотношения осадочных и вулканогенно-осадочных комплексов (формационный состав)

раннегерцинского этажа позволили объединить их в три формации, являющиеся индикаторами основных геодинамических режимов первой половины позднего палеозоя.

Установлено, что в силуре (?) – начале среднего карбона в северо-восточной части (в современных координатах) Западного Забайкалья существовал единый палеобассейн, формировавшийся в условиях последовательно меняющихся геодинамических обстановок пассивной и активной континентальных окраин, связанных с Монголо-Охотским бассейном, в соответствии с рисунком 1.7.



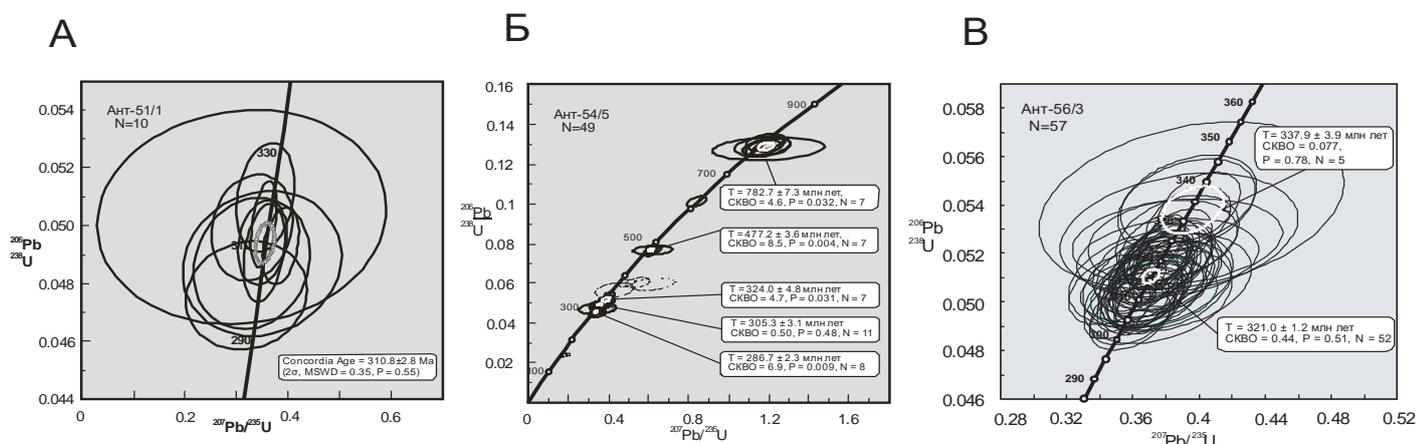
### 1.2.3.2 Витимкан-Ципинская зона. Багдаринская подзона.

Получены новые изотопно-геохронологические данные (U-Pb <sup>40</sup>, Ag-<sup>39</sup>Ag и Rb-Sr методами) по различным типам позднепалеозойских гранитоидов Витимкан-Ципинской зоны (Ципиканский блок).

В пределах северо-восточной части территории распространения Ангаро-Витимского батолита выявлена ассоциация типично интрузивных субщелочных высококалиевых, а также

низкощелочных низко-и умереннокалиевых однородных и гнейсовидных гранитоидных фаций в парагенезисе с субщелочными высоко- и весьма высококалиевыми (шошонит-латитовыми) базит-андезитоидными магмами с редкоэлементной спецификой. По геохимическим особенностям гранитоиды отвечают составу пород средних типов земной коры, которые соответствуют островодужным образованиям. При этом некоторые из низкощелочных гранитоидов района соответствуют породам обстановки [Антонов, Травин, 2016].

На основании изотопно-хронологического U-Pb анализа состава цирконов гранитоидов и габброидов Ципиканского блока впервые выявлено 5 возрастных пиков магматической деятельности на этой территории в интервалах от рифея до раннего мела, соответствующие возрасту и основным этапам метаморфизма, в соответствии с рис. 1.8 [Доронина и др., 2016].



**Рисунок 1.8** - Хронологические U-Pb изотопные диаграммы с конкордией для цирконов из гранитов оз. Баунт (А), гнейсогранитов р.Ушма (Б) и габброидов руч. Сивак.

При этом основной этап гранитообразования (338-287 млн лет –  $S_1$ - $P_1$ ), с предшествующим ему близковозрастным этапом габброидного магматизма (338-321 млн лет-  $S_1$ ), приходится здесь на позднепалеозойское время. Изотопные значения  $\delta^{18}\text{O}$  для кварца и для валовых проб всех основных типов гранитоидов (13 проб) Ципиканского блока имеют высокие значения (в основном 10,2-12,5). В результате исследований изотопного  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  состава породообразующих минералов позднепалеозойских субщелочных и автохтонных низкощелочных гранитоидов (U-Pb возраст 310 млн лет,  $S_2$ ), по полевым шпатам установлены значения 154-190 млн лет (от ранней до поздней юры), а из автохтонных гнейсогранитов Ушминского массива - 214±3,4 млн лет, биотиты последнего датированы в 238±3 млн лет (от среднего триаса до поздней юры).

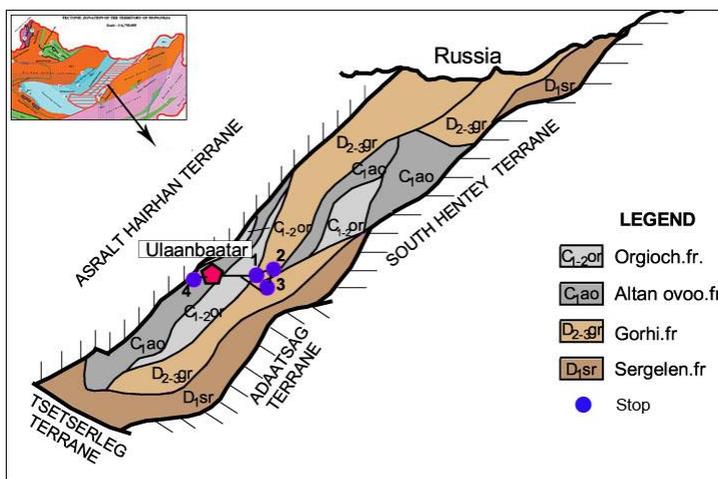
#### 1.2.4 Яблоново-Малханский хребет.

Получены новые изотопно-геохимические (ICP MS, Rb-Sr, Sm-Nd) данные по островодужным габброидным массивам ингодинского интрузивного комплекса среднего - позднего палеозоя. При проведении полевых исследований выявлено, что ультраосновные породы представляют собой не

дайки, а горизонты, прослои и линзы ритмично расслоенной серии массива. Между всеми разновидностями пород массива наблюдаются постепенные переходы. С повышением основности пород (от габбро к перидотитам) постепенно снижается содержание  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  и  $\text{Na}_2\text{O}$  постепенно возрастает содержание  $\text{MgO}$  и, незначительно,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Количество  $\text{K}_2\text{O}$  и  $\text{TiO}_2$  почти не меняется. Минералогически это объясняется уменьшением количества плагиоклаза до полного его исчезновения и увеличением количества оливина. Незначительные изменения содержания железа и титана в породах - постоянным присутствием магнетита и титаномагнетита. Для дунитов характерны слабо дифференцированные графики распределения лантаноидов при величине отношения  $\text{La}/\text{Yb}_N=1.24 - 1.95$ . Спектры редкоземельных элементов в габброидах характеризуются преобладанием легких и средних лантаноидов над тяжелыми при величине отношения  $\text{La}/\text{Yb}_N= 4.7-23.38$ . Во всех разновидностях отмечается положительная европиевая аномалия  $\text{Eu}/\text{Eu}^*=0.10 - 4.04$ . Практически идентичный график распределения лантаноидов характерен для анортозитов расслоенной серии ( $\text{La}/\text{Yb}_N=13.76$ ,  $\text{Eu}/\text{Eu}^*=5.55$ ), однако общий уровень нормированных содержаний лантаноидов в этих породах значительно ниже. Отношение  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  в породах массива – 0.512813,  $\epsilon\text{Nd}(T) = 3.41$ ,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} - 0.703644$ .

#### 1.2.5 Северная Монголия. Хангай-Хэнтэйская мегазона.

Продолжено изучение коллажа террейнов в пределах Хангай-Хэнтэйской мегазоны Северо-Монгольской складчатой системы [Tomurtogoo O., 2003]. Наши исследования были сосредоточены в пределах Улаанбааторского террейна, в соответствии с рисунком 1.9.



**Рисунок 1.9** Схема тектонического строения Хангай-Хэнтэйской мегазоны.

В Улаанбаатарском террейне распространены морские кремнисто-терригенными породы, входящие в состав хэнтэйской группы. В стратиграфическом отношении последняя подразделяется на 4 формации (см. рис. 1.9). Новые данные получены нами по формациям Горхи и Алтановоо, распространенным в бассейне р. Туул. По комплексам миоспор и единичным фрагментам растений нами определен раннекаменноугольный, турнейско-визейский возраст терригенных пород формации Горхи. Изотопные исследования детритовых цирконов в последних показали преобладание цирконов с возрастом 340-330 млн л (нижний карбон, визе-серпухов) [Ruppen D. et al., 2013]. Эти отложения прорваны базальтами с возрастом (Ar-Ar метод, Травин

В.А.) в  $180 \pm 8$  млн лет (нижняя юра). Установлено, что горизонты и линзы пелагических и гемипелагических кремней, глинисто-кремнистых пород, мелководных известняков представляют собой олистолиты и содержат разновозрастные ( $S_2$ ,  $D_{1e}$ ,  $D_2$ ,  $D_{3f}$  и  $fm$ ) комплексы радиолярий, конодонтов, криноидей, миоспор [Kurihara et al., 2009; Минина и др., 2016], возраст океанических базальтов определен в 375 млн лет (Ar-Ar метод, неопубликованные данные монгольских геологов). Среди терригенных пород описаны олистостромы (тела хаотических брекчий), вероятнее всего, осадочно-оползневого происхождения. Терригенные отложения формации Алтановоо по литологическому составу и возрасту аналогичны терригенным породам формации Горхи и замещает их по простиранию.

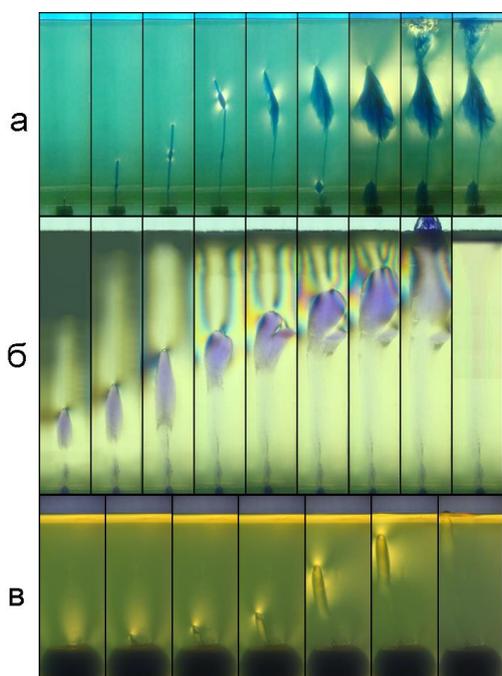
По нашему мнению, исследованный фрагмент разреза формации Горхи представляет собой пакет тектонического переслаивания разновозрастных и генетически разнородных пород (пелагических, гемипелагических и окраинноокеанических, сформировавшихся в различных палеогеодинамических обстановках. Четко различаются две категории породных комплексов: первая турбидитовые и микститовые раннекаменноугольные отложения формаций Горхи и Алтановоо), вторая - более древние (от силура до верхнего девона) океанические базальты, ассоциирующие с ними известняки и черные кремнисто-глинистые алевропелиты (кремнистые сланцы) и океанические кремни. Породы второй категории залегают в виде разных по размеру и возрасту пластин и блоков на различных стратиграфических уровнях среди турбидитов [Минина и др., 2016].

Мы предполагаем, что породные комплексы, слагающие формацию Горхи, представляют собой аккреционные образования. Подобные комплексы широко распространены и изучены в Сихотэ-Алине [Ханчук и др., 1988, Кемкин, Филиппов, 2002 и др.]. Строение их представляет собой многократное тектоническое "переслаивание" разновозрастных и генетически разнородных пород, сформировавшихся в различных геодинамических обстановках и совмещенных позднее в единый разрез в результате значительных горизонтальных перемещений, обусловленных субдукцией океанической литосферы Монголо-Охотского океана. Учитывая вышеизложенные данные, можно предположить, последовательность аккреции участков океанической плиты - раннесилурийских, ранне-, средне- и верхнедевонских (фран и фамен), и время аккреции как ранне-средне(?)каменноугольное. Эти данные согласуются с представлениями о том, что Хангай-Хэнтэйская мегазона в настоящее время рассматривается как аккреционная призма северной континентальной окраины Монголо-Охотского океана [Томуртоого, 2005; Гордиенко и др., 2016].

1.2.6 Разработана модель формирования флюидных резервуаров в процессе дегидратации субдуцирующей океанической плиты и миграции флюида в мантийный клин с выплавлением островодужных магм. Показано, что дегидратация серпентина и других водосодержащих фаз дает

до 4.3 мас. % свободного водного флюида. Вдоль плиты определились три области дегидратации на глубинах 25–35 км (до 4.308 масс. % свободного флюида), 40–50 км (до 2.866 масс. %) и протяженная область от 60 до 120 км с постепенным увеличением содержания свободного флюида от ~1 до 3.383 масс. %. Причем между первой и второй областями содержание свободного флюида уменьшается до 0.991 масс. %, а между второй и третьей – до полного исчезновения на глубинах ~50–60 км. Расчетные минеральные парагенезисы позволяют интерпретировать первую область как область дегидратации преимущественно глинистых минералов и слюд (иллитов, хлоритов и т.п.) и начала дегидратации серпентинов, вторую – как область завершения дегидратации серпентинов и появления волластонита, третью – как область постепенно нарастающей дегидратации амфиболов, смены их пироксенами и появления оливинов.

При данных соотношениях породы и свободного флюида количества последнего достаточно для формирования трещинных резервуаров, которые при достижении критического объема могут прорваться по механизму описанному нами ранее в вышележащий мантийный клин, где они могут вызвать выплавление островодужных магм. Концептуальный механизм миграции флюидов предложенный нами [Жатнуев, 2012, 2016] подтвержден аналоговыми экспериментами на желатиновых моделях. Показано, что в зависимости от состава флюида (флюид взаимодействующий или не взаимодействующий со средой) миграция его может происходить по



разному. В одних случаях флюид «растворяется» в среде и скорость подъема снижается вплоть до остановки. В случае отсутствия взаимодействия флюид может прорываться до поверхности. Водный флюид в мантийном клине может взаимодействовать с породой и вызывает плавление и формирование магматических резервуаров, в соответствии с рис. 1.10.

**Рисунок 1.10** - Аналоговые модели подъема флюидных полостей в желатиновом студне.

а) подъем флюида не взаимодействующего с желатиновой матрицей («флюид» дизельное топливо); б) подъем флюида частично взаимодействующего с желатиновой матрицей (водный раствор этанола); в) подъем флюида интенсивно взаимодействующего с желатиновой матрицей (чистый этанол).

Видно, что в случае отсутствия взаимодействия (в) «флюид» без потери объема поднимается до поверхности, в случае частичного взаимодействия (б) «флюидная» полость начинает отделять

«апофизы», но тем не менее подъем происходит без значительных потерь. В случае (а) флюид интенсивно взаимодействует с матрицей и скорость подъема очень сильно снижается.

### **1.3. Основные результаты фундаментальных исследований по проекту VIII.66.1.6. Геодинамическая эволюция субдукционного магматизма и окраинноморского осадконакопления Монголо-Забайкальского сектора Палеоазиатского и Монголо-Охотского океанов за период 2013-2015 гг.**

1. Разработаны модели геодинамической эволюции Центрально-Азиатского и Монголо-Охотского складчатых поясов в области их пространственного сопряжения в позднем рифее, нижнем и верхнем палеозое.

1.1 На основе теории литосферных плит и террейнового анализа рассмотрено геодинамическое развитие Байкальской горной области (БГО) в позднем рифее и венде-кембрии [Булгатов, 2015]. Дана характеристика позднерифейских террейнов: кратонных, турбидитовых океанических, островодужных, а также коллизионно-аккреционных комплексов и структур. В геодинамической эволюции Байкало-Патомского позднерифейского окраинного морского бассейна выделены океаническая (1000-850 млн лет), островодужная (850–800 млн лет), коллизионно-аккреционная (800-630 млн лет) стадии. С использованием геологических и сейсмических данных обосновано движение Сибирского кратона на юг (в современных координатах), его поддвиг под складчатые комплексы Хамар-Дабана и Восточного Саяна и горизонтальное смещение БГО на север. Установлено, что в венде-раннем палеозое в северной части БГО существовал Бирамьино-Янгудский рифтогенный морской бассейн. Остальная часть ее территории представляла собой сушу.

1.2 На примере Джидинской островодужной системы Палеоазиатского океана установлены основные этапы геодинамической эволюции в венде - нижнем палеозое океанического, островодужного и аккреционно-коллизионного магматизма от заложения крупного океанического бассейна с формированием в венде-нижнем кембрии симаунтов, зоны субдукции с базальт-бонинитовым вулканизмом и надсубдукционным известково-щелочным плутонизмом до тектонического сучивания, внедрения в позднем кембрии – начале ордовика коллизионных гранитоидов и образования горно-складчатого орогена [Гордиенко и др., 2014, 2015; Гордиенко, Метелкин, 2016; Елбаев и др., 2016].

1.3 Получены новые геологические и петролого-геохимические данные по вулканогенным образованиям Удино-Витимской островодужной системы (УВОС) Палеоазиатского океана. Определены специфика составов вулканогенных пород на наличие «субдукционной компоненты», выявлена поперечная вещественная зональность в близковозрастных продуктах магматизма с

«островодужной меткой», определены масштабы этой зональности. Поперечная геохимическая зональность вулканитов УВОС однозначно прослеживается по содержанию  $K_2O$  при примерно равной кремнекислотности с юго-востока на северо-запад в современных координатах. Во фронтальной части УВОС в пределах Еравнинской ВТС распространены низкокалиевые вулканиты, далее в Олдындинской ВТС – умереннокалиевые базальты и андезиты, а в тылу УВОС в Кыджимтской ВТС находятся вулканические породы, относящиеся к высококалиевой серии [Ланцева, 2014, 2016]. Поперечная зональность раннекембрийской островной дуги хорошо сопоставляется с подобной геохимической зональностью современной Курило-Камчатской островной дуги и связана с глубиной погружения и плавления субдуцируемой океанической плиты [Гордиенко и др., 2013, 2015; Гордиенко, Метелкин, 2016].

2. Проведены исследования в пределах Центрального Забайкалья и Северной Монголии. Эти территории входят в область сопряженного развития Центрально-Азиатского и Монголо-Охотского складчатых поясов. В пределах Центрального Забайкалья и Северной Монголии установлены фрагменты ордовикской океанической коры и получены новые данные о формировании Куналейского и Онон-Кулиндинского океанических бассейнов. В западной части Куналейского прогиба (Центральное Забайкалье) и Западном Хэнтэе (Северная Монголия) изучены метапороды куналейской турбидитово-флишевой свиты условно нижнепалеозойского возраста. Установлено, что метаамфиболиты и ортосланцы свиты являются метаморфизованными океаническими базальтами, габбро и габбро-долеритами. Возраст даек и силлов габбро-долеритов определен в  $450 \pm 2$  -  $484 \pm 2$  млн лет (ранний ордовик). Тела метаэффузивов улелейской свиты (Зачикойский синклиорий) датированы в  $490 \pm 4$  млн лет (поздний кембрий-ранний ордовик). Эти данные позволяют отнести эти отложения к основанию Куналейского прогиба океанического типа и параллелизовать с аналогичными породами Онон-Кулиндинского океанического бассейна Восточного Забайкалья, U-Pb изотопный возраст которых составляет  $476 \pm 5$  млн лет (ранний ордовик) [Гордиенко и др., 2012, Гордиенко и др., 2016]. Формирование Куналейского и Онон-Кулиндинского океанических бассейнов завершилось к концу ордовика образованием аккреционно-коллизонной структуры региона, что подтверждается внедрением в это время крупных массивов гранитоидов [Югальский, Киркоротский и др.] в Даурском ареал-плутоне с U-Pb возрастом 472 и 456-458 млн лет.

3. Проведены петролого-геохимические и изотопно-геохронологические исследования Шарагольского и Ингодинского габброидных ареалов (Шарагольский, Урлукский, Альбитуйский, Ингодинский, Малангинский массивы) верхнепалеозойского возраста в Центральном Забайкалье. Установлена первичная расслоенность массивов и их принадлежность к пироксенит-габбровому формационному типу, сформированному во внутриплитных условиях. Определен возраст габбро

Шарагольского массива который по цирконам (U-Pb методом, Т.Б. Баянова) составляет 330 млн лет и по амфиболу ( $^{39}\text{Ar}$ - $^{40}\text{Ar}$  методом А.В. Травин) - возраст плато  $239.8 \pm 2.8$  млн лет [Бадмацыренова и др., 2014]. Возраст габбро-троктолитов Ингодинского массива определен U-Pb методом (SHRIMP) по цирконам и составляет  $440 \pm 20$  млн. лет.

4. Разработана предварительная комплексная модель геодинамической эволюции Центрально-Азиатского и Монголо-Охотского складчатых поясов в области их пространственного сопряжения - от закрытия Монголо-Забайкальского сектора Палеоазиатского океана в ордовике и формирования на его месте структур Центрально-Азиатского пояса, последующего заложения и развития во второй половине силура и девоне Хэнтэй-Даурско-Агинских спрединговых океанических бассейнов с активными окраинами, островными дугами и краевыми бассейнами до формирования на их месте в верхнем карбоне, перми и раннем мезозое зон седиментации, вулканизма, сводово-глыбового и внутриплитного магматизма Монголо-Охотского складчатого пояса [Гордиенко и др., 2016].

5. Проведена оценка перспектив Курбино-Еравнинского рудного района с учётом результатов его геофизического моделирования. По степени изученности и перспективности рудный узел разделен на 13 рудных полей, в пределах которых выделен 61 участок различной перспективности. В результате комплексных геолого-геофизических исследований установлено, что Курбино-Еравнинский рудный район Западного Забайкалья является одним из крупнейших центров экономического развития Восточной Сибири. Он сформировался в венде-кембрии в условиях Удино-Витимской островодужной системы. В пределах рудного района наиболее крупной является Еравнинская ВТС, включающая Озёрнинский рудный узел, в котором сосредоточены основные запасы полиметаллических руд, являющихся ведущими для рудного узла. Здесь выявлено семь месторождений, в том числе, уникальное Озерное колчеданно-полиметаллическое месторождение [Гордиенко, Нефедьев, 2015].

6. Детально изучена структура и вещественный состав разведанных в последнее время месторождений и проявлений рудного золота в Окинском рудном районе, что позволило обосновать генетическую и парагенетическую связь рудообразования с активной вулканической деятельностью в неопротерозое, нижнем и верхнем палеозое, пересмотреть существовавшие ранее представления об исключительной связи золотого оруденения с гранитными интрузиями и выделить несколько дополнительных этапов формирования, связанных с островодужным и плюмовым магматизмом. Тем самым проследить и доказать длительную эволюцию золотого оруденения от неопротерозоя до среднего и верхнего палеозоя и оценить масштабы и перспективы освоения месторождений юго-восточной части Восточного Саяна [Гордиенко и др., 2016].

7. Изучен изотопный состав кислорода в породообразующих минералах верхнерифейского Метешихинского перидотит-габбрового массива. Изотопный состав кислорода со значением  $\delta^{18}\text{O}$  для всех минералов из пород массива, образовавшихся на различных стадиях кристаллизации магмы, колеблется в узких пределах от +5.0 до +6.4, отвечающих мантийно-магматическому интервалу изотопных меток кислорода. Становление массива связано с процессами формирования Метешихинской островодужной системы в верхнем рифее в условиях активной окраины Сибирского континента. Значения величины  $\delta^{18}\text{O}$  (от +5.0 до +6.4) в изученных минералах соответствуют мантийно-магматическим изотопным меткам кислорода [Орсов др., 2015].

8. Впервые палеонтологически обоснован позднедевонский возраст ципиканской толщи (мощностью более 4000 м), ранее относившейся к верхнему рифею. По палинологическим данным толща датирована франским веком позднего девона. Миоспоры установлены по всему разрезу и подтверждают вертикальную последовательность пачек, определяя нижнефранское время накопления второй, среднефранское для третьей и позднефранское для четвертой пачек [Доронина и др., 2015].

9. Разработаны экспериментальные и компьютерные модели формирования магматических очагов в мантии под воздействием нижнемантийных плюмов, формирования магматических систем в литосфере островных дуг с учетом пластично-хрупкого перехода. Теоретически обоснован и экспериментально проверен механизм прорыва магм из материнских очагов, заключающийся в достижении в них критического избыточного давления ( $P_{кр.}$ ), превышающего прочность вмещающих пород. Разработаны физико-химические и динамические модели зон субдукции. Основным результатом динамического моделирования явились расчетные минеральные парагенезисы с водным раствором и газовой фазой всех подсистем модели, лежащих выше погружающейся плиты. Создана концептуальная физико-химическая модель формирования и эволюции магматогенных систем зон субдукции, включающая процессы выплавления магм и растворения-отложения вещества на геохимических барьерах пластично-хрупкого перехода земной коры [Жатнуев, 2016].

## Заключение

Основные результаты, проведенных исследований в соответствии с целью и задачами проекта за 2013-2016 годы, сводятся к следующему:

1. Проведены палеогеодинамические реконструкции и разработаны модели геодинамической эволюции Центрально-Азиатского и Монголо-Охотского складчатых поясов в области их пространственного сопряжения в позднем рифее, нижнем и верхнем палеозое.

2. Получены новые геологические и петролого-геохимические данные по вулканогенным образованиям Джижинской и Удино-Витимской островодужных систем Палеоазиатского океана. Определены специфика составов вулканогенных пород на наличие «субдукционной» компоненты, выявлена поперечная вещественная зональность в близковозрастных продуктах магматизма с «островодужной меткой», определены масштабы этой зональности.

3. В пределах Центрального Забайкалья и Северной Монголии установлены фрагменты ордовикской и силурийско-девонской океанической коры и получены новые данные о формировании Куналейского и Онон-Кулиндинского океанических бассейнов. Установлено, что Улаанбаторский террейн Северной Монголии представляет собой пакет тектонического переслаивания разновозрастных и генетически разнородных пород, сформировавшихся в различных палеогеодинамических обстановках, представленных чередованием пелагических и гемипелагических отложений и терригенных (окраинноокеанических) пород. Мы считаем, что породные комплексы формации, представляют собой аккреционные образования.

4. Проведена оценка перспектив Курбино-Еравнинского и Окинского рудного района с учётом результатов их геофизического моделирования.

5. Изучен изотопный состав кислорода в породообразующих минералах верхнерифейского Метешихинского перидотит-габбрового массива Северного Забайкалья. Становление массива связано с процессами формирования Метешихинской островодужной системы в верхнем рифее в условиях активной окраины Сибирского континента.

6. Разработаны компьютерные модели формирования магматических систем в литосфере с образованием островных дуг с учетом пластично-хрупкого перехода.

В результате выполнения проекта уточнены источники и генетические модели магматических и седиментологических процессов как индикаторов субдукционных, аккреционно-коллизионных, океанических геодинамических обстановок, ответственных за структурно-вещественную и деформационную трансформацию литосферы Монголо-Забайкальского региона Центральной Азии. С учетом новых материалов проведены палеогеодинамические реконструкции и разработаны модели геодинамической эволюции тектонических структур исследованного региона.

На базе данных, полученных путем численного и экспериментального моделирования, создана концептуальная физико-химическая модель формирования и эволюции магматических систем зон субдукции, включающая процессы выплавления магм и растворения-отложения вещества на геохимических и реологических барьерах в земной коре.

Полученные в ходе выполнения проекта материалы обобщены в виде научного отчета и опубликованы в печати в виде научных статей в рецензируемых журналах. Они внесут существенный вклад в создание разномасштабных геологических, тектонических и металлогенических карт нового поколения и могут быть использованы при поисково-разведочных и тематических работах. Новые данные позволяют по-новому подойти к пониманию роли неопротерозойского и палеозойского субдукционного магматизма и осадконакопления в развитии Палеоазиатского и Монголо-Охотского океанов и образованных на их месте Центрально-Азиатского и Монголо-Охотского складчатых поясов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пейве А.В., Штрейс Н.А., Моссаковский А.А. и др. Палеозоиды Евразии и некоторые вопросы эволюции геосинклинального процесса // Сов. геология. 1972. №12. С. 7-25.
2. Зоненшайн Л.П. Реконструкция палеозойских океанов // Дрейф континентов. М.: Наука, 1976. С. 28-71.
3. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натапов Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР, / В 2-х кн. М.: Недра, 1990.- Кн.1. 327 с. Кн.2. 334 с.
4. Хаин В.Е. Тектоника континентов и океанов. М.: Науч. мир. 2001. 604 с.
5. Богатиков О.А., Коваленко В.И., Шарков Е.В. Магматизм, тектоника, геодинамика Земли. Отв. ред. В.В. Ярмолук. М.: Наука, 2010. 604 с.
6. Добрецов Н.Л. Петрологические, геохимические и геодинамические особенности субдукционного магматизма // Петрология. 2010. Т. 18. № 1. С. 88-110.
7. Добрецов Н.Л. Основы тектоники и геодинамики: Учеб. Пособие / Новосиб. Гос. ун-т. Новосибирск: изд-во НГУ, 2011. 492 с.
8. Tectonic Map of Northern-Central-Eastern Asia and Adjacent areas. Scale 1:2500000. Editors-in-chief: O.V. Petrov, YU.G. Leonov, Li Tingdong, O. Tomurtogoo. In the content of author's collective: A.N. Vulgatov, I.V. Gordienko. Картфабрика ВСЕГЕИ. Санкт-Петербург, 2014. На 15 листах.
9. Гордиенко И.В. Металлогения различных геодинамических обстановок Монголо-Забайкальского региона // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2014. № 3. Ч. 1. С.7-13.
10. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И. Палеогеодинамика. М., Наука, 1993, 192 с.
11. Федотова А.А., Хаин В.Е. Тектоника юга Восточного-Саяна и его положение в Урало-Монгольском поясе. М.: Научный мир, 2002.
12. Гордиенко И.В. Эволюция органического мира на Земле в связи с историей геологического развития // Развитие жизни в процессе абиотических изменений на Земле. Материалы III Всероссийской научно-практической конференции (пос. Листвянка, Иркутская область, 23-30 сентября 2014 г.) (отв. редактор: О.Т. Русинек). - Иркутск: Изд-во Института географии им. З.Б. Сочавы СО РАН, 2014. С.49-57.
13. Гордиенко И.В. Геодинамическая эволюция поздних байкалид и палеозоид складчатого обрамления Сибирской платформы // Геология и геофизика. 2006. Т. 47. № 1. С. 53 - 70.
14. Гордиенко И.В., Миронов А.Г. Геодинамическая и металлогеническая эволюция Забайкалья в позднем рифее - палеозое // Отечественная геология. 2008. № 3. С. 46 - 57.
15. Кузьмичев А.Б. Тектоническая история Тувино-Монгольского массива: раннебайкальский, позднебайкальский и раннекаледонский этапы. М.: Пробел-2000, 2004.

16. Метелкин Д.В. Эволюция структур Центральной Азии и роль сдвиговой тектоники по палеомагнитным данным. Ред. Верниковский В.А. Новосибирск: Ин-т нефтегаз. геол. и геофиз. СО РАН, 2012.
17. Maruyama S., Sawaki Y., Ebisuzaki T., Ikoma M., Omori S., Komabayashi T. Initiation of leaking Earth: An ultimate trigger of the Cambrian explosion // *Gondwana Res.* 2014.V. 25. P. 910–944.
18. Гордиенко И.В., Рошкетаяев П.А., Гороховский Д.В. Окинский рудный район Восточного Саяна: геологическое строение, структурно-металлогеническое районирование, генетические типы рудных месторождений, геодинамические условия их образования и перспективы освоения // *Геология рудных месторождений.* 2016. № 5. С. 405-429.
19. Гордиенко И.В., Метелкин Д.В. Эволюция субдукционного магматизма на неопротерозойской и венд-раннепалеозойской активных окраинах Палеоазиатского океана // *Геология и геофизика.* 2016. Т.57. №1. С.91-108.
20. Колотилина Т.Б., Мехоношин А.С., Орсов Д.А. Распределение элементов платиновой группы в сульфидных рудах ультрабазитовых массивах центральной части Восточного Саяна (юг Сибири, Россия) // *Геология рудных месторождений,* 2016, № 1, с. 23-40.
21. Гордиенко И.В., Филимонов А.В., Минина О.Р., Горнова М.А., Медведев А.Я., Климук В.С., Елбаев А.Л., Томуртоого О. Джидинская островодужная система Палеоазиатского океана: строение и основные этапы геодинамической эволюции в венде-палеозое // *Геология и геофизика,* 2007. Т.48. №1. С. 120-140.
22. Баянов В.Д. Геологическое строение и полезные ископаемые западной части бассейна р. Джиды. Отчет Дабанской партии о результатах ГСР-50 за 1984-92 гг. Лист М-48-А. Бурятгеология, Улан-Удэ, 1992.
23. Филимонов А.В. Геологические формации и формационные ряды палеозоя Юго-Западного Забайкалья (условия формирования и геодинамическая интерпретация) // Автореферат дис. ... канд. геол.-мин. наук, Иркутск, 2003, 24 с.
24. Елбаев А.Л., Гордиенко И.В., Бадмацыренова Р.А., Баянова Т.Б., Зарубина О.В., Дашиев Б.Б. Природа и возраст базит-гипербазитового Бугуриктайского массива (Джидинская зона, Юго-западное Забайкалье) // *Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту).* Материалы научного совещания. Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2016, с. 91-93.
25. Елбаев А.Л. Вещественный состав и возраст Бугуриктайского массива (Джидинская зона, Юго-Западное Забайкалье) // *Материалы международной молодежной конференции.* Улан-Батор. 2016. С.

26. Балыкин П.А. Формационные типы перидотит-габбровых массивов и состав их исходных расплавов // автореферат дис.доктора геол.-мин. наук, Новосибирск, 2002, 44 с.
27. Баянова Т.Б., Корфу Ф., Тодт В., Поллер У., Левкович Н.В., Апанасевич Е.А., Жавков В.А. Гетерогенность стандартов 91500 и TEMORA-1 для U-Pb датирования единичных цирконов // XVIII симпозиум по геохимии изотопов имени академика А.П. Виноградова. Москва: ГЕОХИ, 2007. С. 42-43.
28. Гордиенко И.В., Гороховский Д.В., Елбаев А.Л., Баянова Т.Б. Новые данные о возрасте раннепалеозойского габброидного и гранитоидного магматизма Джидинской зоны каледонид (Юго-Западное Забайкалье, Северная Монголия) // Доклады Академии наук. 2015. Т. 463. № 5. С. 576-580.
29. Гордиенко И.В. Палеозойский магматизм и геодинамика Центрально-Азиатского складчатого пояса. - М.: Наука, 1987, 237 с.
30. Кузьмин М.И., Гордиенко И. В., Альмухамедов А.И., Антипин В.С., Баянов В.Д., Филимонов А.В. Палеоокеанические комплексы Джидинской зоны каледонид (Юго-Западное Забайкалье) // Геология и геофизика, 1995, № 1, с. 3-18.
31. Альмухамедов А.И., Гордиенко И.В., Кузьмин М.И., Томуртоого О., Томурхуу Д. Джидинская зона – фрагмент Палеоазиатского океана // Геотектоника, 1996, № 4, с. 25-42.
32. Гордиенко И.В., Ковач В.П., Елбаев А.Л., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Резницкий Л.З., Яковлева С.З., Анисимова И.В. Возраст и условия формирования коллизионных гранитоидов Джидинской зоны Центрально-Азиатского складчатого пояса, Юго-Западное Забайкалье // Петрология, 2012, т. 20, № 1, с. 45-65.
33. Елбаев А.Л. Раннеордовикский гранитоидный магматизм Джидинской зоны каледонид (Юго-Западное Забайкалье) // автореферат дис. канд. геол.-мин. наук, Улан-Удэ, 2013, 18 с.
34. Арт Дж.Г. Некоторые элементы-примеси в трондьемитах – их значение для выяснения генезиса магмы и палеотектонических условий // Трондьемиты, дациты и связанные с ними породы. М.: Мир, 1983, с. 99-105.
35. Drummond M.S., Defont M.J. Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere. Nature, 1990, v. 347, p. 662-665.
36. Туркина О.М. Модельные геохимические типы тоналит-трондьемитовых расплавов и их природные эквиваленты // Геохимия, 2000, № 7, с. 704-717.
37. Гордиенко И.В., Гороховский Д.В., Елбаев А.Л., Баянова Т.Б. Новые данные о возрасте раннепалеозойского габброидного и гранитоидного магматизма Джидинской зоны каледонид (Юго-Западное Забайкалье, Северная Монголия) // Доклады академии наук, 2015. Т. 463. №5. С. 576-580.

38. Гороховский Д.В., Елбаев А.Л., Якимов Т.С. Петрология и геодинамическая природа вендских плагиогранитов Джидинской зоны (Юго-Западное Забайкалье) // Материалы совещания «Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского складчатого пояса. Вып. 14. Иркутск: ИЗК СО РАН. 2016. С. 55-57.
39. Sajona F.G., Mauri R.C., Bellon H., Cotten J., Defant M.J., Pubellier M. Initiation of subduction and the generation of slab melts in western and the eastern Mindanao, Phillipines. *Geology*, 1993, v. 21, p. 1007-1010.
40. 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*, №3, 2016. С. 63-84.
41. Антонов А.Ю., Травин А.В. К вопросу о масштабах палеозойского и мезозойского гранитоидного магматизма и составах его продуктов в пределах Хилок-Витимского складчатого пояса Центрального Забайкалья // *Тихоокеанская геология*, 2016, Т.35, №2. С. 29-48.
42. Доронина Н.А., Антонов А.Ю., Минина О.Р. Последовательность геологических событий в ципиканском блоке Западного Забайкалья на основе новых палеонтологических и геохронологических данных // Материалы совещания «Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского складчатого пояса (от океана к континенту). Вып. 14. Иркутск: ИЗК СО РАН. 2016. С. 85-87.
43. Цыганков А.А. Позднепалеозойские гранитоиды Западного Забайкалья: Последовательность формирования, источники магм, геодинамика // *Геология и геофизика*, 2014, Т.55, №2. С. 197-227.
44. Tomurtogoo O. Tectonic Map of Mongolia at the scale of 1:1,000,000, and Tectonics of Mongolia (Brief explanatory notes to Tectonic Map of Mongolia at the scale of 1:1,000,000). Mineral Resources Authority of Mongolia. Ulaanbaatar. 2003.
45. Ruppen D., Knaf A., Bussien D., Winkler W., Chimedtsere A., Albrecht von Quadt Restoring the Silurian to Carboniferous northern active continental margin of the Mongol–Okhotsk Ocean in Mongolia: Hangay–Hentey accretionary wedge and seamount Collision. *Gondwana Research*. 2013. P 1 -18.
46. Kurihara T., Tsukada K., Otoh Sh., et al. Upper Silurian and Devonian pelagic deep-water radiolarian chert from the Khangai-Khentei belt of Central Mongolia: Evidence for Middle Paleozoic subduction-accretion activity in the Central Asian Orogenic Belt // *Journal of Asian Earth Sciences*. 2009. 34. P. 209-225.
47. Минина О.Р., Ариунчимэг Я, Гордиенко И.В., Ветлужских Л.И. Новые данные о возрасте палеозойских отложений Хангай-Хэнтэйской мегазоны Северной Монголии // Материалы совещания «Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского складчатого пояса (от океана к континенту). Вып. 14. Иркутск: ИЗК СО РАН. 2016. С. 199-201.

48. Ханчук А.И., Кемкин И.В., Панченко И.В. Геодинамическая эволюция юга Дальнего Востока в среднем палеозое - раннем мезозое // Тихоокеанская окраина Азии. Т. 1. Геология. М.: Наука, 1989. С. 218-255. Ханчук и др., 1988.
49. Кемкин И.В., Филиппов А.Н. Строение и условия образования Самаркинской аккреционной призмы Южного Сихотэ-Алиня // Геотектоника. 2002. Т. 36. № 5. С. 79-88.
50. Tomurtogoo, O., Windley, B.F., Kröner, A., Badarch, G., Liu, D.Y. Zircon age and occurrence of the Adaatsag ophiolite and Muron shear zone, central Mongolia: constraints on the evolution of the Mongol–Okhotsk ocean, suture and orogen. *Journal of the Geological Society of London* 162. 2005. P. 125–134.
51. Жатнуев Н.С., Санжиев Г.Д., Васильев В.И., Васильева Е.В. Трансмантийные (интрателлурические) флюиды и геодинамика // М-лы совещания «Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса. От океана к континенту» Вып. 10, т.1, Иркутск, 2012, с. 95.
52. Жатнуев Н.С. Трансмантийные (интрателлурические) флюиды: новая модель плюмов и плюмового магматизма // Геология и геофизика, 2016, т. 57, № 8, с. 1445—1454.
53. Булгатов А.Н. Геодинамика Байкальской горной области в позднем рифее и венде-палеозое. Науч. ред. И.В. Гордиенко. Новосибирск: Академ. Из-во «Гео», 2015. 191 с.
54. Ланцева В.С. Вулканизм Удино-Витимской зоны каледонид Западного Забайкалья (состав, возраст, геодинамические условия формирования). Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук. Улан-Удэ, 2014. 18 с.
55. Ланцева В.С. Вулканизм Удино-Витимской зоны Западного Забайкалья // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Материалы совещания. Вып. 14. – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2016. С. 171-172.
56. Бадмацыренова Р.А., Гордиенко И.В., Орсоев Д.А., Елбаев А.Л., Травин А.В. Новые данные о петролого-геохимическом составе и  $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$  возрасте Шарагольского габбрового массива (Забайкалье) // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). Материалы совещания. Вып. 12. Иркутск: ИЗК СО РАН. 2014. С. 24-25.
57. Гордиенко И.В., Нефедьев М.А. Курбино-Еравнинский рудный район Западного Забайкалья: геолого-геофизическое строение, типы рудных месторождений, прогнозная оценка и перспективы освоения // Геология рудных месторождений. 2015. т. 57. № 2. С. 114-124.
58. Орсоев Д.А., Мехоношин А.С., Гордиенко И.В., Бадмацыренова Р.А., Канакин С.В., Травин А.В., Волкова М.Г. Рифейский островодужный Метешихинский перидотит-габбровый массив (Западное Забайкалье) // Геология и геофизика. 2015. № 9. С. 1549-1571.

59. Доронина Н.А., Минина О.Р., Неберикутина Л.Н. Новые данные о возрасте ципиканской толщи Байкало-Витимской складчатой системы (Западное Забайкалье) // Вестник Воронежского университета, Серия геологическая, 2015, № 3, с. 17-21.

## Приложение А. Публикации по проекту за 2016 год.

Количество научных публикаций в журналах, индексируемых в российских и международных информационно-аналитических системах научного цитирования (Web of Science, Scopus, MathSciNet, Российский индекс научного цитирования, Google Scholar, European Reference Index for the Humanities и др.) по проекту за 2016 год:

1. **Гордиенко И.В.**, Метелкин Д.В. Эволюция субдукционного магматизма на неопротерозойской и раннепалеозойской активных окраинах Палеоазиатского океана // Геология и геофизика, 2016, т. 3. №1. С. 91-108.

<http://elibrary.ru/item.asp?id=25239707>

2. **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, №3, 2016. С. 63-84.

<http://elibrary.ru/item.asp?id=26068557>

3. **Антонов А.Ю.**, Травин А.В. К вопросу о масштабах палеозойского и мезозойского гранитоидного магматизма и составах его продуктов в пределах Хилок-Витимского складчатого пояса Центрального Забайкалья // Тихоокеанская геология, 2016, Т.35, №2, С. 29-48.

<http://elibrary.ru/item.asp?id=26097141>

4. **Жатнуев Н.С.** Трансмантийные (*интрателлурические*) флюиды: новая модель плюмов и плюмового магматизма // Геология и геофизика, 2016, т. 57, № 8, с. 1445—1454.

<http://elibrary.ru/item.asp?id=26459464>

5. Колотилина Т.Б., Мехоношин А.С., **Орсов Д.А.** Распределение элементов платиновой группы в сульфидных рудах ультрабазитовых массивов центральной части Восточного Саяна (юг Сибири, Россия) // Геология рудных месторождений. 2016. Т. 58. № 1. С. 23-40.

<http://elibrary.ru/item.asp?id=25308273>

6. Doroshkevich A.G., Sklyarov E.V., Starikova A.E., Vasiliev V.I., Ripp G.S., Izbrodin I.A., Posokhov V.F. Stable isotope (C, O, H) characteristics and genesis of the Tazheran brucite marbles and skarns, Olkhon region, Russia // Mineralogy and Petrology, 2016.

<http://link.springer.com/article/10.1007/s00710-016-0477-8>.

7. **Orsoev D. A.**, Kanakin S. V., Pakhomovsky Ya. A., Ushchapovskaya Z. F., Reznitsky L. Z. Mineral CuFe<sub>2</sub>S<sub>4</sub> from Sulfide Copper–Nickel Ores of the Lovnoozero Deposit, Kola Peninsula // Geology of Ore Deposits, 2016, Vol. 58, No. 7, pp. 63–69. <http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1689189> (Т 58 № 7 еще не добавлен)

Приложение Б. План НИР 2013-2016 гг.

Год	Содержание работы	Ожидаемый результат
2013	<p>Получить новые геологические, петролого-геохимические и изотопные данные по магматическим и осадочным образованиям ост-роводужных систем Монголо-Забайкальского сектора Палеоазиатского океана.</p> <p>Изучить процессы тепло-массопереноса и минералообразования в магматогенных системах зон субдукции и провести численное моделирование флюидных потоков.</p>	<p>Для выделенных островодужных систем (Джидинской, Удино-Витимской, Келянской и Метешихинской) будет определена специфика составов магматических и осадочных пород на наличие или отсутствие «субдукционной» компоненты, выявлена их продольная и поперечная вещественная зональность, и условия формирования близковозрастных островодужных комплексов.</p> <p>2. Будут построены динамические модели эволюции древних и современных магматических очагов с учетом пластично-хрупкого перехода земной коры в зоне субдукции.</p>
2014	<p>Тектоническое, петролого-геохимическое и изотопно-геохронологическое изучение индикаторных магматических комплексов (офиолитовых, базальт-андезитовых, бонинит-базальтовых, шшонитовых, диорит-плагиогранитовых и др.) палеоостроводужных систем Палеоазиатского и Монголо-Охотского океанов с целью получения новых материалов по их составу, возрасту, условиям и последовательности формирования в неопротерозойских и палеозойских островных вулканических дугах.</p>	<p>Установлена природа субдукционного ультрабазитового, габброидного, гранитоидного магматизма и окраинноморского седиментогенеза аккреционно-коллизийных структур (Байкало-Витимской, Яблоново-Становой, Малханской, Хэнтэй-Даурской и др.) с целью выявления особенностей состава и последовательности формирования основных эпох магматизма, метаморфизма и тектоногенеза, разработаны тектонопетрологические модели проявления субдукционных и коллизийных процессов, выявлена их роль в формировании континентальной коры Монголо-Забайкальского региона.</p>
2015	<p>Разработка геодинамических условий формирования субдукционного магматизма и окраинноморского седиментогенеза в палеозойских островодужных системах Монголо-Забайкальского сектора Центрально-Азиатского складчатого пояса.</p> <p>Разработка концептуальных моделей зон субдукции.</p>	<p>На основе полученных новых данных о геологическом строении, вещественном составе, возрасте и условиях формирования магматических (офиолитовых, габброидных и гранитоидных) комплексов и осадочно-вулканогенных толщ энсиматической островной дуги, гайотов и задуговых окраинных бассейнов будет обоснована модель геодинамического развития Джидинской островодужной системы Палеоазиатского океана.</p> <p>2. Разработана физико-химическая модель тепло-массопереноса и минералообразования в субдукционных магматических системах</p>

2016	Разработка геодинамических моделей проявления субдукционных и окраинноморских седиментационных процессов на активных окраинах Монголо-Охотского палеоокеана.	Будет получена петролого-геохимическая и биогеографическая характеристика и разработаны модели формирования индикаторных магматических и осадочных комплексов Хентей-Даурской активной континентальной окраины Монголо-Охотского океана.
------	--	--

### Приложение В.

индикатор	Ед. измерения	Всего за 2013-2016 гг.	2013	2014	2015	2016
Количество публикаций в ведущих российских и международных журналах по результатам исследований, полученных в процессе реализации проекта	единиц	<b>36</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>7</b>
Количество публикаций в мировых научных журналах, индексируемых в базе данных «Сеть науки» (WEB of Science)	единиц	<b>18</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
Число охраняемых объектов интеллектуальной собственности: зарегистрированных патентов в России	единиц	<b>0</b>	-	-	-	-