

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии  
рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской  
академии наук (ИГЕМ РАН)

*На правах рукописи*



Андреев Антон Андреевич

**СОСТАВ, ВОЗРАСТ И ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ  
ПОРОД НЮРУНДУКАНСКОГО КОМПЛЕКСА КИЧЕРСКОЙ  
ЗОНЫ (БАЙКАЛО-МУЙСКИЙ СКЛАДЧАТЫЙ ПОЯС)**

Специальность 1.6.3. петрология, вулканология

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени

кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель:

академик РАН,

доктор геолого-минералогических наук

Ярмолук Владимир Викторович

Москва – 2022 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение</b> .....	5
<b>Глава 1. Байкало-Муйский пояс и особенности его строения</b> .....	12
1.1. Краткая история изучения.....	12
1.2. Геологическое положение и строение Байкало-Муйского пояса.....	19
<b>Глава 2. Методы исследования</b> .....	22
<b>Глава 3. Геологическое строение Кичерской зоны</b> .....	26
3.1. Структура Кичерской зоны.....	26
3.2. Раннебайкальский комплекс.....	30
3.3. Позднебайкальские комплексы Кичерской зоны раннего этапа (660-615 млн лет).....	35
3.3.1. Ньюрундуканский комплекс.....	35
3.3.1.1. Богучанская тектоническая пластина.....	35
3.3.1.2. Слюдинско-Курлинская тектоническая пластина.....	46
3.3.1.3. Гасан-Дякитская пластина.....	52
3.3.2. Кичерский комплекс.....	54
3.4. Позднебайкальские комплексы Кичерской зоны позднего этапа (615-545 млн лет).....	54
3.4.1. Онколнокитский комплекс.....	54
3.4.2. Чая-ньюрундуканский комплекс.....	56
3.4.3. Адакитовые граниты нижнеангарского и богучанского комплексов.....	57
3.5. Выводы.....	60
<b>Глава 4. Обоснование возраста ньюрундуканского комплекса</b> .....	61
4.1. Возрастные предшественники ньюрундуканского комплекса.....	63
4.1.1. Гнейсо-граниты Байкальского массива.....	65
4.1.2. Эндербито-гнейсы Горемыкского блока.....	66
4.1.3. Ортогнейс Умоликитского блока.....	69
4.1.4. Амфиболит Горемыкского блока.....	70

4.2. Возраст нюрндуканского комплекса .....	72
4.2.1. Нюрндуканский комплекс центральной подзоны Кичерской зоны.....	72
4.2.1.1. Метадиориты Слюдинско-Курлинской пластины и диорито-гнейсы Гасан-Дякитской пластины.....	72
4.2.1.2. Плаггиомигматиты Гасан-Дякитской пластины.....	76
4.2.1.3. Трондьемит Гасан-Дякитской пластины.....	77
4.2.2. Нюрндуканский комплекс юго-западной подзоны Кичерской зоны.....	78
4.2.2.1. Метагаббро м. Лударь.....	79
4.2.2.2. Амфиболит м. Лударь .....	80
4.2.2.3. Гнейс м. Красный Яр .....	81
4.2.2.4. Диориты агматитов м. Лударь .....	82
4.3. Позднебайкальские комплексы позднего этапа (615-545 млн лет)...	83
4.4. Выводы.....	86
<b>Глава 5. Петрографическая характеристика пород нюрндуканского комплекса.....</b>	<b>87</b>
<b>Глава 6. Геохимическая характеристика пород нюрндуканского комплекса.....</b>	<b>95</b>
6.1. Нюрндуканский комплекс Богучанской пластины.....	95
6.2. Нюрндуканский комплекс Слюдинско-Курлинской пластины .....	100
6.3. Нюрндуканский комплекс Гасан-Дякитской пластины.....	104
6.4. Краткая сравнительная характеристика пород нюрндуканского комплекса с породами других комплексов Кичерской зоны.....	110
6.5. Выводы.....	116
<b>Глава 7. Sm-Nd изотопные характеристики и источники протолитов пород нюрндуканского комплекса.....</b>	<b>117</b>
7.1. Изотопный состав.....	117
7.2. Ювенильная кора и источники протолитов пород нюрндуканского комплекса.....	119

<b>Глава 8. Корообразующие процессы и геодинамические обстановки формирования неопротерозойских комплексов Кичерской зоны.....</b>	<b>121</b>
8.1. Реконструкция геодинамических обстановок формирования неопротерозойских комплексов Кичерской зоны.....	124
8.1.1. Раннебайкальский этап.....	125
8.1.2. Позднебайкальский этап.....	126
<b>Заключение.....</b>	<b>131</b>
<b>Список работ по теме диссертации.....</b>	<b>132</b>
<b>Список литературы .....</b>	<b>134</b>
<b>Приложение 1.....</b>	<b>150</b>
<b>Приложение 2.....</b>	<b>152</b>
<b>Приложение 3.....</b>	<b>156</b>
<b>Приложение 4.....</b>	<b>157</b>
<b>Приложение 5.....</b>	<b>203</b>

## Введение

**Актуальность работы.** Вопросы формирования и эволюции континентальной коры Центрально-Азиатского складчатого пояса (ЦАСП) относятся к одной из актуальных проблем геологии. В последние десятилетия в решении этой проблемы важнейшее значение приобрело использование современных методов петрологии, изотопной геохимии и геохронологии. На их основе установлены основные рубежи в истории формирования и эволюции коры ЦАСП, а также предложены геодинамические модели процессов корообразования, связанные с образованием и распадом суперконтинентов Родиния и Гондвана (Коваленко и др., 1999; Коваленко и др., 1996; Ярмолюк и др., 1999; Рыцк и др., 2007; Рыцк и др., 2011; Gladkochub et al., 2019; Ernst et al., 2008). Тем не менее, некоторые аспекты расшифровки ранних этапов тектонической эволюции ЦАСП и последовательности проявления корообразующих процессов в его пределах до сих пор остаются дискуссионными.

Классическим примером тектонотипов подвижных поясов байкальского этапа в развитии ЦАСП является Байкало-Муйский пояс (БМП). Его западный сегмент обладает наибольшей сложностью строения и представлен Кичерской зоной метаморфических пород. С точки зрения региональной тектоники интерес к рассматриваемой территории обусловлен ее позицией на границе с Олоkitским блоком краевой части Сибирского кратона. Основным геологическим подразделением Кичерской зоны является нюрндуканский комплекс («нюрндуканская толща»), в который традиционно объединялись практически все магматические и метаморфические образования этой структуры (Митрофанова и др., 2010).

Выявление докембрийских офиолитов в составе БМП, в качестве которых рассматривались породы «нюрндуканского комплекса (толщи)», привлекло внимание многих специалистов к его геологическим особенностям (Добрецов, 1983; Добржинецкая, 1985; Клитин и др., 1975; Рундквист, 1990; Dobretzov et al., 1995; Amelin et al., 1997; Конников и др., 1999; Ярмолюк и др., 2006). В результате

нюрундуканский комплекс стал одним из наиболее известных геологических элементов не только Кичерской зоны, но и Байкало-Муйского пояса в целом. Вместе с тем статус и геологические границы нюрундуканского комплекса в докембрии Северного Прибайкалья остаются неопределенными до настоящего времени.

Собственно, «нюрундуканская толща» вулканитов основного и кислого состава с мощными пачками метаосадочных пород была выделена Л.И.Салопом (Салоп, 1964; Салоп, 1967). В ходе геологосъемочных работ масштаба 1:50000 объем нюрундуканской толщи то сокращался, так что ее состав ограничивался только плагиогнейсами и амфиболитами междуречья Холодная - Кичера и береговой полосы Байкала, то снова расширялся из-за включения в ее состав мощных толщ метаосадочных пород и вулканитов Светлинской зоны Анамакит-Муйского террейна. Характеристика разрезов и состава нюрундуканской толщи, заимствованная из сводных легенд ГГК-200 нового поколения (Митрофанова и др., 1996 г., Легенда Баргузино-Витимской..., 1999 г.), и обобщенная в материалах ГГК 1000/3 N-49, O-49 (Фишев и др., 2011, Митрофанова и др., 2010) дискуссионна и, местами, ошибочно представляет далекие от Кичерской зоны БМП структуры.

Исследования (Рыцк и др., 2007; Рыцк и др., 2011) показали, что формирование БМП протекало в два этапа, определяемых как ранне- (1.0-0.72 млрд лет) и позднебайкальский (0.72-0.59 млрд лет).

Неопределенность сложившихся представлений об объеме, взаимоотношениях и последовательности формирования магматических и метаморфических комплексов БМП требует уточнения и пересмотра. Ведущая роль в реконструкции тектонического развития Байкало-Муйского пояса принадлежит Кичерской зоне, где в составе образований, относимых к нюрундуканскому комплексу («толще»), нами установлены разновозрастные магматические и метаморфические породы.

**Цели и задачи работы.** Целью работы являлось восстановление последовательности, возраста и условий формирования магматических и метаморфических комплексов Кичерской зоны на основе результатов

геологических, петрографических, геохимических, изотопных и геохронологических исследований. Основной упор был сделан на изучение состава и геологического положения пород нюрндукуканского комплекса, выполняющего ключевую роль в строении этой зоны.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Выявление особенностей геологического строения Кичерской зоны на основе авторского материала и опубликованных данных.
2. Геологическое картирование ключевых участков распространения пород позднебайкальских комплексов, доминирующих в строении Кичерской зоны.
3. Выявление основных этапов формирования магматических и метаморфических пород Кичерской зоны.
4. Обоснование геологического положения (состава, строения, возраста, условий формирования и источников) пород нюрндукуканского комплекса Кичерской зоны.
5. Реконструкция обстановки формирования нюрндукуканского комплекса.

**Научная новизна.** 1. Установлено, что основные черты геологического строения Кичерской зоны определяются системой крупных сдвиговых тектонических пластин и блоков, границы которых маркируются бластомилонитами. 2. Установлены два рубежа высокотемпературных метаморфических преобразований пород Кичерской зоны, из которых ранний (755 млн лет) определяет верхнюю возрастную границу формирования раннебайкальских структур, представленных породами Горемыкского и Умоликитского блоков, а поздний (635-615 млн лет) возрастную границу, определившую двухэтапное формирование позднебайкальских структур – ранний этап – криогений – ранний эдиакарий и поздний этап – поздний эдиакарий. 3. Показано, что собственно нюрндукуканский комплекс представлен основными породами, которые возникли на ранней стадии позднебайкальского тектогенеза и были преобразованы в условиях амфиболитовой и гранулитовой фаций к рубежу 615 млн лет. 4. Получены геохимические характеристики пород нюрндукуканского комплекса, указывающие на их возможную принадлежность к компонентам

офиолитов окраинно-континентального типа (СМ - continental margin). 5. Получены изотопно-геохимические Sm-Nd характеристики пород Кичерской зоны, позволяющие установить и охарактеризовать их источники.

**Практическая значимость.** Полученные результаты могут лечь в основу серийных легенд для геологических карт, а также обозначить новые подходы в их создании. Участки детально выполненных исследований высокометаморфизованных докембрийских комплексов района могут стать опорными при проведении геолого-съемочных работ.

**Фактический материал и методы исследований.** В основу работы положен оригинальный авторский материал, собранный в течение десяти полевых сезонов в пределах Северного Прибайкалья (2009-2013, 2015-2019 гг.). Были детально изучены разрезы и ключевые участки Кичерской зоны БМП, а также пограничных зон и районов.

В ходе исследований проведены крупномасштабное картирование, фотодокументация и составлены профили наиболее дискуссионных участков Кичерской зоны. Для характеристики вещественного состава и аналитических исследований была отобрана представительная коллекция каменного материала (более 1000 проб). Петрографические и минералогические исследования выполнялись в прозрачно-полированных шлифах (изучено более 300 шлифов). Химический состав пород определялся методами ICP MS (ИГЕМ РАН, ВСЕГЕИ) и РФА (ИГЕМ РАН) (более 500 определений). Более чем для 100 образцов выполнены изотопно-геохимические Sm-Nd (ИГГД РАН) исследования. Геохронологическими методами определен возраст пород, слагающих ранне- и позднебайкальские комплексы: ID-TIMS – 11 проб (ИГГД РАН), SIMS (SHRIMP II) – 6 проб (ВСЕГЕИ), LA-ICP MS – 2 пробы (Национальный университет Тайваня). Для определения химического состава породообразующих минералов наиболее значимых пород Кичерской зоны, были проведены микронзондовые анализы с использованием рентгеновского микроанализатора с 5-ю волновыми спектрометрами и сканирующего электронного микроскопа (ИГЕМ РАН, ИГГД РАН).

### **Защищаемые положения.**

1. Определены особенности строения Кичерской зоны Байкало-Муйского пояса (БМП), являющейся петротипической для пород нюрндуканского комплекса. Установлено ее неоднородное строение, позволившее выделить в ее пределах раннебайкальские и позднебайкальские структуры. Раннебайкальские образования, сформированные к рубежу  $755 \pm 15$  млн лет, отмечаются в строении небольших тектонических блоков. Основной объем в строении зоны представляют позднебайкальские породы нюрндуканского комплекса.
2. Нюрндуканский комплекс представлен магматическими образованиями основного и среднего составов, сформированными в интервале 660 - 640 млн лет и преобразованными в результате метаморфизма (640 – 615 млн лет) в метабазиты, метадiorиты и трондьемиты.
3. Геохимические и Nd-изотопные характеристики метабазитов нюрндуканского комплекса указывают на их связь с различными ювенильными источниками. Толеиты MORB-типа центральной части Кичерской зоны формировались за счет ДМ источника, а толеиты с внутриплитной геохимической спецификой юго-западной части зоны - за счет обогащенного плюмового источника.
4. Формирование пород нюрндуканского комплекса и Кичерской зоны в целом связано с процессами ювенильного корообразования в пределах БМП, которое протекало в режиме рифтогенеза, инициированного мантийным плюмом, и завершилось закрытием субокеанического бассейна (палеорифта) и метаморфизмом.

**Апробация работы и публикации.** Результаты исследований по теме диссертации опубликованы в 5 статьях и тезисах докладов. Основные результаты были представлены на научных совещаниях «Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту)» (г. Иркутск, 2013, 2016, 2018, 2019 гг.), на Российской молодежной научно-практической школе «Новое в познании процессов рудообразования» (г. Москва, 2017, 2018 гг.), на V международной конференции «Ультрамафит-мафитовые

комплексы: геология, строение, рудный потенциал» (Гремячинск, 2017 г.), на Российской конференции по изотопной геохронологии «Методы и геологические результаты изучения геохронометрических систем минералов и пород» (Москва, 2018 г.), на VI Российской конференции по проблемам геологии и геодинамики докембрия «Этапы формирования и развития протерозойской земной коры: стратиграфия, метаморфизм, магматизм, геодинамика» (Санкт-Петербург, 2019 г.).

**Личный вклад автора.** Работа выполнена автором на основе оригинального материала, собранного в течение десяти полевых сезонов на территории Северного Прибайкалья. Были проведены геологическое картирование, структурно-геологическое изучение, задокументированы основные опорные разрезы и обнажения, отобраны пробы. Проведены петрографические исследования главных типов пород Кичерской зоны. Получены, проинтерпретированы и обобщены новые геохимические, изотопно-геохимические и геохронологические данные. Реконструирована и обоснована последовательность корообразующих процессов в пределах Кичерской зоны БМП.

**Структура и объем диссертации.** Работа состоит из 8 глав, введения, заключения, списка литературы и приложений. Общий объем работы составляет страниц 210, включая рисунки, таблицы и приложения. Список литературы состоит из 142 наименований.

**Благодарности.** Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю академику РАН В.В. Ярмолюку за руководство работой, постановку научной задачи, внимание и терпение. Автор искренне благодарен В.И. Коваленко за поддержку в самом начале моего научного пути. Особую благодарность автор испытывает по отношению к Е.Ю. Рыцку за создание условий для проведения исследований и полевых работ, мотивацию, всестороннюю поддержку, дискуссии и ценные рекомендации. Искренне признателен автор члену-корреспонденту РАН А.Б. Котову, Е.Б. Сальниковой и В.П. Ковачу за помощь в проведении геохронологических исследований, ценный полевой опыт и методические консультации. За помощь в интерпретации материалов и советы автор благодарен С.Д. Великославинскому и Е.В. Толмачевой. Автор искренне признателен И.А.

Андреевой, О.А. Андреевой, А.В. Никифорову, А.М. Козловскому, Д.А. Лыхину, Ю.М. Лебедевой, А.В. Андрееву, Е.А. Кудряшовой и В.С. Андрееву за консультации, критические замечания и полезные советы. Автор благодарен А.И. Якушеву, Е.В. Ковальчук и Е.С. Богомолу за выполненные высококачественные анализы. За дружеское участие, поддержку и ценные рекомендации автор признателен Н.В. Андреевой, С.А. Устинову, В.А. Минаеву, И.О. Нафигину, А.А. Усачевой, Н.А. Полякову, Е.Е. Амплиевой, А.Б. Лексину, Т.М. Злобиной, К.Ю. Мурашову и А.А. Котову.

# Глава 1. Байкало-Муйский пояс и особенности его строения

## 1.1. Краткая история изучения

Байкало-Муйский пояс, входящий в структуру восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса, прослеживается на расстояние около 600 км от западного побережья оз. Байкал до бассейна среднего течения р. Витим. Несмотря на многочисленные исследования, охватывающие этот район, значительное количество вопросов, касающихся его строения, состава, геодинамической интерпретации и возраста остаются дискуссионными.

Первые упоминания о БМП, как об отдельной структуре, связаны с работами Л.И. Салопы (Салоп, 1964; Салоп, 1967), в которых им был выделен эвгеосинклинальный (внутренний) пояс байкалид. Исходя из этих исследований, данная структура состоит из двух различных структурно-фациальных зон - Муйской и Гаргинской. Муйская зона внутреннего пояса байкалид отвечает современному Байкало-Муйскому поясу. Структура данной зоны в плане имеет вид гигантской дуги, выпуклость которой обращена к северу, где она граничит с миогеосинклинальным (внешним) поясом байкалид. Нижнепротерозойские вулканогенно-осадочные отложения Муйской зоны были выделены Салопом под названием муйской серии. В Северном Прибайкалье, в качестве нижней свиты муйской серии, были объединены образования зеленокаменных эффузивов и метаосадков. Данная стратиграфическая единица впервые была описана Тетяевым как «Зеленая Нюрундуканская свита» (Тетяев, 1915; Тетяев, 1916). Все интрузивные образования эвгеосинклинального (внутреннего) пояса были объединены в составе муйского плутонического комплекса.

Во внутренних частях Байкальской складчатой области, в пределах Байкало-Витимского поднятия (район Кичерской зоны БМП), К.А. Клитин с соавторами отметил следующую вертикальную последовательность комплексов: 1) метасоматические габброиды с реликтами основных и ультраосновных пород; 2) комплекс амфиболитов, амфиболовых сланцев и гнейсов; 3) комплекс геосинклинальных образований. По его мнению, первые два комплекса

объединяются в нюрндуканскую свиту и на основании состава и петрохимических данных представляют собой офиолитовую ассоциацию (Клитин и др., 1975). По данным К.А. Клитина на амфиболитах нюрндуканской свиты обнаружено несогласное налегание кварцито-сланцевой толщи пород иликтинской свиты, которая в свою очередь перекрывается с несогласием вулканогенным комплексом акитканской серии. Опираясь на радиологический возраст акитканской серии (1500-1700 млн лет) данный коллектив авторов делает вывод, что возраст офиолитового комплекса не моложе раннего протерозоя. Представления о наличии офиолитов в Байкало-Муйском поясе было поддержано Н.Л. Добрецовым. По его мнению Байкало-Муйские офиолиты могут представлять метаморфизованный аналог офиолитов Тихама-Азир в Красноморском рифте (Добрецов, 1983). Данная точка зрения была подкреплена петрохимическими сопоставлениями пород обоих регионов. Также были установлены олистостромовые горизонты в прибайкальской части пояса, отмечаемые и в подошве крупных надвигов офиолитов многих других регионов (Добрецов и др., 1985).

Обратив внимание на отсутствие среди офиолитовой серии дайкового комплекса, Л.А. Добржинецкая отнесла данную структуру к раннепротерозойскому зеленокаменному поясу (Добржинецкая, 1985). А.А. Бухаров также рассматривал данную структуру, как Байкало-Витимский гранитно-зеленокаменный пояс раннего протерозоя. В строении пояса, им было изучено несколько отличающихся по набору пород типов разрезов. Обнаружение в них таких формаций, как карбонатная доломитовая, джеспелитовая, кварцитовая хемогенная, габбро-плагиогранитная, а также коматиитовых базальтов, свидетельствовало о схожести структуры с докембрийскими зеленокаменными поясами (Бухаров и др., 1985). Автором было сделано предположение, что структуры зеленокаменных поясов Байкало-Витимского типа являлись своеобразными докембрийскими шовными интракратонными линейными прогибами, разделяющими широкие изометрические блоки энциалической земной коры и, возможно, отражающими начальные этапы раскрытия праокеанической коры.

В муйском сегменте Байкало-Муйского пояса Г.С. Гусевым с соавторами была изучена кильанская серия. На основании геохимического анализа metabазальты серии были разделены на три петрохимические группы: известково-щелочную, толеитовую и высокотитанистую толеитовую. Авторы отметили, что metabазальты известково-щелочной и толеитовых групп по своим геохимическим характеристикам схожи с базальтами современных островных дуг, а характеристики высокотитанистых metabазальтов свойственны таковым в задуговых бассейнах растяжения. По представлениям авторов, фрагменты разрезов офиолитовой ассоциации в муйском сегменте вскрываются не в виде протяженного "офиолитового пояса", как это считалось ранее, а в небольших тектонически расчлененных блоках во фронтальных частях реликтов островных дуг. За комплекс основания разреза палеоокеанической коры были приняты парамские ультрабазиты, тогда как за следующий элемент разреза была принята надпорожная metabазальтово-сланцевая толща со структурами, напоминающими пакеты "полудаек" классических комплексов параллельных даек (Гусев и др., 1992).

В результате продолжающихся работ в пределах Кичерской зоны БМП, где ранее были выявлены докембрийские офиолиты, В.А. Макрыгиной в составе нюрндуканской свиты были установлены породы гранулитовой фации метаморфизма (двупироксеновые кристаллосланцы, эндербиты, чарнокиты) (Макрыгина и др., 1989). Предполагалось, опираясь на данные по подобным метаморфическим ассоциациям в южном обрамлении Восточно-Сибирской платформы, что возраст данных образований будет либо раннепротерозойский, либо архейский. Тем не менее оценка возраста по 5 валовым пробам эндербитов и чарнокитов, выполненная Rb-Sr методом, составила  $588 \pm 50$  млн лет (Макрыгина и др., 1993). Из тех же пород гранулит-чарнокитового комплекса Pb-Pb методом были получены оценки возраста  $570 \pm 15$  и  $905 \pm 30$  млн лет (Макрыгина и др., 1993). Помимо этого, были получены Rb-Sr методом оценки возраста плагиомигматитов и плагиогранитов нюрндуканской свиты, который составил  $577 \pm 50$  и  $548 \pm 25$  млн лет (Макрыгина и др., 1993). Ожидалось, что возраст данных плагиомигматитов будет характеризовать и возраст амфиболитового метаморфизма. Но учитывая

наложение амфиболитового метаморфизма на гранулиты и габброиды с возрастом  $618 \pm 61$  млн лет, приведенные выше оценки возраста были названы "парадоксом радиохронологии" (Макрыгина и др., 1993). Еще одним "парадоксом" явились гиперстеновые и субщелочные аляскитовые граниты, образующие крупный массив севернее с. Байкальское, которые рассматривались как продукт анатексиса с которым сопряжены процессы чарнокитизации гранулитов. Об этом говорит сходство петрографического и химического состава, а также близкие к мантийному первичные отношения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  описанных выше гранитов и гранитов татарниковского комплекса даванской зоны, так как возраст последних составляет 1.9-2.2 млрд лет (Макрыгина и др., 1993).

Детальные геолого-петрологические исследования пород нюрндуканской серии, выполненные Э.Г. Конниковым, позволили выявить гетерогенность, слагающих ее метабазитов (Конников, 1991). Автором показано, что геохимические характеристики подавляющей части ортоамфиболитов нюрндуканской серии схожи с таковыми в базальтах современных примитивных энсиматических островных дуг, а метатолиты Слюдинского участка сопоставляются им с океаническими базальтами T-MORB типа.

Первые геохронологические датировки для метабазитов нюрндуканской толщи северной части Кичерской зоны получены Л.А. Неймарком с соавторами. По валовым пробам этих метабазитов, методом Sm-Nd - изохронного датирования, была получена оценка возраста  $1050 \pm 160$  млн лет (Неймарк и др., 1991). Позднее, были датированы гнейсовидные плагиограниты, представляющие собой пластовые и субластовые тела среди толщи ортоамфиболитов и амфиболовых гнейсов нюрндуканской толщи. По данным U-Pb датирования возраст данных гранитов лежит в интервале 550-680 млн лет, а вычисленная на возраст 630 млн лет величина  $\epsilon_{\text{Nd}}$ , равная +8.5 указывает на источник, очень близкий по этому параметру к MORB (Неймарк и др., 1995). На основании значения Nd - модельных возрастов (630-650 млн лет) авторы предполагают, что у протолита исследованных плагиогранитов не было коровой предыстории, и он был сформирован за счет "свежего" вещества деплетированной мантии.

Последующие геохронологические исследования пород региона, полученные Ю.В. Амелиным, опровергли существующие представления о раннедокембрийском возрасте гранулитов прибрежной части оз. Байкал (Макрыгина и др., 1993). Им было показано, что возраст кристаллизации жильных эндербитов составляет  $617 \pm 5$  млн лет (Амелин и др., 2000).

Продолжающиеся исследования Э.Г. Конникова с соавторами в совокупности с обобщением результатов работ предшественников, позволили разделить БМП на два сегмента - западный (Мамско-Нюрндуканский) и восточный (Витимский) (Конников и др., 1999). По данным авторов западный сегмент сложен глубокометаморфизованным офиолитовым комплексом, представляющим тектонически эксгумированное гранулит-базитовое основание островной дуги. В восточной части пояса, ими выделяется два типа островодужных комплексов, разделенных Муйской кристаллической пластиной. Первый из них сложен бимодальной серией вулканитов metabазальт-альбитофирового состава, среди которых встречаются высокомагнезиальные андезиты, и обладает особенностями молодых энсиматических дуг, развивающихся на коре океанического типа. Второй островодужный комплекс обладает признаками более высокой зрелости, он сложен вулканитами изветсково-щелочного типа и характеризуется более широкой распространенностью андезитовых лав. В результате был сделан вывод, что структура Байкало-Муйского вулканоплутонического пояса представляет собой тектонический коллаж из фрагментов, по крайней мере, двух островных дуг (Конников и др., 1999).

Благодаря циклу работ А.А. Цыганкова был внесен крупный вклад в изучение геологического строения и эволюции БМП (Цыганков, 1991, 1996; Цыганков и др., 1998; Цыганков, 2005; Цыганков и др., 2000; Цыганков 2002).

Так, изучение А.А. Цыганковым магматических ассоциаций Байкало-Муйского пояса показало, что структура пояса представляет собой сложно-построенное гетерогенное образование, в составе которого пространственно совмещены фрагменты древней сиалической коры и структурно-вещественные комплексы океанической, островодужной и коллизионной геодинамических

обстановок (Цыганков, 2005). Автором было установлено, что выявленные ранее в пределах региона офиолиты пользуются ограниченным распространением, маркируя сутурные зоны и тектонические швы, вдоль которых соприкасаются структурно-вещественные комплексы разного возраста и разной геодинамической принадлежности. Им отмечено, что офиолиты выделяются, главным образом, по наличию реститовых гипербазитов, а их характерными особенностями являются отсутствие дайкового комплекса, редуцированный комплекс дифференцированных ультрабазит-базитов и пространственная ассоциация с вулканитами островодужного типа. Также было выявлено, что большая часть позднедокембрийских магматических ассоциаций и комплексов Байкало-Муйского пояса сформировались в островодужной геодинамической обстановке, а по геохимическим признакам выделены ассоциации юной стадии эволюции с бонинитоподобными вулканитами и вулканоплутоническая ассоциация развитой стадии эволюции.

На западе пояса, из состава офиолитовой части, А.А. Цыганковым были исключены дифференцированные ультрамафит-мафитовые интрузивы позднерифей-вендского возраста. Данные образования автор отнес к самостоятельному синколлизонному геодинамическому типу ультрамафит-мафитов, формирующихся в зонах присдвигового растяжения. В итоге было выделено три стадии эволюции Байкало-Муйского пояса: 1) океаническая - раскрытие Палеоазиатского океанического бассейна и формирование океанической коры, 1,2-1,0 млрд. лет; 2) островодужная - формирование Байкало-Муйской островной дуги и ее магматическая эволюция, 1,0-0,65 млрд лет; 3) коллизонная - аккреция Байкало-Муйской островной дуги к окраине Сибирского континента, метаморфизм и синколлизонный ультрамафит-мафитовый магматизм, 0,65-0,55 млрд лет (Цыганков, 2005).

Внушительные результаты получены Е.Ю. Рыцком. Им было существенно уточнено геологическое строение Байкало-Муйского пояса, а также получено большое количество новых геохронологических и изотопно-геохимических данных для пород, слагающих этот пояс. Кроме того, была предложена

рифтогенная модель формирования БМП (Рыцк и др., 2001; Рыцк и др., 2007; Рыцк и др., 2011)

В юго-западной части Кичерской зоны, А.А. Федотовой с коллегами, были проведены геохимические и изотопно-геохимические исследования трех основных ассоциаций горных пород (гранулит-эндербит-чарнокито-гнейсовая, ультрамафит-мафитовая и тоналит-плагиогранит-гранитная), слагающих данный участок. Впервые ими была выделена тоналит-плагиогранит-гранитная серия пород, отвечающая по своим геохимическим характеристикам адакитам. Полученный возраст данной серии пород, установленный U-Pb методом датирования, составил  $595 \pm 5$  млн лет. Авторы делают вывод, что гранулиты, габброидные плутоны и адакиты западной части Байкало-Муйского пояса образовались в коротком интервале времени, глубинные породы были выведены в поверхностные горизонты литосферы, а породы тоналит-плагиогранит-гранитного комплекса запечатали данную гетерогенную структуру не более чем через несколько десятков миллионов лет после формирования гранулитов. Эта геологическая ситуация, с точки зрения авторов, объясняется образованием "пассивного" астеносферного окна под континентальной окраиной (Федотова и др., 2014). В работе Крёнера с соавторами установлены возраст протолита эндербито-гнейсов Слюдинского участка Кичерской зоны, составляющий 826 млн лет и последующего единственного метаморфического события на рубеже 640 млн лет (Kroner et al., 2015).

Невзирая на многочисленные геологические и геохронологические данные, полученные за последние десятилетия, образование нюрундуканского комплекса по-прежнему продолжает связываться рядом авторов с развитием островных дуг на рубеже 1050 млн лет (Гордиенко, 2019; Гордиенко, 2021а; Гордиенко и др., 2021б). Кроме того, гипербазит-базитовые массивы Кичерской зоны, чья интрузивная природа доказана к настоящему времени (Цыганков, 2005), сопоставляются с нижней частью офиолитового разреза (Гордиенко, 2021а).

## **1.2. Геологическое положение и строение Байкало-Муйского пояса**

Байкало-Муйский пояс занимает пограничное положение между краевой частью Сибирского кратона и Баргузино-витимским супертеррейном ЦАСП (рисунок 1.1) (Рыцк, 2018а; Рыцк и др., 2019а). В его строении выделяются западный и восточный сегменты, которые имеют разные тектонические границы с кратоном. Согласно последним исследованиям (Рыцк, 2020) границы западного сегмента имеют сдвиговый характер, а восточного – комбинированный сдвиговый с надвиговой компонентой. Краевая часть кратона в Северном Прибайкалье представлена системой линейных рифтогенных структур Олокитской зоны и Маректинским выступом фундамента.

Геологическое строение Байкало-Муйского пояса характеризуется совмещением ранне- и позднебайкальских структурно-вещественных комплексов. Муйская зона и отдельные разобщенные тектонические блоки восточного и западного сегментов БМП образованы глубоко метаморфизованными породами раннебайкальских вулканогенно-карбонатно-терригенных комплексов (рисунок 1.1). Позднебайкальские комплексы выделены в Кичерской зоне западного сегмента и Парам-Шаманской, Каралон-Мамаканской зонах восточного сегмента. Позднебайкальские образования Янской зоны частично охватывают район тектонического сочленения западного и восточного сегментов. Граница Янской зоны и синсдвиговых структур Кичерской зоны маркируется Орколиканским блоком ранних байкалид (рисунок 1.1). В целом, Кичерская зона является важнейшим структурным элементом западной части Байкало-Муйского пояса.

Анамакит-Муйский террейн, по нашим представлениям, не входит в состав Байкало-Муйского пояса (Салоп, 1964; Рыцк и др., 2007; Ярмолук, Дегтярев, 2019 и др.), а является составной частью Баргузино-Витимского супертеррейна, образуя его северный фланг.

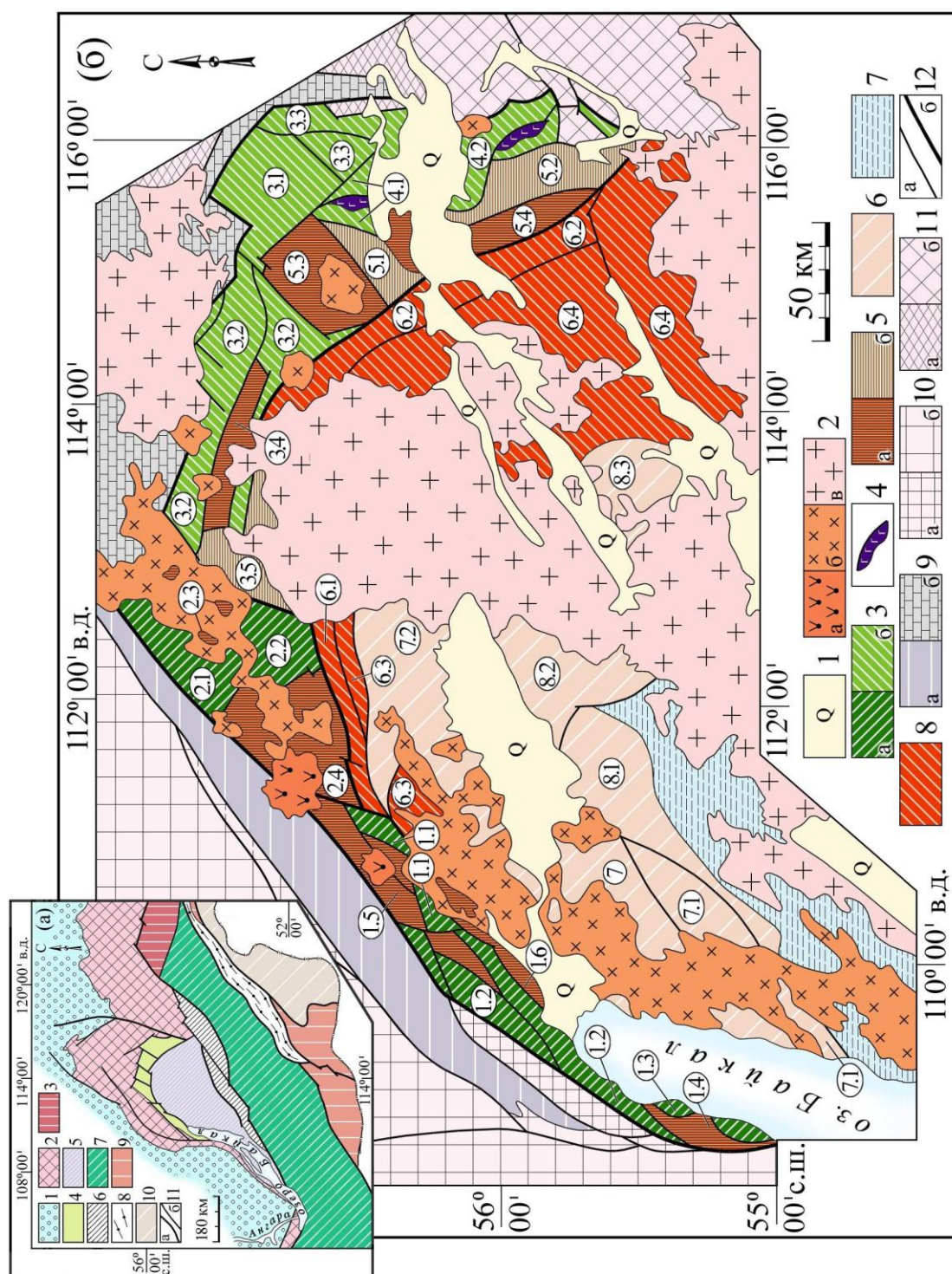


Рисунок 1.1. Схема тектонического районирования Байкало-Муйского пояса (составлена Е.Ю. Рыцком) (Андреев и др., 2022).

(б): 1 – четвертичные впадины Байкальской рифтовой системы; 2 – магматические комплексы позднего палеозоя – щелочной (а), монцонит-граносиенит-гранитоидные (б), граносиенит-гранитоидные (в); *Байкало-Муйский пояс* (3 – 5): 3 - позднебайкальские структуры западного (а)

и восточного (б) сегментов; 4 – СLM (континентальная литосферная мантия) ультрабазиты; 5 - раннебайкальские блоки метаморфических (а), терригенных и вулканоплутонических комплексов (б); **Баргузино-Витимский супертеррейн** (ЦАОП) (6 – 8): 6 – 7 - позднебайкальские Верхнеангарский (б) и Баргузинский (7) бассейны; 8 – раннебайкальский Анамакит-Муйский террейн; **Сибирский кратон** (9 – 11). 9 – раннебайкальские структуры Байкало-Патомского пояса: Олокитская рифтогенная зона (а); Делюн-Уранский осадочный бассейн (б); *Выступы фундамента* (10 - 11). 10 - Маректинский (а) и Байкало-Тонодский (б); 11 – Тунгус-Дабанский (а) и Каларский (б); 12 – тектонические швы и границы (а), в том числе главные (б).

**Цифры в кружках:** зоны, подзоны и блоки.

**Байкало-Муйский пояс.** *Кичерская зона*, подзоны – северо-восточная (1.1), центральная (1.2) и юго-западная (1.3); блоки – Горемыкский (1.4), Водораздельный (1.5) и Умоликитский (1.6). *Янская зона*, подзоны – Кавергская (2.1) и Иликанская (2.2); блоки – Горбылокский (2.3) и Орколиканский (2.4). *Каралон-Мамаканская зона*, подзоны – Каралонская (3.1), Якорная (3.2) и Таллаинская (3.3); блоки – Конкудерский (3.4) и Верхнеконкудерский (3.5). *Парам-Шаманская зона*, подзоны – Парамская (4.1) и Шаманская (4.2). *Муйская зона*, блоки – Самокутский (5.1), Кедровский (5.2), Северо-Муйский (5.3) и Киндиканский (5.4).

**Баргузино-Витимский супертеррейн.** Анамакит-Муйский террейн, зоны - Дзялоканская (6.1) и Келяно-Иракиндинская (6.2); блоки – Угдокитский (6.3) и Бамбукойский (6.4).

*Светлинская зона* (7); подзоны – Томпудинская (7.1) и Чуро-Уклоньская (7.2); *Катера-Уакитская зона*, подзоны – Няндонинская (8.1), Катерская (8.2) и Уакитская (8.3).

(а): Врезка. Схема тектонического районирования Восточной Сибири.

**Сибирский кратон** (1 – 2). 1 - раннепалеозойский чехол; 2 – раннедокембрийский фундамент и Байкало-Патомский пояс; **Центрально-Азиатский орогенный пояс** (3 – 9). 3 - Джугджуро-Становой супертеррейн; 4 – Байкало-Муйский пояс; 5 – Баргузино-Витимский супертеррейн; 6 - *Байкало-Каларский* коллизионно-сдвиговый пояс; 7 - Селенгино-Западно-Становой геоблок; 8 - *Пришилжинский* коллизионно-сдвиговый пояс; 9 - Монголо-Охотский складчатый пояс. 10 - Аргунский террейн; 11 – граничные тектонические швы (а), главные разломы (б).

## Глава 2. Методы исследования

### *Рентгенофлуорисцентный анализ (РФА)*

Содержания главных компонентов пород определялось методом РФА в ИГЕМ РАН на спектрометре последовательного действия Philips Analytical PW-2400. Подготовка препаратов для анализа петрогенных элементов выполнялась путем плавления в индукционной печи 0.3 г порошка с 3 г тетрабората лития с последующим отливом гомогенного стеклообразного диска. Точность анализа составила 1-5 отн. % для элементов с концентрациями выше 0.5 мас. % и до 12 отн. % для элементов с концентрацией ниже 0.5 мас. %.

### *Метод ICP MS*

Концентрации редких и редкоземельных элементов в породах определялись методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP MS) в ИГЕМ РАН, ВСЕГЕИ. Разложение образцов проводилось путем кислотного растворения в открытой системе. Навеска порошка образца массой 50-100 мг разлагалась в тefлоновых виалах Savillex в смеси концентрированных кислот (плавиковая – 1.5 мл и соляная – 0.5 мл). Полученная смесь разлагалась в микроволновой печи Milestone при мощности 400 Вт в течение 3 минут и последующем 250 Вт длительным воздействием микроволнового излучения в течение 35 минут. Фториды металлов разрушались путем трехкратного выпаривания в концентрированной соляной кислоте под лампами до сухих солей. Далее к пробе добавлялся 1 мл моляной кислоты, после чего в препарат вводили 0.5 н HNO<sub>3</sub> до объема 50 мл. На последнем этапе в пробу вводили внутренний стандарт – раствор индия.

Измерения проводились на приборе Thermo Scientific XSeries 2. Препарат пробы вводился в масс-спектрометр в потоке аргона в виде аэрозоля. Разделение ионов осуществлялось анализатором с магнитной и электростатической фокусировками. Относительное стандартное отклонение для большинства элементов составляло 1-3 %.

*Геохронологические методы ID-TIMS, SIMS, LA-ICP MS*

U-Pb геохронологические исследования выполнены классическим методом изотопного датирования (ID-TIMS) и локальными методами (SIMS, LA-ICP MS) для отдельных зерен циркона. Разложение циркона и выделение Pb и U проводились по модифицированной методике Т. Кроу (Krogh, 1973). Для удаления поверхностного загрязнения зерна циркона обрабатывались спиртом и ацетоном в ультразвуковой ванне, а затем последовательно 1М HNO<sub>3</sub> и 1М HCl в течение 20 мин на теплой плитке. Для изотопных исследований использовался трассер <sup>235</sup>U-<sup>202</sup>Pb. В некоторых случаях для уменьшения степени дискордантности использовался метод предварительной кислотной обработки (Mattinson, 1994). Уровень холостого опыта за период исследований не превышал 15 пг Pb и 1 пг U. Точность определения U/Pb отношений и содержаний U и Pb составила 0.5%. Определение изотопного состава Pb и U выполнено на масс-спектрометре TRITON TI как в статическом режиме, так и при помощи счетчика ионов. Обработка экспериментальных данных проводилась с использованием программ «PbDAT» и «ISOPLOT» (Ludwig, 1991, 1999). При расчете возрастов использованы общепринятые значения констант распада урана (Steiger, Jager, 1976). Поправки на обычный свинец введены в соответствии с модельными величинами (Stacey, Kramers, 1975). Все ошибки приведены на уровне 2σ.

Изотопное датирование отдельных зерен циркона осуществлялось на ионном микрозонде SHRIMP-II в ЦИИ ВСЕГЕИ по методике (Williams, 1998). Для выбора участков измерения, изучения их внутреннего строения и определения генезиса зерна циркона исследовались в проходящем свете, в режимах обратно-рассеянных электронов и катодолюминесценции на сканирующем электронном микроскопе CamScan MX2500. Интенсивность первичного пучка молекулярного кислорода составляла ~3–4 нА, диаметр кратера 25 мкм при глубине 2 мкм. Обработка полученных данных производилась с использованием программы SQUID v.1.13 и v.2 (Ludwig, 2001, 2009), построение графиков с конкордией ISOPLOT/Ex v3.41b (Ludwig, 2007). Уран-свинцовые отношения нормализовались на значение 0.0668, соответствующее стандартному циркону TEMORA (Black et al., 2003).

Погрешности единичных анализов (отношений и возрастов) приведены на уровне  $1\sigma$ , погрешности рассчитанных средневзвешенных и конкордантных возрастов – на уровне  $1\sigma$ . Для интерпретации использовались U-Pb изотопные данные, удовлетворяющие содержанию обыкновенного Pb  $\leq 1\%$  и с дискордантностью  $\leq 10\%$ .

U-Th-Pb Изотопно-геохронологическое датирование цирконов из двух образцов выполнялось методом лазерной абляции с индукционно-связанной плазмой (LA-ICP MS) по методике Х.И. Чиу (Chiu et al., 2009) в Департаменте геологических наук Национального тайваньского университета В.П. Ковачем. Использовалась система лазерной абляции New Wave UP213, совмещенная с масс-спектрометром Agilent 7500s. Диаметр пучка лазера составлял 30 мкм, а длительность измерения 60 с после 60 секундного анализа фона. Калибровка проводилась по стандартному циркону GJ-1 (Jackson et al., 2004) с точно установленным U-Pb возрастом (метод ID-TIMS) по отношению  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  ( $608.5 \pm 1.5$  млн лет ( $2\sigma$ )) и возрастом по верхнему пересечению дискордии с конкордией ( $608.5 \pm 1.5$  млн лет ( $2\sigma$ )). Для контроля качества использовались стандартные цирконы Harvard 91500 (Wiedenbeck et al., 1995) и Plesovice (Slama et al., 2008). U-Th-Pb изотопные отношения рассчитывались в программе GLITTER (Van Achterbergh et al., 2001). Диаграммы с конкордией и конкордантные возрасты строились и рассчитывались с помощью программы Isoplot v. 4.15 (Ludwig, 2008).

#### *Sm-Nd изотопный метод*

Для определения содержаний и изотопных составов Sm и Nd навески (100 мг) растертых в пудру образцов, к которым добавляли смешанный трассер  $^{149}\text{Sm}-^{150}\text{Nd}$ , разлагали в тefлоновых бюксах в смеси HCl+HF+HNO<sub>3</sub> при температуре 110°C. Полнота разложения проверялась под биноклем. REE выделялись посредством стандартной катионообменной хроматографии на колонках смолы BioRad AG1-X8 200-400 меш, а Sm и Nd – с помощью экстракционной хроматографии на колонках LN-Spec (100-150 меш) фирмы Eichrom. Изотопные составы Sm и Nd измерялись на многоколлекторном масс-спектрометре Triton TI в статическом режиме.

Измеренные отношения  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  нормализовались к отношению  $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0.7219$  и приводились к отношению  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0.511860$  в Nd стандарте La Jolla. Средневзвешенное значение  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  в Nd стандарте La Jolla за период измерений составило  $0.511839 \pm 7$  ( $n=13$ ). Уровень холостого опыта за время исследований обычно составляет 0.03–0.2 нг для Sm, 0.1–0.5 нг для Nd. Точность определения концентраций Sm и Nd составляет  $\pm 0.5\%$ , изотопных отношений  $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} = \pm 0.5\%$ ,  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = \pm 0.005\%$  ( $2\sigma$ ). При расчете величин  $\epsilon_{\text{Nd}}(T)$  и модельных возрастов  $T_{\text{Nd}}(\text{DM})$  используются современные значения однородного хондритового резервуара (CHUR) по (Jacobsen, Wasserburg, 1984) ( $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0.512638$ ,  $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}=0.1967$ ) и DM по (Goldstein, Jacobsen, 1988) ( $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0.513151$ ,  $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}=0.21365$ ). Для учета возможного фракционирования Sm и Nd во внутрикоровых процессах для коровых (S-тип) гранитоидов и осадочных пород рассчитаны двустадийные Nd-модельные возрасты  $T_{\text{Nd}}(\text{DM-2st})$ , используя среднекоровое отношение  $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}=0.12$ .

## Глава 3. Геологическое строение Кичерской зоны

### 3.1. Структура Кичерской зоны

В строении Кичерской зоны нами выделяются раннебайкальские и позднебайкальские структуры. Первые образуют изометричные тектонические блоки, вторые – сдвиговые тектонические пластины, сложенные метаморфическими породами нюрндуканского комплекса, прогибы, выполненные вулканогенно-осадочными породами кичерского комплекса и наложенные грабены, отделенные от общего каркаса зоны сбросо-сдвигами, заполненные позднеэдиакарскими терригенными отложениями (таблица 3.1). Здесь и далее под тектоническими пластинами подразумеваются тектонические пластины сдвигового характера (Федоровский и др., 2005), которые обычно разделены бластомилонитами.

Исходя из наших данных, основные черты геологического строения Кичерской зоны определяются структурными элементами, связанными с эволюцией сдвиговых зон, преобразованных в результате высокотемпературного метаморфизма в сочетании сложно деформированных тектонических пластин и блоков различной мощности. Помимо этого, наши исследования позволили установить, что Кичерская зона имеет латерально-сегментированное строение и сложную структуру, которая определяется комбинацией нескольких структурных компонентов – разобщенных раннебайкальских тектонических блоков, позднебайкальских складчато-надвиговых и автохтонных-субавтохтонных синсдвиговых структур (рисунок 3.1, рисунок 3.2а).

Структурные подзоны различного строения и состава, сменяющие друг друга по простиранию, определяют латерально-сегментированное строение Кичерской зоны (рисунок 3.1). В юго-западной подзоне доминируют раннебайкальские образования Горемыкского блока, лишь вдоль береговой полосы озера Байкал, в пределах Богучанской пластины, распространены метабазиты позднебайкальского нюрндуканского комплекса (рисунок 3.2б). Центральная подзона характеризуется преобладанием метабазитов и метаосадков позднебайкальских нюрндуканского и

кичерского комплексов, которым подчинены раннебайкальские ортогнейсы и амфиболиты Водораздельного и Умоликитского блоков. В Северо-Восточной подзоне располагаются фрагменты Сольского и Верхнечайского прогибов, сложенные метаосадочными толщами кичерского комплекса.

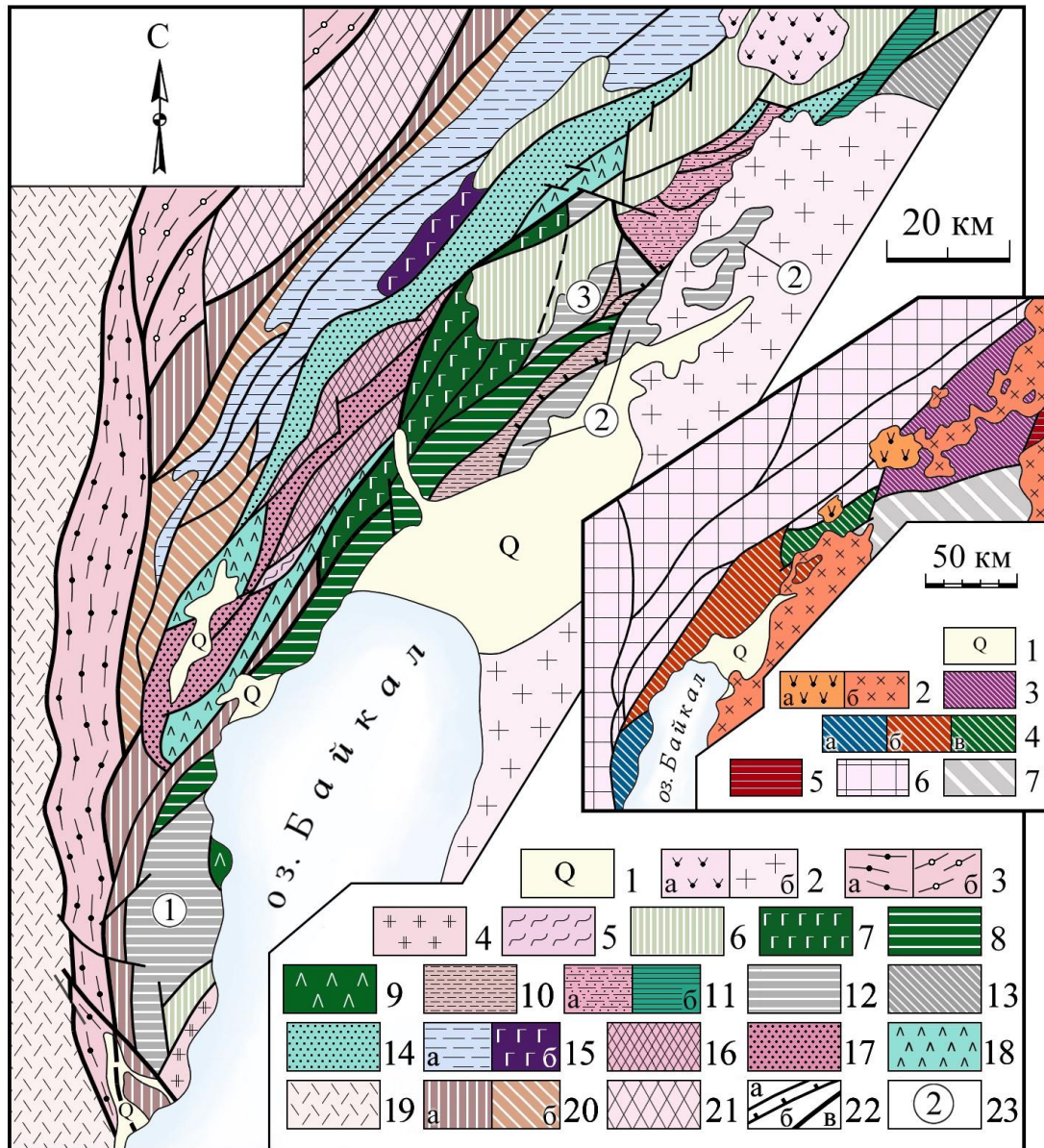


Рисунок 3.1. Схема геологического строения Северного Прибайкалья (Андреев и др., 2022). Составлена Е.Ю.Рыцком по материалам геологических съемок ГК/200-1 (В.В. Балханов, П.В. Дедюхин), ГК/50 (В.А. Чабаненко, В.П. Сафронов, Н.М. Мошкин, А.Г.Крапивин и др.) и прогнозно-металлогенических исследований (Е.Ю. Рыцк).

1 – четвертичные отложения; 2 – позднепалеозойские щелочные (а) и гранитоидные (б) массивы; 3 – Даванская (а) и Миня-Кутимская (б) шовные сдвиговые зоны; 4 –гранитоиды Горячинского

плутона; 5 – зеленосланцевые диафториты; 6 – терригенный комплекс позднего эдиакария; **Кичерская зона БМП** (7 - 12). *Позднебайкальские структуры* (7 – 11): 7 - Гасан-Дякитская пластина; 8 - Слюдинско-Курлинская пластина в магистральной зоне деформаций главного сдвига; 9 - Богучанская пластина; 10 - Гаяндская пластина; 11 - Верхнечайский (а) и Сольский прогибы (б); 12 - *раннебайкальские* тектонические блоки БМП; 13 - Анамакит-Муйский террейн; **Краявая часть Сибирского кратона (14 -21)**. **Олокитская рифтогенная зона** тония (14 – 18): 14 - Тья-Холоднинский прогиб; 15 - Олокито-Мамский прогиб (а) и Довыренский плутон (б); **Маректинский выступ** (16 - 18): 16 – комплекс раннего докембрия; неопротерозойские грабены (17 – 18); 17 – высокозрелые метаосадки авкитской свиты; 18 - зеленые сланцы тыйской свиты; Палеопротерозойские комплексы (19 - 20): 19 – Аakitканский; 20 – Иловирьский амфиболит-гнейсовый (а) и карбонатно-метариолит-гнейсовый (б); 21 - **Кутимский выступ** фундамента; 22 – геологические границы (а), тектонические швы с надвиговой компонентой (б), граничные сдвиговые швы (в); 23 – цифрами обозначены **Горемыкский (1), Умоликитский (2), Водораздельный (3)** тектонические блоки;

На врезке - **схема сегментированного строения Кичерской зоны**. 1 – Верхнеангарская четвертичная впадина; 2 –щелочные массивы (а) и гранитоиды (б) позднего палеозоя; 3 – 4 – западный сектор БМП: 3 – Янская зона, Орколиканский и Горбылокский тектонические блоки ранних байкалид; 4 – подзоны Кичерской зоны – юго-западная (а), центральная (б), северо-восточная (в); 5 – фрагмент восточного сектора БМП; 6 – краявая часть кратона; 7 – Анамакит-Муйский террейн.

Ключевой структурой Кичерской зоны является магистральная зона деформаций главного сдвига. Вследствие позднебайкальского высокотемпературного метаморфизма первичные структуры зоны главного сдвига преобразованы в Слюдинско-Курлинскую тектоническую пластину. С юго-востока, по тектоническому шву, к ней примыкает Гаяндская тектоническая пластина, сложенная вулканогенно-осадочными толщами кичерского комплекса, которые по надвигу перекрываются раннебайкальскими метаморфическими породами Умоликитского блока (рисунок 3.1, рисунок 3.2). Горемыкский блок юго-западной подзоны, по своей юго-восточной границе, тектонически совмещен с метабазитами нюрндуканского комплекса Богучанской пластины.

Этапы и события	комплексы	Юго-западная подзона	Центральная подзона	Северо-восточная подзона	Возраст
<b>Поздний эдиакарий</b>					
Зоны бластомилонитов метаморфизм ChI-Seg субфации	?	Горячинский плутон гранитоидов			млн. лет
Осадконакопление в грабенах	Терригенный	гуилгинская толща	холодинская свита	холодинская свита	545±6
Дайковые пояса и сводообразование	Нижнеангарский		адакитовые и пегматодные граниты		581±2 - 588±2
	Ботучанский	дайки субщ. габбро и адакитовых гранитов			600±5 - 606±3
<b>Криогений - ранний эдиакарий</b>					
Экстумация и сводообразование	Чая-Нюрундуканский	интрузивные массивы hMg/hTi габбро-норитов, габбро и анортозитов			627±25 **
Метаморфизм и деформации	Онколлоктитский	аллохтонные массивы Kfs-Ms гнейсо-гранитов		жилые Kfs граниты	615±3
	Локальные НТ-ЛР гранулиты		жилые эндробиты, анортозиты, платиомитматы, агматы, пластовые тела и дайки метагабро, Агр платиогнейсы, амфиболиты	трондьемиты, платиомитматы, пластовые тела и дайки метагабро, Агр платиогнейсы, амфиболиты	617±5 * - 627±13
Осадконакопление и вулканизм		Нюрундуканский мигматит-трондьемит-метабазитовый	Срх-Орх гранулиты, эндробито-гнейсы	габро-диоритовые субпластовые интрузии, диорито-гнейсы	зеленые ортосланцы
	Вулканизм в троговых прогибах	Гипербазитовый	базальты hTi WP и MORB, hTi габбро	базальты N- MORB и E- и T-MORB, hTi габбро	641±4 - 652±6
<b>Тоний</b>					
Коллизионные события на окраине Сибирского кратона и метаморфизм	Раннебайкальский	гнейсо-граниты, эндробито-гнейсы, амфиболиты и Grt-Sil гнейсы Горемыцкого блока	ортогнейсы Умоликитского блока		755±15 - 793±5
Вулканизм и осадконакопление		базальты, габбро и осадки Горемыцкого блока			823±5

Таблица 3.1. Последовательность проявления магматических событий и сопровождающих их метаморфических преобразований в пределах Кичерской зоны БМП.

Примечание: \*литературные данные (Амелин и др., 2000); \*\*литературные данные (Amelin et al., 1997); \*\*\*литературные данные (Kroner et al., 2015).

### 3.2. Раннебайкальский комплекс

Породы комплекса охарактеризованы на примере Горемыкского блока, который располагается в юго-западной части Кичерской зоны и, своей восточной стороной, по мощной зоне бластомилонитов, граничит с Богучанской пластиной, а северо-западной со Слюдинско-Курлинской (рисунок 3.3). В тектоническом плане этот блок представляет собой юго-западный фланг крупного регионального левостороннего сдвига, проходящего через всю Кичерскую зону. Ключевое значение для реконструкции геологического строения не только Горемыкского блока, но и в целом всей Кичерской зоны, принадлежит Байкальскому массиву гнейсо-гранитов. В различные годы данный участок изучался многими геологами, ими было собрано и проанализировано большое количество материала, также предпринимались попытки картирования этой площади.

#### *Участок Байкальского массива гнейсо-гранитов*

Крупный Байкальский массив гнейсо-гранитов расположен на левом борту р. Рель недалеко от одноименного села. В результате детальных структурно-геологических исследований, выполненных автором и коллективом из института геологии и геохронологии докембрия РАН (Е.Ю. Рыцк, А.Б. Котов, С.Д. Великославинский, В.П. Ковач, Е.В. Толмачева), составлена геологическая схема юго-западного фланга Кичерской зоны масштаба 1:25000 (рисунок 3.2б). Установлено, что Байкальский массив представляет собой несколько круто залегающих субмеридиональных тектонических пластин, сложенных интенсивно рассланцованными в условиях высокотемпературного метаморфизма биотитовыми гнейсо-гранитами, которые содержат брекчированные дайки metabазитов, ксенолиты и тектонические линзы амфиболитов, амфиболовых гнейсов, гранат-силлиманит-кордиерит-биотитовых сланцев и гиперстеновых эндербит-чарнокитовых-гнейсов (Рыцк, 2013б). Гнейсо-граниты имеют мелко- и среднезернистое сложение, сланцеватую текстуру и гипидиоморфнозернистую структуру. Характерная особенность гнейсо-гранитов – хорошо проявленная

минеральная и агрегатная линейность, которая обычно занимает субвертикальное положение.

В пределах площади Байкальского массива установлены различного размера ксенолиты амфиболитов. Амфиболиты представляют собой - темно-зеленые, почти черные, среднезернистые породы с гранобластовой структурой и линейно-параллельной текстурой. Они сложены плагиоклазом, зеленоватой роговой обманкой, подчиненным количеством биотита, актинолита и единичными зернами титано-магнетита. В некоторых разностях отмечается ситовидная структура роговой обманки, которая характеризуется мелкими включениями плагиоклаза. Следует отметить, что данная структура свойственна амфиболитам, развивающимся по габбро (Половинкина, 1966). В окрестностях вершины г. Лударь выделена самостоятельная тектоническая пластина размером 500x750 м, которая сложена гиперстеновыми чарнокито-гнейсами. Данные породы отнесены к продуктам гранулитовой фации метаморфизма исключительно на основании одновременного присутствия в них клино- и ортоприроксена (Конников и др., 1999; Федотова и др., 2014; Kroner et al., 2015). В районе точки наблюдения 12/16, среди гнейсо-гранитов, обнаружены тектонические линзы эндербито-гнейсов. Они представлены не ясно полосчатыми породами, сложенными агрегатом измененного плагиоклаза с кварцем и эпидотом, полностью замещающим пироксен и частично плагиоклаз. Помимо этого, в небольших разобщенных тектонических фрагментах среди гнейсо-гранитов Байкальского массива, впервые выявлены гранат-силлиманитовые сланцы. Для них характерен высокотемпературный минеральный парагенезис, который включает гранат, кордиерит и силлиманит. Вероятно, их протолитом могут являться осадочные породы.

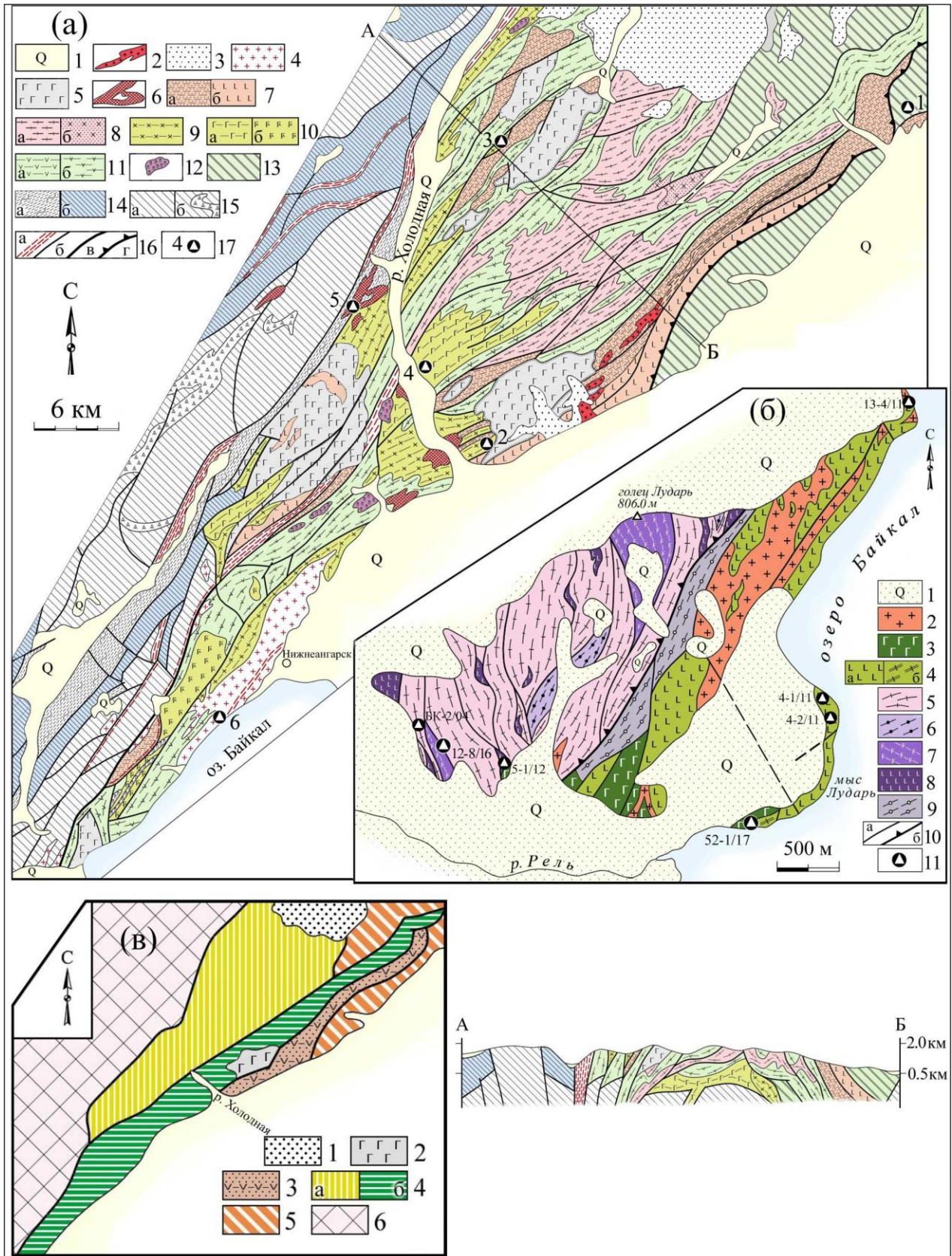


Рисунок 3.2. Схемы геологического строения Кичерской зоны (составлены Е.Ю.Рыцком и А.А.Андреевым с использованием геологосъемочных материалов Северобайкальской ГРЭ (В.П.Сафронов, А.Г.Крапивин, Н.М.Мошкин, А.Г.Степин и др.) (Андреев и др., 2022).

(а): Центральная подзона. 1 – четвертичные отложения; 2 – палеозойские граниты; *Позднебайкальские образования (3 – 12). Поздний эдиакарий (3 - 4): 3 – холоднинская свита*

(конгломераты, гравелиты, песчаники); 4 – адакиты *нижнеангарского* комплекса; *Криогенный - ранний эдиакарий* (5 – 12): 5 – *чая-нюрндуканский* комплекс (габброиды и пердиотиты); 6 – гнейсо-граниты *онколнокитского* комплекса; 7 – *кичерский комплекс*: сланцы, метапесчаники, линзы известняков (а), метабазалты и метапорфириты (б); *нюрндуканский комплекс* (8 - 11): 8 – плагиомигматиты (а), трондьемиты (б); 9 – метадiorиты; 10 – рассланцованные метагаббро (а), метагаббро с массивной текстурой (б); 11 – амфиболовые сланцы (а), амфиболиты и плагиогнейсы (б); 12 – автономные тела метагипербазитов; 13 – *раннебайкальский комплекс* Умоликитского и Водораздельного блоков; *Маректинский выступ* (14 - 15). 14 – неопротерозойские осадочные толщи (а - зеленые сланцы; б – глиноземистые сланцы, кварциты, доломиты); 15 – гнейсы и гнейсо-граниты (а), амфиболиты (б) раннего докембрия; *Прочие обозначения*. 16 – сдвиговая система тектонических швов (а – тектониты, милониты; б – сдвиги и сдвиго-надвиги; в – граничные тектонические швы; г – тоже с преобладанием надвиговой компоненты); 17 – точки отбора проб для геохронологических исследований (1 - №28/96; 2 -16-4/11; 3 – R14-25-1; 4 – 23-6-11, R14-22-2 и 9-10/02; 5 - 20-2/12; 6 – НА).

**(б):** Байкальский участок юго-западной подзоны. 1 – четвертичные отложения; Позднебайкальский комплекс Богучанской тектонической пластины (2 - 4): 2 – граниты; 3 – метадiorиты и метагаббро; 4 – амфиболиты, метагаббро и гранулиты (а); агматиты (б); Раннебайкальский комплекс Горемыкского блока (5 – 8): 5 – гнейсо-граниты; 6 – Grt-Bt±Crд±Sil сланцы; 7 – эндербит-чарнокитовые гнейсы; 8 – амфиболиты, гнейсы; 9 – бластомилониты и тектониты; 10 – главные тектонические швы (а), надвиг на границе Богучанской пластины (б); 11 – точки отбора проб для геохронологического изучения.

**(в):** Тектоническое районирование центральной подзоны Кичерской зоны (1 – 4). 1 – Холоднинский грабен; 2 – Нижнехолоднинский массив; 3 – Гаяндская пластина, сложенная кичерским комплексом; 4 – тектонические пластины, сложенные нюрндуканским комплексом: Гасан-Дякитская (а), Слюдинско-Курлинская (б); 5 – тектонические блоки ранних байкалид; 6 – раннедокембрийский фундамент кратона.

*Участок междуречья Горемыка-Рель*

В ходе изучения юго-западной части Горемыкского блока, биотитовые гнейсо-граниты схожие с таковыми в Байкальском массиве установлены в междуречье Горемыка-Рель, где бронируют склоны хребтов, а также в береговых обнажениях оз. Байкал южнее устья р. Горемыка. Здесь гнейсо-граниты смяты в изоклиналильные складки и слагают крутые скальные выступы мощностью до 20м. В данных обнажениях, аналогично ситуации с Байкальским массивом, описываемые породы включают ксенолиты и тектонические линзы, но представленные исключительно амфиболитами (рисунок 3.3). Отличительной чертой этого разреза является наличие базитовых даек и многочисленных зон дробления. Зоны дробления сложены зелеными сланцами, предположительно образованными по амфиболитам.



Рисунок 3.3. Ксенолит амфиболитов в гнейсо-гранитах с наложенными зонами дробления в береговом обнажении оз. Байкал, южнее устья р. Горемыка.

Таким образом, изучение геологического строения Горемыкского блока показало, что в его составе доминируют гнейсо-граниты, которые содержат ксенолиты и тектонические линзы амфиболитов, пироксен-амфиболовых гнейсов и метаосадочных Grt-Crd-Sil сланцев, символы минералов приведены по (Whitney,

Evans, 2010). Геологическое положение, состав и характер взаимоотношений пород Горемыкского блока резко отличают его от пород других структур Кичерской зоны, что стало основанием для выделения их в отдельный комплекс, который в соответствии с результатами геохронологических исследований, был отнесен к ранним байкалидам (Рыцк и др., 2013б). В пределах Горемыкского блока для геохронологических исследований были отобраны образцы гнейсо-гранита (БК-2/04), эндербито-гнейса (12-8/16) и амфиболита (5-1/12) (рисунок 3.2.), полученные результаты будут обсуждаться в главе 4.

### **3.3. Позднебайкальские комплексы Кичерской зоны раннего этапа (660-615 млн лет)**

Позднебайкальские структуры Кичерской зоны представлены крупными сдвиговыми тектоническими пластинами - Богучанской, Слюдинско-Курлинской, Гасан-Дякитской и Гаяндской. В строении Богучанской, Слюдинско-Курлинской и Гасан-Дякитской пластин преобладают породы нюрундуканского метаморфического комплекса, а в составе Гаяндской пластины – породы кичерского комплекса.

#### ***3.3.1. Нюрундуканский комплекс***

##### ***3.3.1.1. Богучанская тектоническая пластина***

Как говорилось выше, Богучанская тектоническая пластина контактирует по мощной зоне бластомилонитов с Байкальским массивом гнейсо-гранитов Горемыкского блока. Обнаженность в ее пределах сосредоточена вдоль берега оз. Байкал от м. Лударь до м. Тонкий, остальная часть пластины скрыта акваторией озера. Наибольшее внимание исследователей было приковано к геологии береговых обнажений в районе м. Писаный Камень, что обусловлено обнаружением в их пределах В.А. Макрыгиной гранулитов, пироксеновых мигматитов и чарнокитоидов (Макрыгина и др., 1989). Отнесение данных пород к гранулитам было обосновано наличием двупироксеновых минеральных

ассоциаций и расчетом температуры метаморфизма по двупироксеновому и двупироксен-амфиболовому геотермометрам, которая составила 755-800° С. Позднее, в работах А.А. Цыганкова с соавторами, проведено уточнение PT параметров метаморфизма двупироксеновых гранулитов. Оцененное давление дало разброс значений от 5 до 12 кбар, а значения температуры составили 810-990° С. В итоге на схеме геологического строения юго-западной части Кичерской зоны образования Богучанской пластины и Горемыкского блока были объединены в единый гранулит-чарнокитовый комплекс (Конников и др., 1999; Цыганков, 2005; Федотова и др., 2014; Kroner et al., 2015). Как будет показано ниже, исходя из наших новых изотопно-геохимических и геохронологических данных, такая корреляция не вполне обоснована.

По нашим данным образования нюрндукуканского комплекса слагают подавляющую часть обнажений Богучанской пластины. К ним мы относим амфиболиты, метагаббро, двупироксеновые кристаллосланцы, пироксен-биотит амфиболовые гнейсы, жильными чарнокитоидами и эндербитами, а также агматиты м. Лударь. Единичные жильные тела и дайки более поздних калишпатовых гнейсо-гранитов и субщелочных метагаббро мы выделяем в онколнокитский и богучанский комплексы соответственно.

#### *Береговые обнажения в районе м. Писаный Камень*

Мыс Писаный Камень располагается в 6 км севернее от с. Байкальское на границе бухт Богучанская и Балтаханова. Географически данный участок разделяется на две части - м. Малый и м. Большой Писаный Камень. На основании проведенных нами детальными полевыми исследований и петрографических данных, установлено, что разнообразные по составу метаморфические и магматические породы обособлены в небольших тектонических пластинах, как правило, лишенных магматических контактов (рисунок 3.4). Пластины имеют различную мощность, которая варьирует от первых метров до 20-25 м. Они характеризуются преимущественно северо-западным простиранием, в редких случаях встречаются реликты небольших складок с таким же простиранием осей (рисунок 3.5а).

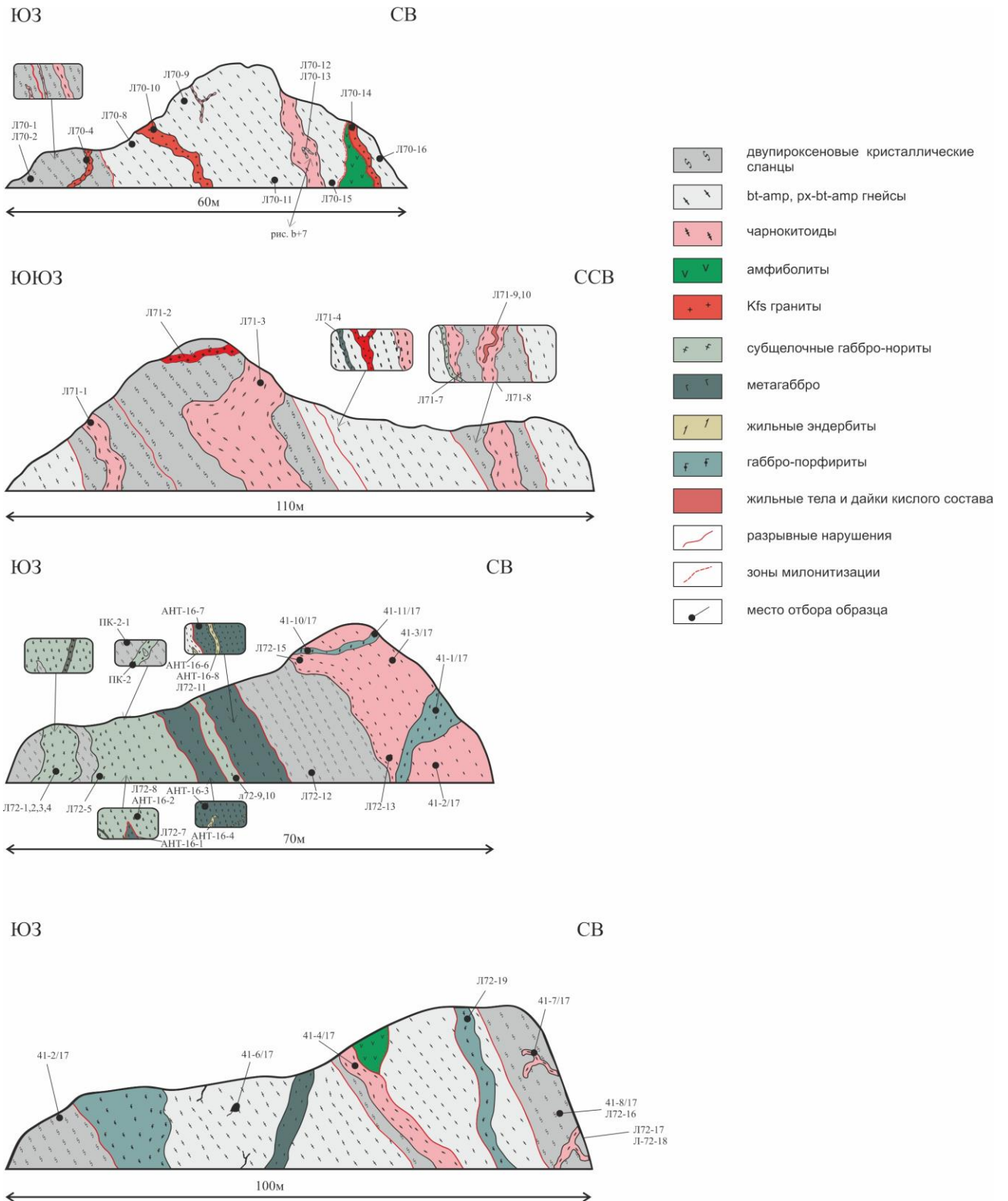


Рисунок 3.4. Обобщенные структурно-геологические разрезы скальных выступов в пределах м. Писаный Камень.

Согласно полученным данным в составе разреза выделяются метаморфические двупироксеновые кристаллосланцы, пироксен-биотит-

амфиболовые гнейсы, амфиболиты, чарнокитоиды и эндербиты субстрата, а также более поздние дайки метагаббро и гранитоидов. Описанные предшественниками широко распространенные породы гранулитовой фации метаморфизма, к которой мы с уверенностью относим только двупироксеновые кристаллосланцы, а также, вероятно, жильные тела чарнокитоидного состава, фрагментарно обнажаются лишь в нескольких непротяженных скальных выступах. Такое расхождение могло быть обусловлено тем, что в разрезе представляющим собой тектонический коллаж крайне затруднено соотношение объемов тех или иных разновидностей пород.

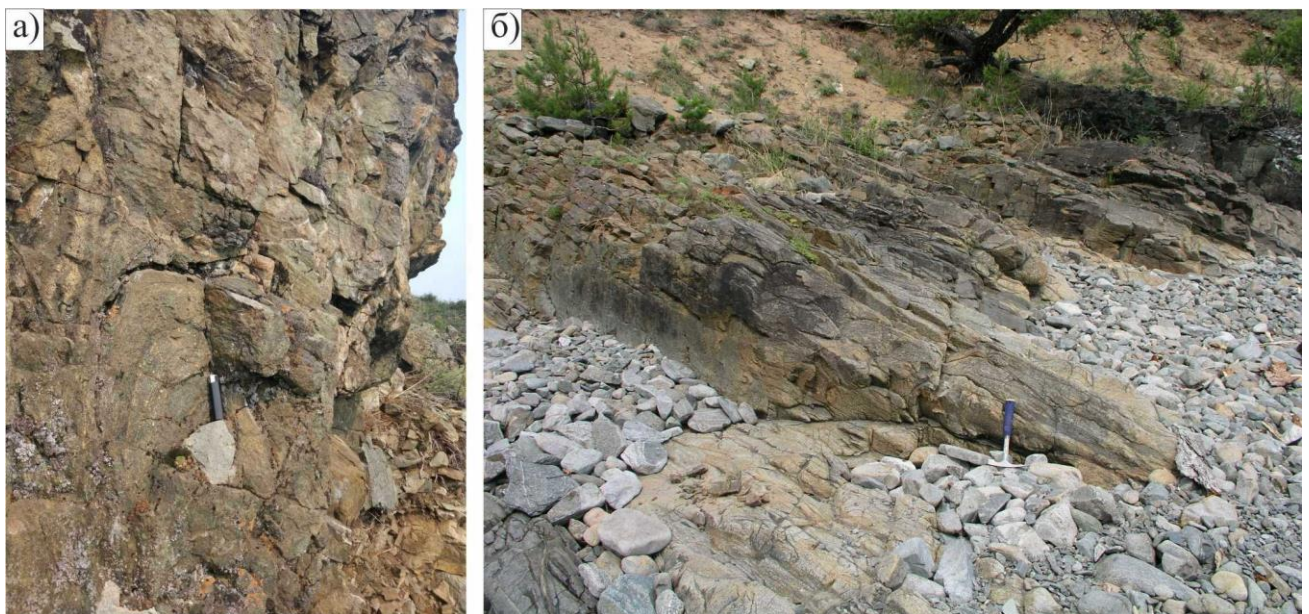


Рисунок 3.5. Взаимоотношения пород в обнажениях м. Писаный Камень.

(а) – реликты изоклиналильных складок; (б) – двупироксеновые кристаллические сланцы с неявно проявленной кристаллизационной сланцеватостью.

Двупироксеновые кристаллосланцы представляют собой средне-мелкозернистые породы, как правило, с массивной или слабосланцеватой текстурой, изредка встречаются разновидности, в которых наблюдается кристаллизационная сланцеватость (рисунок 3.5б). Чаще всего для них характерна серая и желтовато-бурая окраски. Им типичен следующий минеральный парагенезис - Pl (50-60%), Срх (15-25%), Орх (10-15%), ± Kfs (5%), Ilm (5%), Vt (3-4%), Qz (1-2%). Описываемые породы представлены в обнажениях, как правило, пластообразными телами в отдельных тектонических пластинах различной мощности. Иногда, в кристаллосланцах, наблюдаются секущие контакты с

различными жильными образованиями диоритового и гранодиоритового составов (рисунок 3.6б). Помимо этого, данный комплекс пород интродуцирован дайками габброидного состава (рисунок 3.6а).

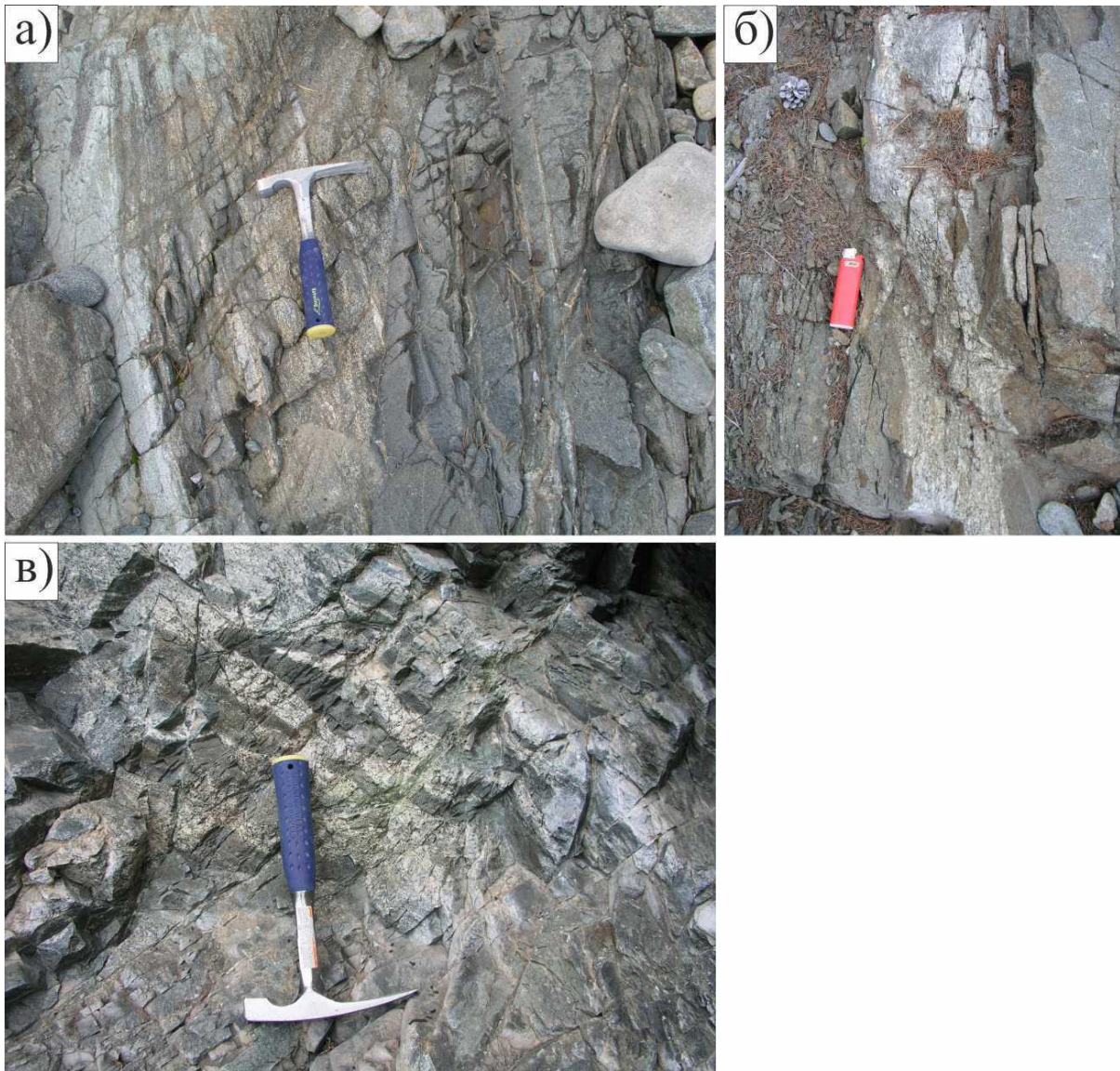


Рисунок 3.6. Взаимоотношения пород в обнажениях м. Писаный Камень.

(а) – дайки габброидного состава в двупироксеновых кристаллических сланцах; (б) – секущие жильные тела гранодиоритового состава среди двупироксеновых кристаллических сланцев; (в) – реликты изоклинальных складок в метагаббро.

Метагаббро, амфиболиты, пироксен-биотит-амфиболовые и биотит-амфиболовые гнейсы имеют самое широкое распространение в пределах изученных обнажений. Они слагают как самостоятельные пластины различной мощности, так и небольшие тектонические линзы. Мощность пластин варьирует от

первых метров до десятков метров. Описываемыми разностями выполнены, местами встречающиеся, реликты изоклиналиных складок (рисунок 3.6в). Структура данных пород средне-мелкозернистая, как правило, массивная, их окраска изменяется от темно-серой до серо-зеленой. Они состоят из плагиоклаза, роговой обманки, ± ромбического пироксена, ± биотита и рудного минерала. Плагиоклаз альбитизирован и соссюритизирован. Зелено-бурая роговая обманка, вероятно, является вторичной по пироксену, так как последний встречается в отдельных, частично замещенных, реликтовых зернах. По некоторым зернам роговой обманки развивается хлорит и эпидот.

Отдельный интерес представляют крупно-среднезернистые породы чарнокитоидного состава, в которых отмечаются крупные кристаллы гиперстена. Эти породы встречаются как на м. Малый Писаный камень, так и на м. Большой Писаный Камень. Площадь их распространения невелика. Повсеместно они приурочены к описанным выше двупироксеновым кристаллосланцам, образуя в них жильные тела различной мощности (от первых сантиметров до нескольких метров). На контакте с вмещающими породами жилы имеют субсогласное залегание относительно сланцеватости, а иногда секут ее (рисунок 3.7а). В некоторых телах чарнокитоидов наблюдаются реликты непереработанного субстрата (рисунок 3.7в). Цвет пород варьирует от бежевого до светло-серого, а порой встречаются совсем лейкократовые разности. Минеральный состав всегда близок к таковому во вмещающих породах, но обязательно добавляется калиевый полевой шпат и кварц. Для плагиоклаза характерно его закономерное прораствание калиевым полевым шпатом, а также наличие мирмекитов на контакте с кварца зернами ортоклаза.

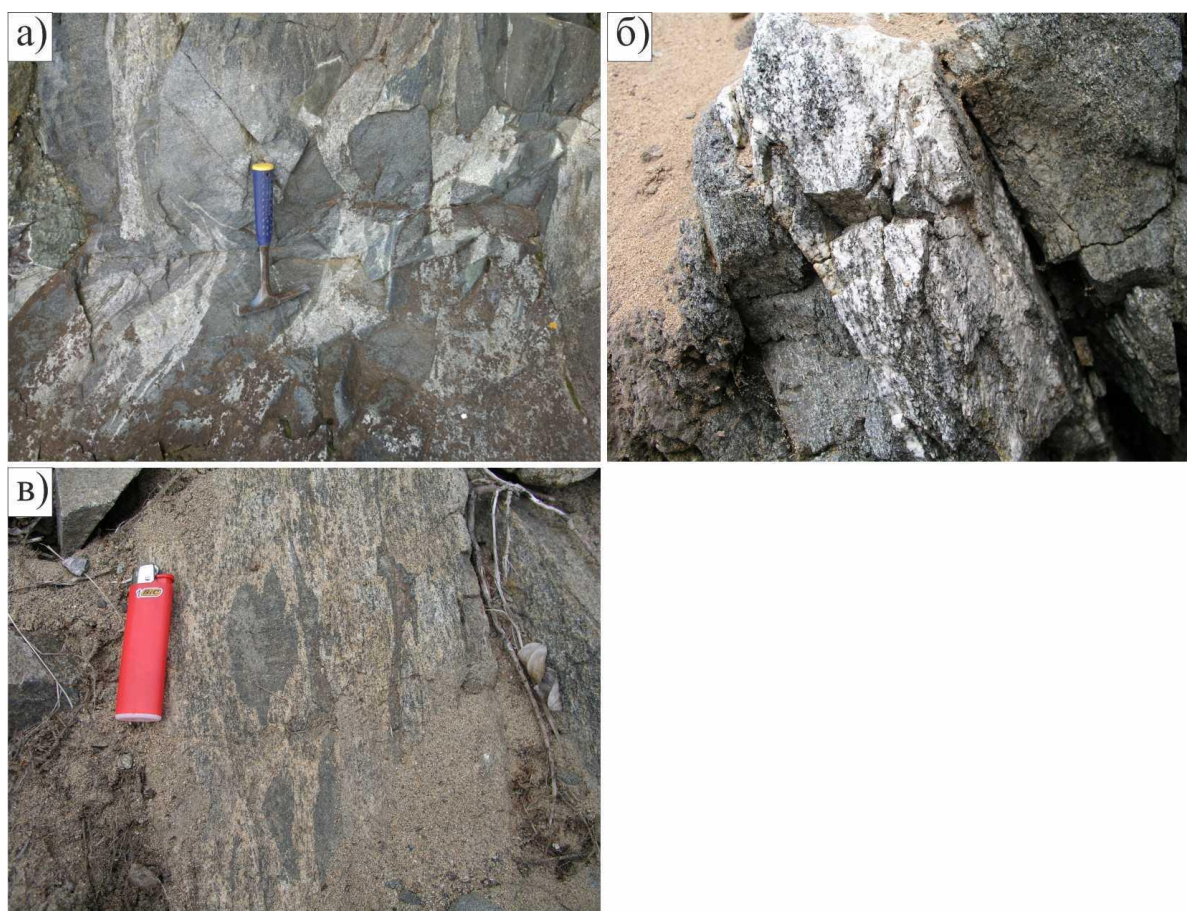


Рисунок 3.7. Взаимоотношения пород в обнажениях м. Писаный Камень.

(а) – секущее и субсогласное положение жил чарнокитоидов относительно субстрата; (б) – жильные тела эндербитов в габброидах; (в) – реликты непереработанного субстрата в чарнокитоидах.

Несмотря на то что большая часть подобных пород имеет признаки присущие метаморфическим образованиям (перекристаллизация, деформация), некоторые исследователи указывают на их магматическое происхождение (Le Maitre, 2002). Чаще же породы данного состава относят к продуктам гранулитовой фации метаморфизма, что может быть подтверждено, в нашем случае, их совместным сонахождением с основными двупироксеновыми кристаллическими сланцами. Выявленные характер контактов и структурно-текстурные признаки чарнокитоидов могут указывать на их анатектическую природу происхождения, на пике гранулитовой фации метаморфизма.

Жильные эндербиты представлены лейкокартовыми крупно-среднезернистыми породами, сложенными в основном плагиоклазом и редкими

кристаллами пироксена, который замещается амфиболом. Они образуют маломощные жилы и прожилки (5-30 см), которые локализованы исключительно среди метагаббро (рисунок 3.7б). По данным Ю.В. Амелина (Амелин и др. 2000), возраст данных пород составляет  $617 \pm 5$  млн лет.

### *Береговые обнажения северной части Богучанской губы*

Обнажения северной части Богучанской губы представлены сочетанием тектонических пластин различной мощности и характеризуются широким развитием амфиболитов. Контакты между пластинами фиксируются бластомилонитами и сопутствующими им тектономагматическими брекчиями (рисунок 3.8б). Амфиболиты представлены средне-мелкозернистыми разностями, как правило, с зеленовато-серой окраской. Типичными минералами являются амфибол, который замещается хлоритом и эпидотом, а также плагиоклаз. Такие факты как, отсутствие признаков гранулитового метаморфизма и нахождение отдельных мелких линз двупироксеновых кристаллических сланцев среди ортоамфиболитов (Конников и др., 1999), не могут надежно свидетельствовать о природе происхождения большей части амфиболитов вследствие диафтореза базитовых гранулитов.

Гранулиты этого участка имеют резко подчиненное распространение и представлены двупироксеновыми кристаллическими сланцами, которые образуют маломощные обрамляющие зоны вокруг тектонических буддин метагаббро. Петрографически они ничем не отличаются от таковых в юго-восточной части бухты. В самой южной части линии береговых обрывов, некоторыми исследователями (Федотова и др., 2014), было отмечено маломощное тело гранулитов с хорошо проявленной шаровой отдельностью. В ходе детального геологического изучения этой части разреза, установлено, что данные структуры представляют собой не что иное, как десквамационную отдельность. Десквамационные трещины развиваются при выветривании путем постепенного сглаживания углов при смыкании ортогональных трещин. Разброс размеров псевдошаровых блоков варьирует от 5 до 30 см (рисунок 3.8а). Такой тип

трещиноватости характерен для габбро-норитов. Этот факт может указывать на то, что протолитами основных гранулитов, скорее всего, являются габброиды. В некоторых обнажениях вмещающие породы нюрндуканского комплекса секутся дайками калишпатовых гнейсо-гранитов (онколнокитский комплекс).

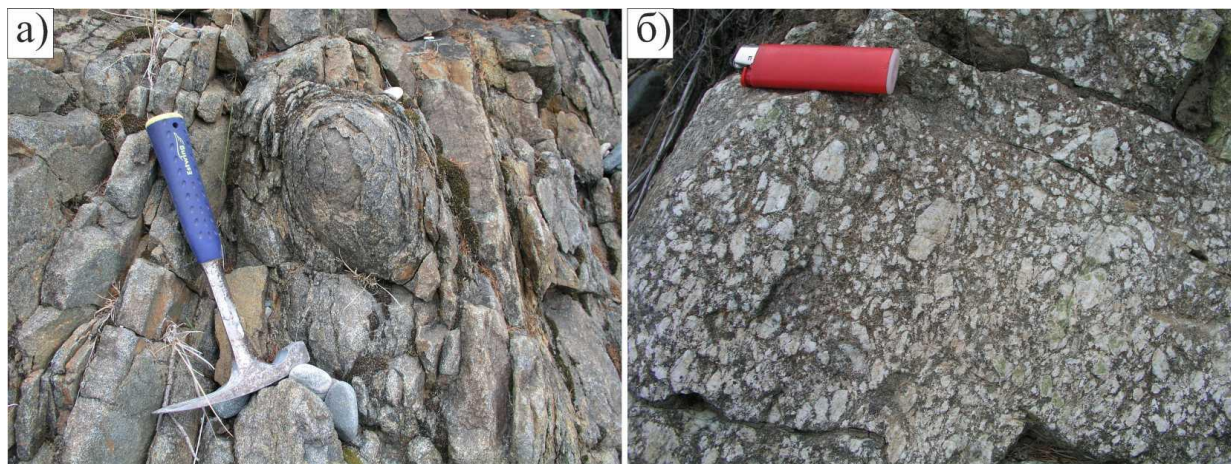


Рисунок 3.8. Взаимоотношения пород в обнажениях северной части Богучанской губы.

(а) – псевдосферовая отдельность в дупироксеновых кристаллических сланцах; (б) – тектономагматическая брекчия на контакте тектонических пластин.

### *Скальные выступы м. Красный Яр*

Состав пород и их взаимоотношения в обнажениях м. Красный Яр наблюдают сходство с таковыми на м. Писаный Камень и северной части Богучанской губы. На этом участке подавляющее количество небольших тектонических доменов сложены метагаббро и апогаббровыми амфиболитами. В данных образованиях встречаются калишпатовые гнейсо-граниты, которые занимают секущее положение относительно вмещающих пород. Граниты представляют собой мелко-среднезернистые породы, розовато-красного цвета, как правило, со слабо сланцеватой текстурой. Главные минералы представлены микроклинном, плагиоклазом и кварцем. Юго-восточнее точки наблюдения R-15-32, за небольшим мысом, вдоль линии пляжа прослеживаются выходы дупироксеновых кристаллосланцев. Гранулиты слагают отдельные пластины и выражены в рельефе в виде мелкой псевдосферовой отдельности схожей с подобной в районе северной части Богучанской губы. Местами, в кристаллических сланцах встречаются маломощные прожилки чарнокитоидов. На контактах между

отдельными пластинами встречаются различной мощности зоны бластомилонитизации.

*Геологическая характеристика обнажений в районе м. Лударь*

В северной части м. Лударь, вдоль побережья оз. Байкал, обнажены рассланцованные амфиболиты, метагаббро и биотит-амфиболовые гнейсы. Гнейсы представляют собой рыжеватые среднезернистые породы с отчетливо проявленным рассланцеванием. В отдельных шер-зонах гнейсы включают полный ряд продуктов мигматизации от венитов и артеритов до эффектных агматитов (рисунок 3.9б,в,г). Среди подчиненной по объему неосоме, представленной беспорядочно расположенными жилками и прожилками, находятся угловатые с четкими очертаниями фрагменты палеосомы. Палеосома имеет базитовый состав и по своим петро- и геохимическим характеристикам аналогична метабазитам широко распространенным в пределах Богучанской пластины. Неосома может являться как продуктом инъекций гранитной магмы, так и результатом анатексиса пород основного состава. В гнейсах отмечены секущие жилы аплитовых гранитоидов мощностью от 20 см до 1 м. В свою очередь в гранитах присутствуют ксенолиты, вероятно, все тех же метабазитов. В южной части мыса, вдоль мощного тектонического шва, наблюдается полоса тектонитов, сформированных по амфиболитам и гранитам, а также типичные для зон растяжения сигмоидные и линзовидные будины массивных метабазитов, обтекаемые интенсивно деформированными тектонитами (рисунок 3.9а). Стоит отметить, что вмещающие породы в северной части разреза представлены в основном амфиболитами, а в южной – метагаббро. В самой южной части мыса, у подъема к ретранслятору, выделяется поле анатектитов диоритового состава протолитом которых, по всей видимости, являются габброиды. Схожие по составу породы были отмечены и в междуречье Талая-Горемыка.

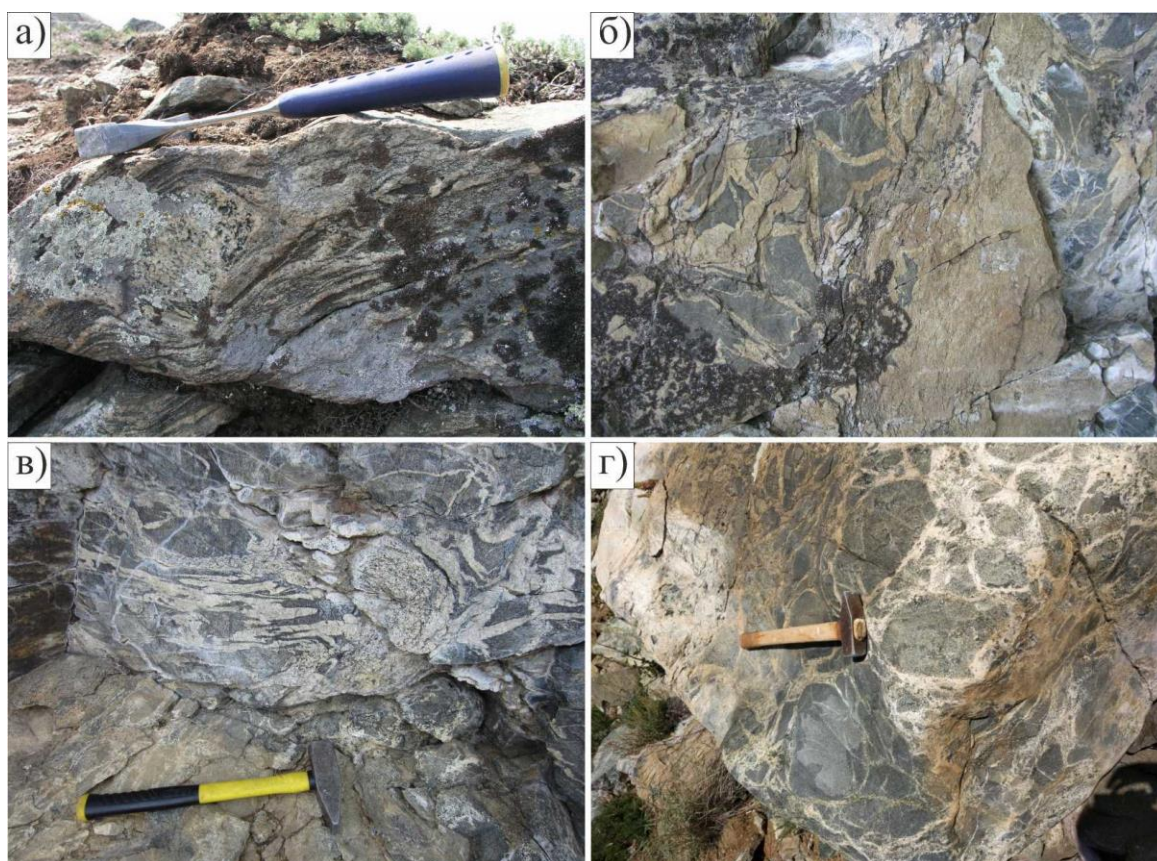


Рисунок 3.9. Взаимоотношение пород в обнажениях м. Лударь.

(а) – сигмоидные, линзовидные будины в метагаббро; (б), (в) – различные типы мигматитов; (г) – агматиты.

Опираясь на геологические взаимоотношения и состав пород, можно сделать вывод, что в строении Богучанской пластины принимают участие породы преимущественно базитового состава, продукты их метаморфического преобразования и диоритовые агматиты нюрндуканского комплекса, слагающие небольшие тектонические пластины второго порядка. Эти породы преобладают в строении Богучанской пластины, а учитывая схожесть характера их геологического положения в структуре пластины, мы объединяем их в составе нюрндуканского комплекса. Помимо них в строении пластины участвуют жильные тела и дайки Kfs гнейсо-гранитов, которые отнесены нами к онколнокитскому комплексу. В пределах Богучанской пластины для геохронологических исследований были отобраны образцы диорита агматита (52-1/17), чарнокитоида (13-4/11), амфиболита (4-2/11) и метагаббро (4-1/11) (рисунок 3.2.), полученные результаты будут обсуждаться в главе 4.

### 3.3.1.2. Слюдинско-Курлинская тектоническая пластина

Слюдинско-Курлинская пластина прослеживается в северо-восточном направлении от левого борта долины р. Горемыка вдоль оз. Байкал до долины р. Холодная и имеет протяженность около 90 км. В тектоническом плане пластина представляет собой центральную часть шовной сдвигово-надвиговой зоны и состоит из серии пластин второго порядка, отличающихся между собой степенью тектонической переработки слагающих их пород. В ее пределах нюрундуканский комплекс представлен амфиболитами, гранат-биотит-амфиболовыми ортогнейсами и мусковит-биотитовыми гнейсами, которые включают субпластовые тела метагаббро-норитов и апогаббровых бластомилонитов, а также интрузии метадiorитов, участвующих в складчатых деформациях и рассланцевании. Жильные и дайковые тела адакитовых гранитоидов выделены нами в нижнеангарский комплекс.

#### *Участок мысовых туннелей БАМ Северобайкальск-Нижнеангарск*

Наиболее изученным участком Слюдинско-Курлинской пластины является опорный геологический разрез вдоль мысовых туннелей БАМ (рисунок 3.10). Наиболее доступные для исследования обнажения данного участка располагаются в скальных выступах, которые прослеживаются от г. Северобайкальск до п. Нижнеангарск.

В районе второго туннеля БАМ по направлению Северобайкальск-Нижнеангарск, недалеко от устья р. Курла. В точке SN-1 наблюдается небольшой тектонический домен темных гранат-биотит-амфиболовых гнейсов с будинами и линзами габброидов. Гнейсы имеют четкую мигматитовую полосчатость (Аз. пр. 55 <55-60), которая выражена чередованием лейкократовых полос кварц-полевошпатового состава с меланократовыми полосами мафического материала. Мощность полос варьирует от 1см до 10см. Границы между полосами чаще всего резкие, но наблюдаются и постепенные переходные зоны от одних пород в другие. В некоторых местах полосчатая текстура имеет тенденцию переходить по простиранию в линзовидно-полосчатую. Самыми ранними структурными

элементами, распознаваемыми в этом блоке, являются реликты изоклинальных складок ( $F_{n+1}$ ), кристаллизационная сланцеватость ( $S_{n+1}$ ) и параллельные ей метаморфическая и мигматитовая полосчатость этапа  $D_{n+1}$  (рисунок 3.11а). Далее, по следованию маршрута, прослеживается серия маломощных пластин (2-3 м) преимущественно амфиболитового состава. Амфиболиты - темно-серые, почти черные, мелкозернистые, реже среднезернистые, в различной степени мигматизированы и интенсивно рассланцованы (Аз. пр. 40 <50-55). Изредка амфиболиты имеют массивную текстуру. Далее по разрезу пласты меланократовых гранат-биотит-амфиболовых гнейсов сменяются лейкократовыми мусковит-биотитовыми гнейсами. В 20м от точки наблюдения SN-2, в крутом скальном выступе, фиксируются совместно деформированные лейкократовые гнейсы и амфиболиты, структурные элементы которых отвечают второму этапу деформаций ( $D_{n+2}$ ). Данные структурные элементы представлены пакетом небольших изоклинальных складок ( $F_{n+2}$ ) с пологими осевыми плоскостями (рисунок 3.11б), параллельно которым развиты зоны интенсивного рассланцевания ( $S_{n+2}$ ). Шарниры изоклинальных складок ( $F_{n+2}$ ) ориентированы по падению сланцеватости (Аз. погр. шарнира 25). Образование структурных элементов второго этапа деформаций, вероятнее всего, протекало в условиях тектонического транспорта в направлении с юго-запада на северо-восток. В промежутке между точками SN-2 и SN-4 разрез представлен чередованием тектонических пластин различной мощности (от 2м до 15м), которые сложены амфиболитами, меланократовыми и лейкократовыми гранатовыми гнейсами. Среди амфиболитов не редко встречаются будины и тектонические линзы метагаббро. Повсеместно метаморфиты нюрндукуканского комплекса рассечены серией жильных тел и даек мусковит-биотитовых адакитовых плагиогранитов, которые ранее относились к мигматит-плагиогранитной ассоциации «нюрндукуканской серии» (Конников и др., 1999). Мощность жил и прожилков варьирует от нескольких сантиметров до 3-4 метров. Взаимоотношение жильных тел гранитов с вмещающими их породами различно, как правило, адакитовые плагиограниты пересекают под различными углами сланцеватость  $S_{n+2}$ , пакеты складок  $F_{n+2}$  и бластомилониты шер-зон, а иногда идут субсогласно

сланцеватости. Примечательно, что такие взаимоотношения могут прослеживаться в пределах одной жилы (рисунок 3.11в). Стоит отметить, что субсогласные взаимоотношения встречаются только на контактах с разрывными нарушениями, иногда образуя складки волочения и птигматитовые прожилки. Если гранитные жилы образуют острый угол с вектором движения противоположного крыла разлома, то они подворачиваются по направлению его движения. В промежутке между точками наблюдения SN-4 и SN-5, обнажаются пластины различной мощности, сложенные гнейсами с гранатом и без, а также амфиболитами. Эти породы в различной степени мигматизированы, для гнейсов характерно чередование лейкократовых, меланократовых амфиболовых и гранат-биотит-амфиболовых разностей, включающих будины метагаббро и амфиболитов. В районе точки наблюдения SN-5 амфиболиты смяты в сильно сжатые лежащие складки  $F_{n+3}$ , параллельно осям которых ориентированы зоны интенсивного рассланцевания  $S_{n+3}$  (рисунок 3.11г). Шарниры складок  $F_{n+3}$  имеют северо-восточное простирание. Формирование структурных элементов третьего этапа деформаций, скорее всего, обусловлено направлением тектонического транспорта с северо-запада на юго-восток. Помимо этого, в одном из скальных выступов, обнаружена складка подобная коробчатой, с крутыми крыльями и плоским замком. В районе точки 14-1/11 наблюдается контрастное тело анатектитов в амфиболитовом матриксе, породы с подобной текстурой и похожим составом были встречены среди metabазитов Гасан-Дякитской пластины и в южной части м. Лударь.

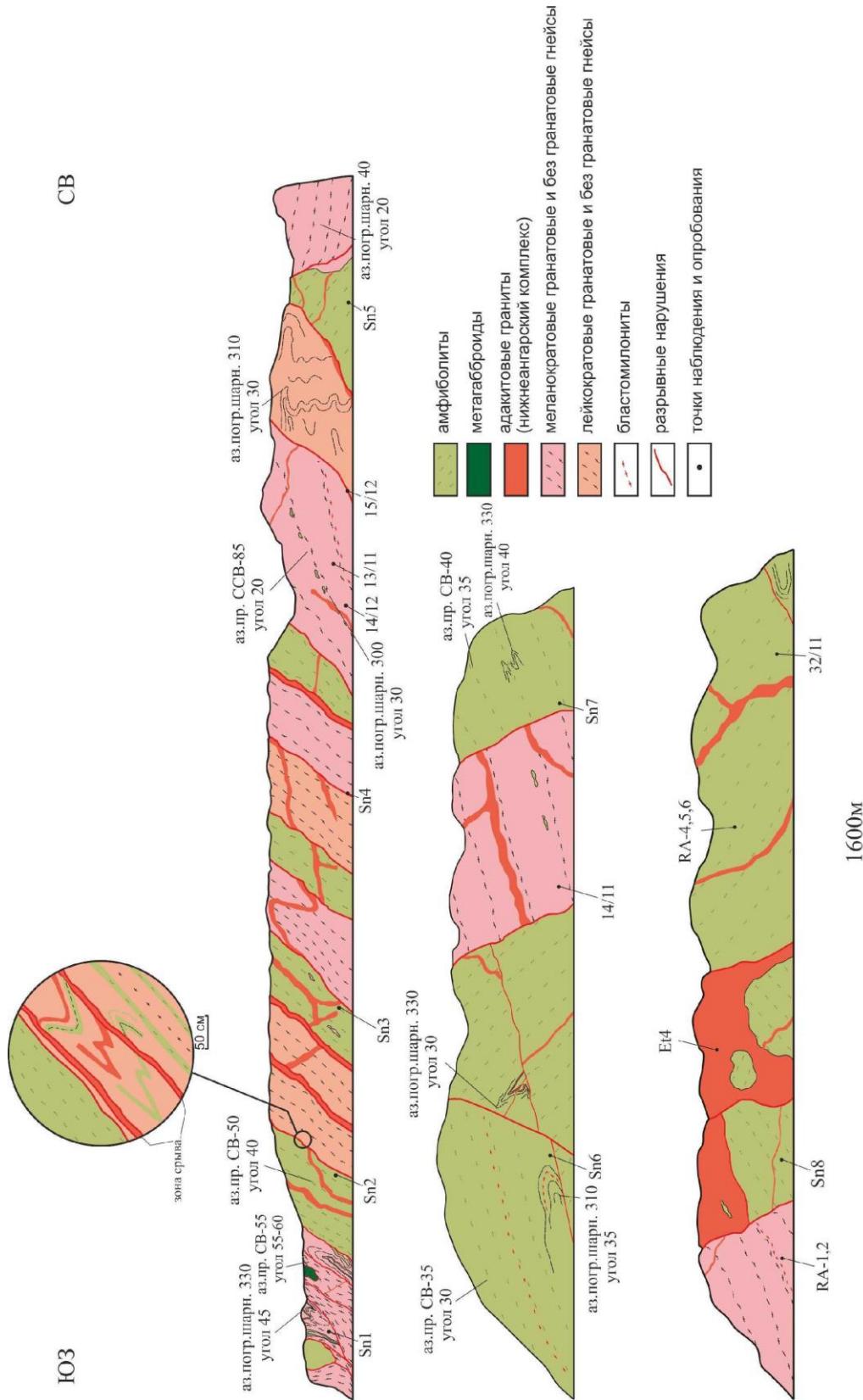


Рисунок 3.10. Обобщенные структурно-геологические разрезы скальных выступов в районе туннелей БАМ (Северобайкальск-Нижнеангарск).

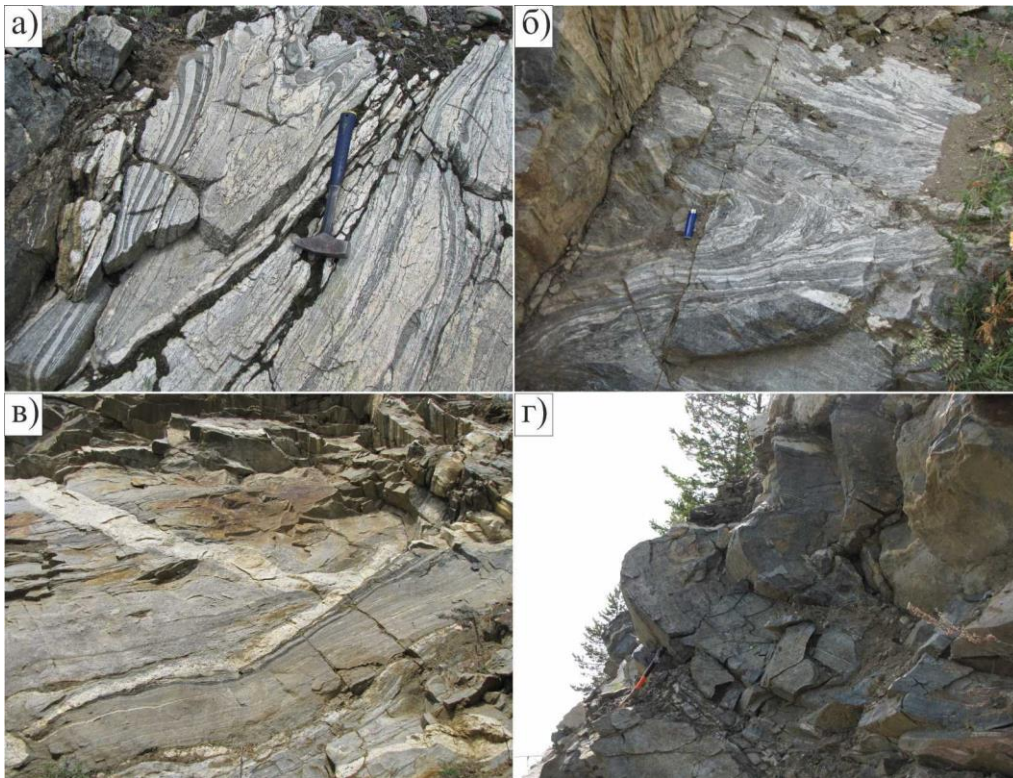


Рисунок 3.11. Взаимоотношения пород в скальных обнажениях мысовых туннелей БАМ.

(а) – структурные элементы этапа  $D_{n+1}$  в ортогнейсах; (б) – реликты складок  $F_{n+2}$  ограниченные субпараллельными зонами расланцевания  $S_{n+2}$ ; (в) – взаимоотношение жил адакитовых гранитов (нижнеангарский комплекс) с вмещающими породами; (г) – сжатые лежащие складки  $F_{n+3}$ .

В крутых стенах и скальных выступах четвертого мысового туннеля БАМ преобладающими породами являются гранатовые амфиболиты, соотношение амфиболитов к гнейсам примерно 80% к 20%. Амфиболиты слагают мощные (до 60м) крутозалегающие пластины и, местами, смяты в складки третьей генерации. Большую роль в этом обнажении играют и граниты, слагая помимо жильных образований достаточно мощные субпластовые тела. В таких телах прослеживаются четкие переходы от светло-серых мелкозернистых разностей к серым биотитовым и даже крупнозернистым пегматоидным мусковитовым лейкогранитам. Среди амфиболитов преобладают черные, мелкозернистые с гранатом, местами мигматизированные разности. Иногда амфиболиты ассоциируют с серыми, среднезернистыми, биотит-амфиболовыми диоритами и совместно участвуют в складчатости ( $F_{n+3}$ ) третьего этапа деформаций. Недалеко

от точки наблюдения SN-8, в одном из обнажений, среди лейкократовых крупно-среднезернистых адакитовых гранитоидов обнаружены автолиты (гомеогенные включения). Включения представлены серыми гранитами идентичного состава, что и вмещающие их лейкократовые разности (рисунок 3.12). Такая структура могла возникнуть за счет течения поднимающегося расплава и захвата уже закристаллизовавшейся его части оторванной от стен магматической камеры.



Рисунок 3.12. Автолиты в адакитовых лейкогранитах, район 4-ого туннеля БАМ.

#### *Участок устья р. Холодная*

При проведении геологических исследований в районе р. Акукан, левом притоке р. Холодная, среди метабазитов нюрндукуканского комплекса, выделены и задокументированы метагаббро-диориты и метадиориты, слагающие протяженные (до 15 км) плитообразные интрузии. Диориты представляют собой темно-серые мелко-среднезернистые породы с отчетливо проявленным рассланцеванием. В основном они сложены бурой роговой обманкой и плагиоклазом с редкими реликтами пироксена, на которые наложены продукты низкотемпературного метаморфизма. Ранее подавляющая часть описываемых пород была отнесена к «нюрндукуканской толще», остальная же часть традиционно картировалась в составе муйского комплекса раннепротерозойского возраста (Салоп, 1964). По имеющимся на сегодняшний день данным установлено, что возраст гранитоидов муйского комплекса из верхнего течения р. Мудириккан составляет  $812 \pm 19$  млн лет

(Рыцк и др., 2001). В связи с этим, как будет показано ниже, позднебайкальские метадiorиты устья р. Холодная не могут сопоставляться с образованиями муйского комплекса.

Таким образом в строении, в строении Слюдинско-Курлинской пластины преобладают metabазиты, ортогнейсы и метадiorиты, подверженные высокотемпературному метаморфизму и вовлеченные в складчатые деформации и расщепление. Они имеют сходство с комплексом основных пород Богучанской пластины и подобно последним, рассматриваются в качестве нюрндукуканского комплекса. Жильные тела адакитовых гранитов, которые пересекают сланцеватость, бластомилониты шер-зон и пакеты складок вмещающих метаморфических пород нюрндукуканского комплекса, выделяются нами в нижнеангарский комплекс. В пределах Слюдинско-Курлинской пластины для геохронологических исследований был отобран образец метадiorита (16-4/11) (рисунок 3.2), полученные результаты будут обсуждаться в главе 4.

### *3.3.1.3. Гасан-Дякитская пластина*

На этом участке в составе нюрндукуканского комплекса нами впервые выделена толща мигматизированных амфиболовых диорито-гнейсов (рисунок 3.13а), которые прослежены по простиранию на расстояние более 30 км. Диорито-гнейсы сложены ассоциацией актинолит, хлорит, цоизит и биотит с остатками первичного магматического плагноклаз-амфиболового парагенезиса с редким зернами пироксена. Повсеместно обнаруживаются последовательность от объемно или послойно мигматизированных амфиболовых гнейсов и амфиболитов в разной степени насыщенных лейкосомой до плагиомигматитов, в которых сохранены постепенные переходы к вмещающим амфиболовым гнейсам и амфиболитам. Плагиомигматиты и амфиболовые гнейсы ассоциируют с жильными тоналит-трондьемитами. Местами трондьемиты образуют жилы секущие метаморфическую полосчатость вмещающих их пород (рисунок 3.13б). Ранее описываемые плагиомигматиты и трондьемиты относились к габбро-плагиогранитному

муйскому комплексу (Дедюхин, 1965), либо объединялись в плагиомигматитовый комплекс (Конников и др., 1999; Врублевская, Цыганков, 1997; Цыганков, 2005).

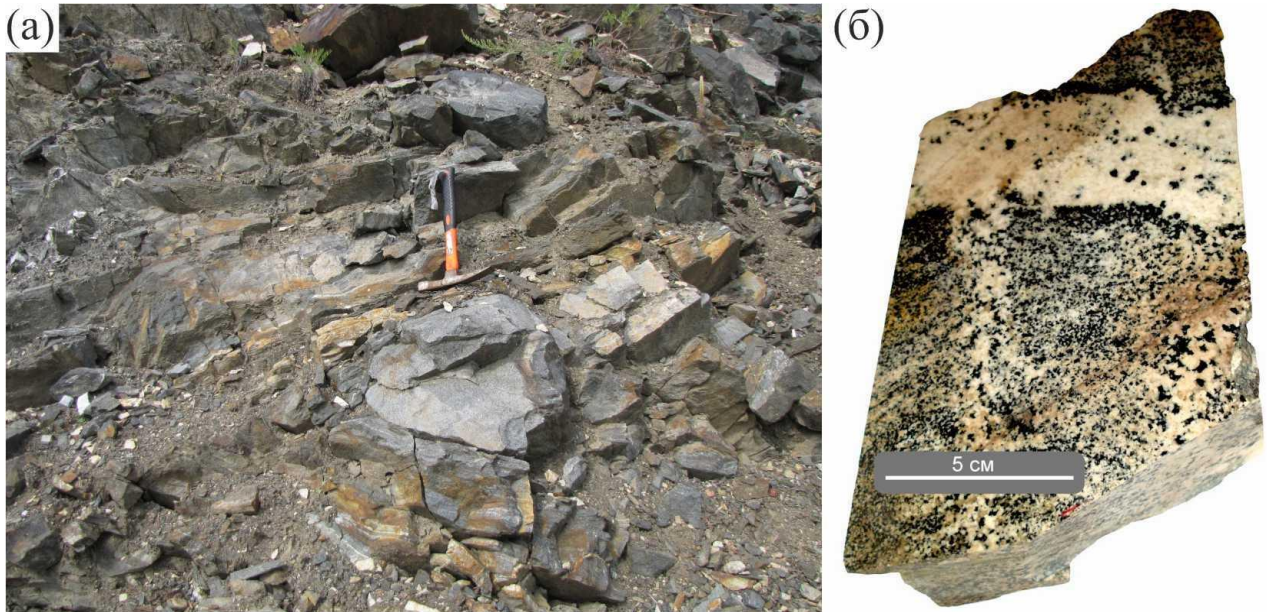


Рисунок 3.13. Взаимоотношения пород в обнажениях Гасан-Дякитской пластины.

(а) – совместно деформированные метабазиты и диорито-гнейсы нюрундуканского комплекса; (б) – пологое жильное тело тронджемитов в плагиомигматитах с апофизой, секущей метаморфическую полосчатость вмещающих пород нюрундуканского комплекса.

Метаморфические преобразования Нюрундуканского комплекса завершаются становлением калишпатовых двуслюдяных и биотитовых гнейсо-гранитов онколнокитского комплекса, установленных нами в верховьях р. Нюрундукан и подобных таковым в Богучанской пластине.

Изучение геологического строения Гасан-Дякитской позволило объединить в составе нюрундуканского комплекса диорито-гнейсы верховьев руч. Шумный, амфиболовые гнейсы, интенсивно мигматизированные амфиболиты и ассоциирующие с ними тронджемиты. Впервые установленные Kfs гнейсо-граниты верховьев р. Нюрундукан сопоставляются нами с подобными гнейсо-гранитами Богучанской пластины и выделяются в качестве онколнокитского комплекса. В пределах Гасан-Дякитской пластины для геохронологических исследований были отобраны образцы диорито-гнейса (R14-25-1), плагиомигматитов (23-6-11 и R14-22-2) и тронджемита (9-10/02) (рисунок 3.2), полученные результаты будут обсуждаться в главе 4.

### ***3.3.2. Кичерский комплекс***

Этот комплекс пород выделен в строении Гаяндской пластины. Он представлен вулканогенно-осадочными образованиями, ранее относившимися к аюлиндинской (Митрофанова и др., 2010), кичерской (Рыцк и др., 2007) и харгитуйской (Н.М. Мошкин ГК/50) толщам. Породы кичерского комплекса прослежены нами на водоразделе Кичера-Чая и далее в долину р. Левая Мама (рисунок 3.1). Помимо этого, вдоль северо-западного тектонического контакта Кичерской зоны и Маректинского выступа фундамента кратона, картируются отдельные тектонические линзы метаосадочных пород (рисунок 1.1; рисунок 3.1). В составе комплекса мы выделяем две толщи. Нижняя толща сложена тонкозернистыми метапесчаниками, алевросланцами и туфосланцами, которые включают горизонты углеродистых и известково-силикатных сланцев с единичными прослоями известняков. Верхняя толща представлена metabазальтами и редкими телами метариолитов с тонкими прослоями зеленых и углеродистых сланцев. Породы этих толщ объединяются нами в кичерский комплекс, который отличается от нюрндукуканского наличием метаосадков.

### **3.4. Позднебайкальские комплексы Кичерской зоны позднего этапа (615-545 млн лет)**

Эти образования представлены жильными и дайковыми телами, а также отдельными массивами, которые прорывают породы нюрндукуканского комплекса.

#### ***3.4.1. Онколнокитский комплекс***

В пределах Богучанской пластины породы комплекса развиты среди амфиболитов нюрндукуканского комплекса и представлены дайками калишпатовых биотит-амфиболовых гнейсо-гранитов. В одном из обнажений наблюдается субсогласная относительно вмещающих пород дайка гнейсо-гранитов, которая в свою очередь интродуцирована под углом  $80^\circ$  другой дайкой. Примечательно, что обе дайки сложены гранитоидами с практически идентичными петро- и геохимическими характеристиками (рисунок 3.14). Гнейсо-граниты представляют

собой красновато-серые, среднезернистые породы с хорошо выраженной минеральной линейностью, обусловленной параллельным расположением кристаллов биотита и амфибола.



Рисунок 3.14. Дайки Kfs гнейсо-гранитов (онколнокитский комплекс) в обнажении северной части Богучанской губы.

В верховьях р. Нюрндухан рассматриваемые гранитоиды слагают относительно крупный Онколнокитский массив, приуроченный к тектоническому шву Кичерской зоны с Маректинским выступом фундамента кратона. Ранее, по данным геолого-съёмочных работ 1:50000 масштаба, эти гранитоиды относились к мамско-оронскому комплексу (В.А. Чабаненко). В соответствии с представлениями С.П. Кориковского (Кориковский, 1987), подобные гранитоиды являются синметаморфическими и обычно завершают формирование зонально-метаморфических комплексов. Для геохронологических исследований был отобран образец гнейсо-гранита (20-2/12) (рисунок 3.2), полученные результаты будут обсуждаться в главе 4.

### ***3.4.2. Чая-нюрндуканский комплекс***

До недавнего времени ультрамафит-мафитовые массивы, широко распространенные в пределах Кичерской зоны, объединялись в офиолитовую ассоциацию (Добрецов, 1983). В настоящее время они рассматриваются как многофазные синколлизийные интрузии габбро-норитового состава с подчиненным количеством анортозитов, габброидов и ультрабазитов, локализованные в структурах присдвигового растяжения, и выделяются в чая-нюрндуканский комплекс (Конников и др., 1999; Конников, 1986; Цыганков, 2002, 2005; Врублевская и др., 2003). Принято считать, что формирование массивов происходило в конце криогения-эдиакарии, в интервале 650 – 560 млн лет (Amelin et al., 1997; Макрыгина и др., 1993).

#### *Геологическая характеристика массива Тонкий Мыс*

Чая-нюрндуканский комплекс охарактеризован на примере пород массива Тонкий Мыс. В северо-западной части Богучанской губы, впервые, установлен секущий контакт габброидов массива Тонкий Мыс и полиметаморфических образований Богучанской пластины. Структура массива Тонкий Мыс характеризуется совокупностью магматических тел, сложенных рядом пород от перидотитов до троктолитов, пироксенитов, габбро и анортозитов. Ультрабазиты имеют подчиненное значение относительно пород основного состава. Они представлены серо-зелеными крупнозернистыми плагиоклазовыми дунитами, которые образуют ксенолиты среди габброидов и самостоятельные небольшие пластовые тела мощностью от первых сантиметров до 2 м. Горнблендиты и пироксениты встречаются чаще, мощность тел слагаемых ими варьирует от 10 см до 8-10 м. В строении массива, в целом, преобладают породы габброидного ряда. Значительный объем разреза занимают троктолиты и оливинные габбро-норниты с коронитовыми структурами и гигантскими кристаллами амфибола, монокристаллы достигают длины до 15 см. Данная структура обусловлена тем, что на реликтовые зерна оливина радиально нарастают мелкие, перпендикулярные ядру, призмы пироксена, который в свою очередь окружен актинолитовой

реакционной каймой. Наиболее широко, в массиве, распространены габбро-нориты, оливковые и амфиболовые габбро. Последние, вероятно, образуются в результате позднемагматической амфиболизации пироксеновых габбро. Амфиболизация пироксенов приурочена к трещинам и выражается в образовании полос с нечеткими границами. Кроме этого, породы, слагающие описываемый массив, испытали наложенную амфиболизацию, которая приурочена к зонам разломов. Вдоль разрывных нарушений наблюдаются зоны бластомилонитизации и брекчирования. Проявления высокотемпературного регионального метаморфизма амфиболитовой фации в породах ультрамафит-мафитового массива Тонкий Мыс отсутствуют.

### 3.4.3. Адакитовые граниты нижнеангарского и богучанского комплексов

Впервые, на адакаитовые геохимические характеристики гранитных даек ультрамафит-мафитового массива Тонкий Мыс, обращено внимание в работе А. Федотовой с коллегами (Федотова и др., 2014). В ходе полевых исследований установлено, что дайки и жильные тела адакитовых гранитов приурочены к зонам сдвиговых деформаций. Вследствие этого, в одном из эталонных обнажений (рисунок 3.15), дайка светло-серых адакитов, образующая в приразломной зоне коленообразный изгиб (рисунок 3.16), морфологически схожа с замком складки с субгоризонтальным шарниром. В гранитоидах устанавливается зональность с постепенным переходом от мелко-среднезернистых к пегматоидным разновидностям.

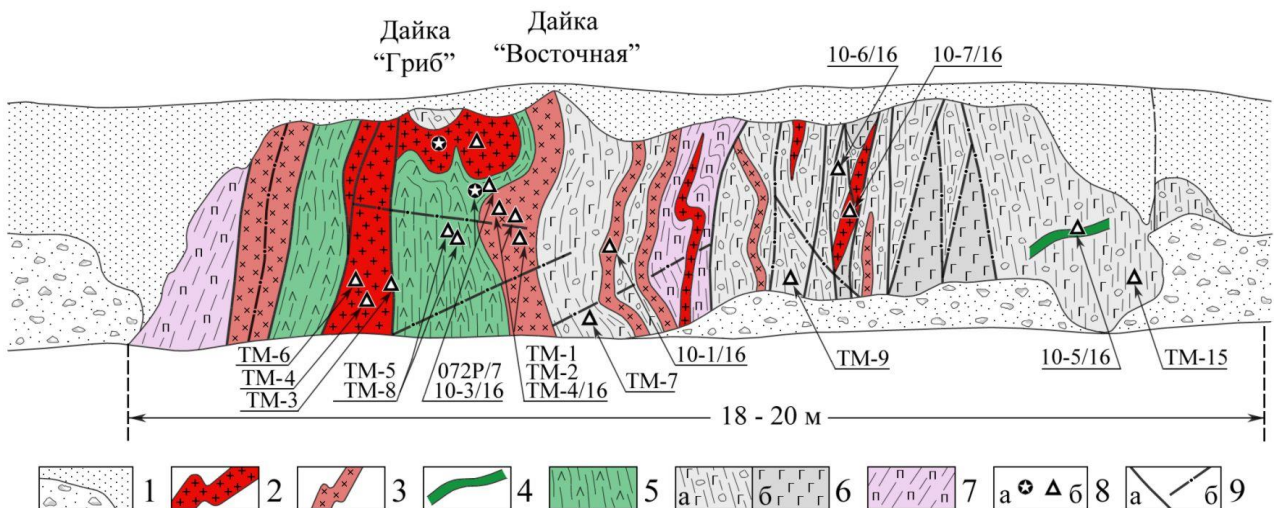


Рисунок 3.15. Дайки адакитовых гранитов в гипербазит-базитовом массиве Тонкий Мыс.

1 – современные отложения террасы и глыбовые осыпи; адакитовые граниты (2 – 5): 2 – лейкократовые плагиограниты (K-Na); 3 – кварцевые диориты – гранодиориты низкокалиевые; 4 – плагиограниты низкокалиевые; 5 – деформированные и измененные мелкозернистые диориты; 6 – рассланцованные, бластомилонитизированные габброиды (а), недеформированные габброиды (б); 7 – рассланцованные ультрабазиты, тектониты; 8 – места отбора образцов по (Федотова и др., 2014) (а) и авторские (б); 9 – разрывные нарушения и крупные трещины.

С адакитовыми гранитоидами ассоциируют жильные тела и дайки мелкозернистых зеленовато-серых диоритов и габброидов. У южного края м. Писаный камень, обнаружены дайки субщелочных габбро. В одном из обнажений отчетливо видно, как эти породы пересекают сланцеватость и включают ксенолиты вмещающих кристаллосланцев (рисунок 3.17). Габброиды представляют собой рыжевато-серые средне-мелкозернистые породы с массивной текстурой. Их минеральный парагенезис в целом схож с таковым у гранулитов, но в габброидах отсутствует ортопироксен и КПШ.



Рисунок 3.16. Дайка адакитовых гранитов в наложенной сдвиговой зоне ультрамафитового массива Тонкий Мыс.

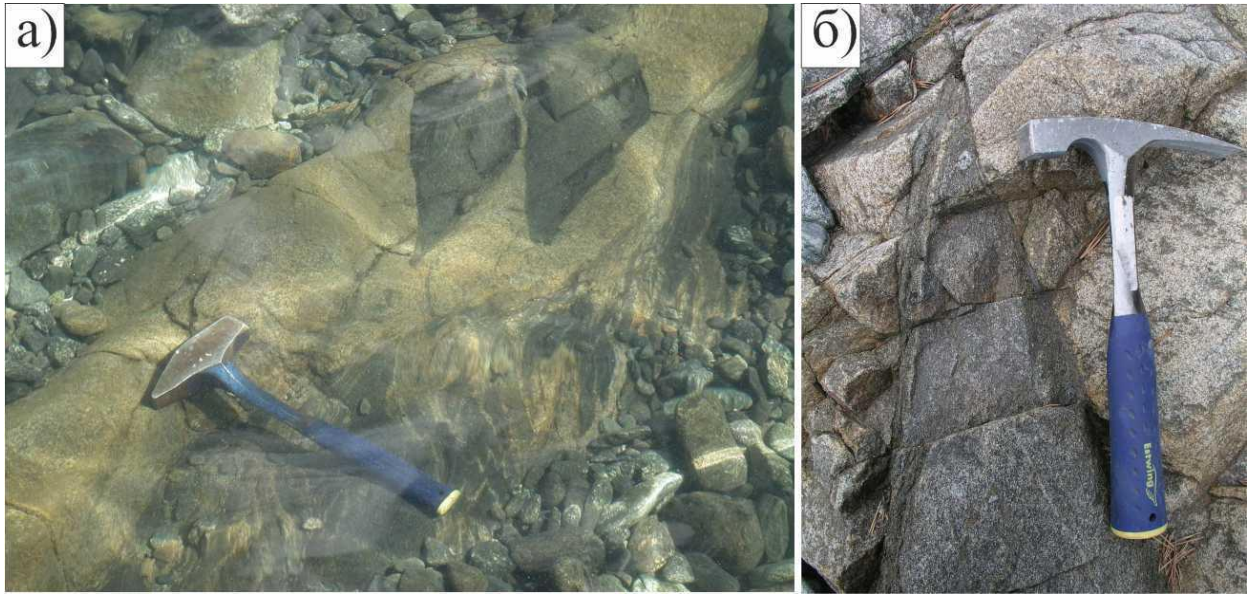


Рисунок 3.17. Взаимоотношения пород в обнажениях м. Писаный Камень.

(а), (б) – ксенолиты кристаллосланцев в дайках субщелочного габбро богучанского комплекса.

В юго-западной части Кичерской зоны, на участке выклинивания пакета сдвиговых пластин Байкало-Муйского пояса, установлены биотитовые адакитовые гранитоиды, которыми сложен крупный Горячинский массив.

Более широкое распространение адакитовые граниты имеют в пределах Слюдинско-Курлинской пластины. В ней, все множество пластовых, дайковых и жильных тел адакитовых гранитов различной мощности и протяженности, включая крупный Нижнеангарский массив (15x2 км), прослеживаются единым поясом вдоль пограничного тектонического шва между Сибирским крастоном и БМП на расстояние более 100 км.

Учитывая секущее положение адакитов относительно структурных элементов  $D_{n+2}$  и  $D_{n+3}$ , вмещающих метаморфических пород нюрундуканского комплекса и гнейсовидных Kfs-Ms гнейсо-гранитов онколнокитского комплекса, можно сделать вывод об их внедрении после завершения высокотемпературных метаморфических преобразований. Закономерное расположение жильных тел описываемых гранитов вдоль транспрессивной зоны главного сдвига Кичерской зоны проявляется в образовании наложенных сдвиговых деформаций, низкотемпературного метаморфизма и бластомилонитизации. Для геохронологических исследований были отобраны образцы гранитоидов (НА, ТМ-

1/13, 1-1/12, R15-19/3) (рисунок 3.2) и субщелочного габбро (ПК-2), полученные результаты будут обсуждаться в главе 4.

### 3.5. Выводы

1. Породы раннебайкальского комплекса слагают изометричные тектонические блоки и характеризуются преимущественно средне-кислым составом. Метабазиты в его составе представлены единичными дайками и тектоническими линзами среди гнейсо-гранитов.

2. Нюрундуканский комплекс объединяет плутонические образования базитового и диоритового составов, а также продукты их метаморфического преобразования, участвующие в складчатых деформациях и слагающие крупные сдвиговые тектонические пластины. В отличие от него в Кичерский комплекс объединяются метабазит-метаосадочные образования.

3. Синметаморфические гнейсо-граниты онколнокитского комплекса занимают секущее положение относительно пород нюрундуканского комплекса. Интрузивные массивы и многочисленные жильные тела чая-нюрундуканского, богучанского и нижнеангарского комплексов сложены породами, которые не подвержены позднебайкальским высокотемпературным метаморфическим преобразованиям.

## Глава 4. Обоснование возраста нюрндукуканского комплекса

В предыдущих главах были рассмотрены основные черты геологического строения Кичерской зоны, охарактеризованы основные опорные участки и выделены, на основании структурно-геологических данных, магматические и метаморфические комплексы, распространенные в ее пределах. Тем не менее вопросы, касающиеся геохронологического обоснования рубежей формирования и метаморфических преобразований пород нюрндукуканского комплекса остаются открытыми, поэтому в настоящей главе им будет уделено самое пристальное внимание. Поскольку образования раннебайкальского комплекса ранее никогда не выделялись из состава нюрндукуканского комплекса, рубежи их формирования также будут детально рассмотрены в этой главе.

Разделение изучаемых цирконов на магматические и метаморфические основаны на морфологии зерен, их зональности и наличии включений. Цирконы магматического происхождения, как правило, представлены идиоморфными и субидиоморфными прозрачными зернами с четкой осцилляторной зональностью. Магматические ядра в цирконах со сложным строением характеризуются зональностью и наличием расплавных включений. Цирконы со сглаженной растворенной поверхностью и оболочки циркона содержащие исключительно флюидные включения, интерпретируются нами как метаморфогенные. Отнесение некоторых длиннопризматических зональных кристаллов циркона к метаморфогенным, а также наличие расплавных включений в оболочках циркона, обусловлено широко проявленной плагиомигматизацией вмещающих пород. Циркон, образованный в контакте с анатектической расплавной фазой, строго говоря, является не метаморфогенным, а магматическим (Corfu et al., 2003).

Аналитические данные приведены в приложениях 1 (ID-TIMS), 2 (SHRIMP-II), 3 (LA ICP-MS). Полученные оценки возраста обобщены в таблицах 4.1 (SHRIMP-II, LA ICP-MS) и 4.2 (ID-TIMS).

№	Шифр образцов	Порода	Геологическое и географическое местоположение	Координаты	возраст (млн лет)				Метод, прибор
					магм протолит средневзв	анатексис средневзв	анатексис конкорд	метаморфизм средневзв	
1	12-8/16	эндрито-гнейс	Горемьковский блок, район с. Байкальское	55° 21' 40" 109° 10' 1"	823±5	793±5 772±4	793±3 772±2	622±2	SHRIMP-II
2	R14-25-1	диорито-гнейс	Гасан-Дякит. блок, устье руч. Шумный	56° 05' 20" 109° 48' 13"	652±6			624±7	SHRIMP-II
3	23-6-11	плагиомигмацит	Гасан-Дякит. блок, левый борт р. Холодная	55° 57' 4" 109° 42' 59"	644±11	627±13			SHRIMP-II
4	R14-22-2	плагиомигмацит	Гасан-Дякит. блок, левый борт р. Холодная	55° 57' 4" 109° 43' 6"	650±10	627±10			SHRIMP-II
5	9-10/02	трондьемит	Гасан-Дякит. блок, левый борт р. Холодная	55° 57' 7" 109° 43' 6"		630±7			SHRIMP-II
6	52-1/17	диорит агматита	Богучанская пластина, мыс Лударь, оз. Байкал	55° 21' 33.7" 109° 12' 30.6"	627±15			617±9	SHRIMP-II
7	4-2/11	амфиболит	Богучанская пластина, мыс Лударь	55° 22' 6" 109° 13' 7"	638±14			622±7	LA ICP-MS
8	13-4/11	чарнокитоид	Богучанская пластина, мыс Красный Яр	55° 23' 49" 109° 13' 14"		632±9			LA ICP-MS

Таблица 4.1. Полученные оценки возраста пород Кичерской зоны БМП (SHRIMP-II, LA ICP-MS).

№	Шифр образцов	Порода	Геологическое и географическое местоположение	Координаты	конкордантные оценки возраста кристаллизации (млн лет)	Метод, прибор
1	<b>28/96</b>	ортогнейс	Умоликитская пластина, низовья руч. Чэстен	56° 06' 50" 110° 16' 4"	<b>762±3</b>	ID-TIMS
2	<b>16-4-11</b>	метадиорит	Акуканский массив, сред. теч. руч. Акукан	55° 55' 50" 109° 47' 16"	<b>641±4</b>	ID-TIMS
3	<b>20-2/12</b>	kfs гнейсо-гранит	Онколнокитский массив, истоки р. Нюрундукан	55° 58' 48" 109° 37' 52.9"	<b>615±3</b>	ID-TIMS
4	<b>HA</b>	адакитовый гранит	Нижнеангарский массив, 1 км Северобайк. Дороги	55° 43' 24" 109° 28' 52"	<b>581±2</b>	ID-TIMS
5	<b>БК-2/04</b>	гнейсо-гранит	Горемыкский блок, Байкальский массив	55° 21' 50" 109° 9' 37"	<b>755±15</b>	ID-TIMS
6	<b>5-1/12</b>	амфиболит	Горемыкский блок, район Байкальского массив	55° 21' 32.8" 109° 10' 11.2"	<b>628±3</b>	ID-TIMS
7	<b>4-1/11</b>	метагаббро	Богучанская пластина, мыс Лударь	55° 22' 14" 109° 12' 40"	<b>620±2</b>	ID-TIMS
8	<b>ТМ-1/13</b>	адакитовый гранит	Богучанская пластина, мыс Тонкий	55° 27' 1" 109° 12' 4.5"	<b>606±3</b>	ID-TIMS
9	<b>ПК-2</b>	субщелочное габбро	Богучанская пластина, мыс Писанный камень	55° 24' 45" 109° 12' 0"	<b>600±5</b>	ID-TIMS
10	<b>1-1/12</b>	мусковитовый пегматит	Богучанское месторож. слюды у штольни	55° 28' 28" 109° 7' 21"	<b>588±2</b>	ID-TIMS
11	<b>R15-19/3</b>	адакитовый гранит	междур. Гуилга-Куркула, Горяч. плт.	55° 12' 9" 109° 10' 2"	<b>545±6</b>	ID-TIMS

Таблица 4.2. Полученные оценки возраста пород Кичерской зоны БМП (ID-TIMS).

#### 4.1. Возрастные предшественники нюрундуканского комплекса

Для выявления важнейших этапов тектоно-магматической эволюции Кичерской зоны Байкало-Муйского пояса ведущее значение имеют геохронологические исследования высоко метаморфизованных пород Горемыкского блока в бассейнах рек Рель и Слюдянка. Неопротерозойские оценки возраста метаморфических пород этого района, полученные современными изотопными методами геохронологии (Амелин и др., 2000; Рыцк и др., 2001; и др.), дали возможность закрыть дискуссионный вопрос о принадлежности нюрундуканского комплекса к раннему докембрию. Несмотря на это,

интерпретация имеющихся датировок главных магматических и метаморфических событий в раннем и позднем неопротерозе Кичерской зоны БМП остается спорной.

Наиболее значимым объектом в пределах Горемыкского блока является Байкальский массив гнейсо-гранитов. Невзирая на многочисленные попытки датирования этих гранитоидов различными геохронологическими методами, какие-либо точные оценки возраста получены не были. Так, В.А. Макрыгина сопоставляла гранитоиды массива с раннепротерозойскими чарнокитоидами Татарниковского комплекса Даванской зоны смятия (Макрыгина и др., 1989). По данным А.А. Цыганкова, на основании Rb-Sr датирования их возраст составляет  $483 \pm 56$  млн лет (Цыганков и др., 2000; Цыганков, 2005). Эти данные, как считали авторы, не противоречат и коррелируют с возрастом жильных эндербитов Богучанской губы, который составляет  $617 \pm 5$  млн лет (Амелин и др., 2000). Э.Г. Конников с соавторами отмечали, что данный pluton представляет собой тело овальной формы, которое вытянуто согласно вмещающим структурам на северо-запад, и входит в состав единой Нюрундуканской вулканоплутонической серии (Конников и др., 1999). Но в свете последних геологических и изотопно-геохимических исследований установлено, что Байкальский массив представлен серией круто залегающих тектонических пластин, расположенных в пределах Горемыкского блока и никакого отношения к Богучанской пластине не имеет. Кроме того, граница между пластинами маркируется мощной зоной бластомилонитов. Поэтому предложенная корреляция не корректна. Еще одна датировка была получена методом LA-ICP MS, она составляет  $618 \pm 4$  млн лет (Орлова и др., 2011). Однако указанная авторами точка отбора пробы на карте фактического материала находится за пределами Байкальского массива и Горемыкского блока в целом, а полученная оценка возраста характеризует калишпатовые гнейсо-граниты онколнокитского комплекса Богучанского домена.

#### 4.1.1. Гнейсо-граниты Байкальского массива

Для U-Pb геохронологических исследований нами использован образец биотитового гнейсо-гранита калиевого ряда (проба БК- 2/04), место отбора которой показано на рисунке 3.3б. Выделение акцессорных цирконов проведено по стандартной методике с использованием тяжелых жидкостей. Химическое разложение цирконов и выделение U и Pb выполнено по модифицированной методике Т.Е. Кроу (Krogh, 1973). Изотопный анализ выполнен на многоколлекторном масс-спектрометре Finnigan MAT-261.

Цирконы из биотитового гнейсо-гранита калиевого ряда подразделяются на два морфологических типа. Первый тип представлен субидiomорфными и идиоморфными длиннопризматическими и призматическими кристаллами циркона коричневого цвета. Особенность их внутреннего строения характеризуется наличием метамиктных ядер, окруженными полупрозрачными трещиноватыми оболочками с тонкой зональностью. Цирконы второго типа образуют прозрачные субидiomорфные длиннопризматические и призматические кристаллы рыжевато-розового цвета. Они имеют нормальное двупреломление, тонкую магматическую зональность и содержат газовой-жидкие и минеральные включения. В некоторых кристаллах рыжевато-розового цвета фиксируются полупрозрачные ядра с фрагментами тонкой зональности. Размер зерен циркона колеблется от 40 до 200 мкм;  $K_{удл} = 1.5-2.5$ .

Для U-Pb геохронологического исследования из размерных фракций 60-85, 85-100 и >100 мкм были выбраны три навески наиболее прозрачных кристаллов циркона второго типа (приложение 1). Как видно на рисунке (рисунок 4.1), положение точек изотопного состава циркона этих фракций на диаграмме с конкордией определяется дискордией, верхнее пересечение которой соответствует возрасту  $778 \pm 29$  млн лет, а нижнее -  $371 \pm 220$  млн лет ( $СКВО = 0.068$ ). Средневзвешенное значение возраста циркона второго морфологического типа, рассчитанное по отношению  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ , составляет  $755 \pm 15$  млн лет (Рыцк и др., 2013б). Исходя из магматического происхождения изученного циркона, полученная оценка возраста ( $755 \pm 15$  млн лет) рассматривается как возраст

кристаллизации протолитов гнейсо-гранитов калиевого ряда Байкальского массива.

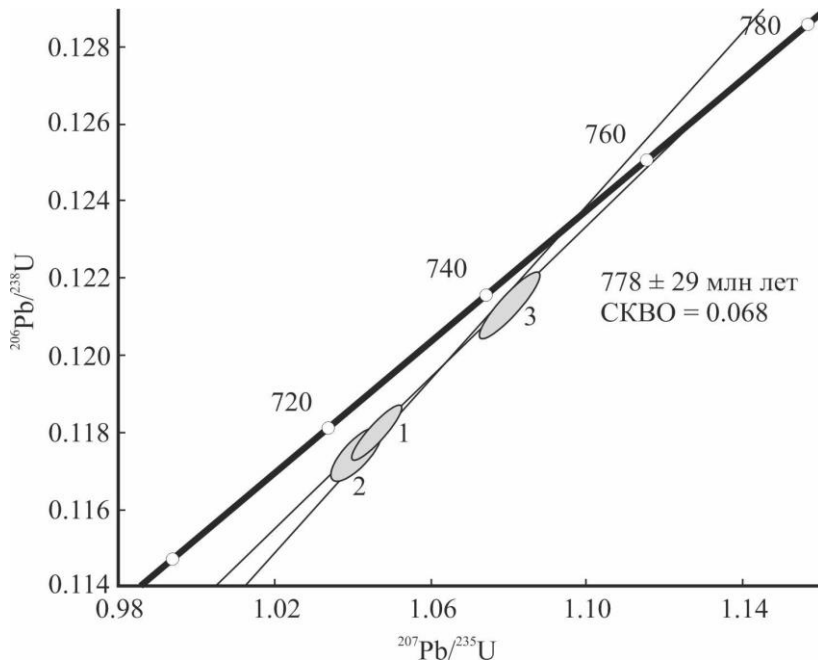


Рисунок 4.1. Диаграмма с конкордией (ID-TIMS) для акцессорного циркона из гнейсо-гранита (проба БК-2/04) Байкальского массива. Номера навесок на диаграмме соответствуют порядковым номерам в приложении 1.

#### 4.1.2. Эндербито-гнейсы Горемыкского блока

Важную роль в реконструкции геологического развития Горемыкского блока играют, обнаруженные среди гнейсо-гранитов Байкальского массива, тектонические линзы эндербито-гнейсов. Первые данные по этим породам были получены Крёнером с соавторами (Kroner et al., 2015). Их результаты указывают, что возраст протолитов эндербито-гнейсов составляет  $826 \pm 8$  млн лет с последующими метаморфическими преобразованиями на рубеже  $640 \pm 7$  млн лет (Kroner et al., 2015). Цирконы со значениями возраста  $\sim 750$  млн лет, несмотря на уже опубликованные данные по гранитоидам Байкальского массива, в силу потери радиогенного свинца, авторами не интерпретируются. Учитывая принципиальную важность непроинтерпретированных промежуточных значений, нами изучен и проанализирован, методом SIMS (SHRIMP-II), циркон из эндербито-гнейсов в районе точки 12-8/16.

Акцессорный циркон из образца 12-8/16 (рисунок 4.2) образует короткопризматические идиоморфные и субидиоморфные зерна размером от 150 до 400 мкм, изредка встречаются однородные длиннопризматические зерна. Зерна циркона состоят из буровато-желтых корродированных ядер с тонкой зональностью и одной либо двух бесцветных оболочек. Местами в ядрах наблюдаются первичные расплавные включения, некоторая часть из которых раскристаллизована, а также вторичные флюидные включения, приуроченные к трещинам.

Внутренние оболочки бесцветны в проходящем свете, а в режиме КЛ для них характерно наличие осцилляторной зональности. Они содержат единичные раскристаллизованные расплавные включения и большое количество флюидных включений, что может указывать на анатектическую природу их образования. Внешние оболочки, как правило, не сплошные и представлены наростами, содержащими первичные флюидные включения, указывающие на возможность их метаморфического генезиса. Длиннопризматические зерна не имеют ядер и представлены метаморфогенным цирконом, отвечающим внешней оболочке (рисунок 4.2е). Из этого следует, что в исследованных цирконах хорошо диагностируемые переработанные магматические ядра обрастают двумя разновозрастными оболочками, внутренней анатектической и внешней метаморфической.

Для ядер и оболочек исследуемого циркона получено 34 изотопных анализа (приложение 2), 11 из них были исключены из рассмотрения в связи высокой дискордантностью, либо попаданием на границу ядро-оболочка. На диаграмме с конкордией (рисунок 4.3) геохронологические данные группируются в четыре области.

Средневзвешенная оценка возраста магматических ядер циркона (№№ 50-54 приложение 2)  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$   $823 \pm 5$  млн лет (СКВО=0.49) интерпретируется как возраст формирования протолита эндербито-гнейсов и указывает на их становление в раннебайкальскую эпоху. Для внутренней анатектической оболочки получены оценки возраста, образующие две перекрывающиеся области на конкордии

(рисунок 4.3). Средневзвешенная оценка возраста  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  первой области (№№ 55-59 приложение 2) составляет  $793 \pm 5$  млн лет (СКВО=0.82), а второй (№№ 60-65 приложение 2)  $772 \pm 4$  млн лет (СКВО=0.7). Данные результаты могут свидетельствовать о стадийности, либо длительности кристаллизации кислых анатектических расплавов, образованных в ходе раннебайкальских метаморфических преобразований. Внешние оболочки и единичные однородные длиннопризматические кристаллы циркона (№№ 66-72 приложение 2) характеризуются средневзвешенной оценкой возраста  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  составляющей  $622 \pm 2$  млн лет (СКВО=1.05) (рисунок 4.3). Эти данные отвечают возрасту позднебайкальского метаморфического события.

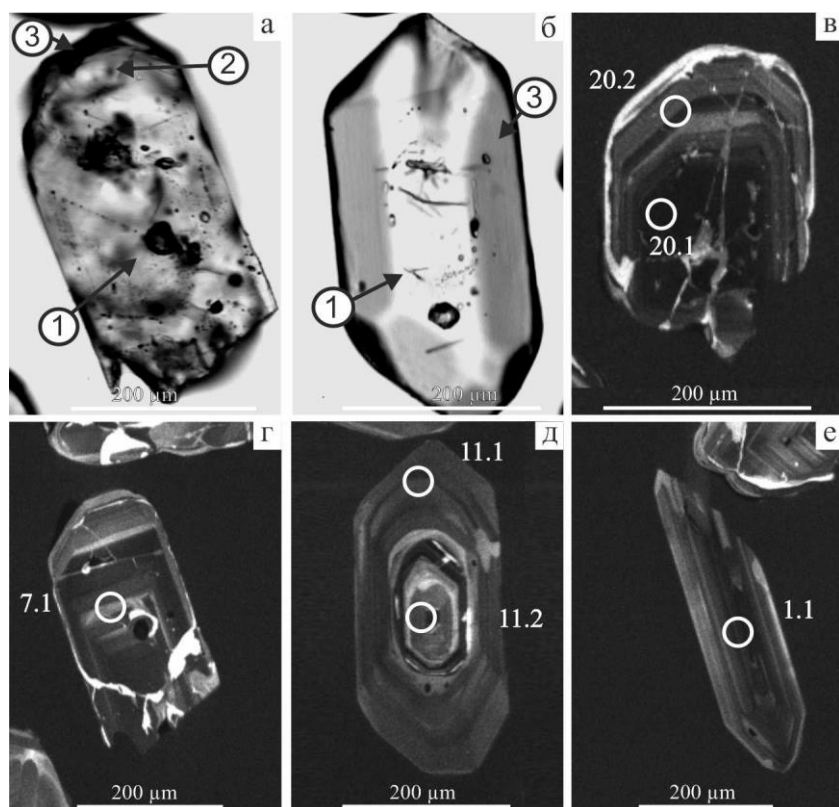


Рисунок 4.2. Микрофотографии циркона из эндербито-гнейсов (12-8/16), состоящего из магматического ядра (1), и метаморфических оболочек (2, 3). а, б - в проходящем свете; в, г, д, е - катодолуминисцентные изображения.

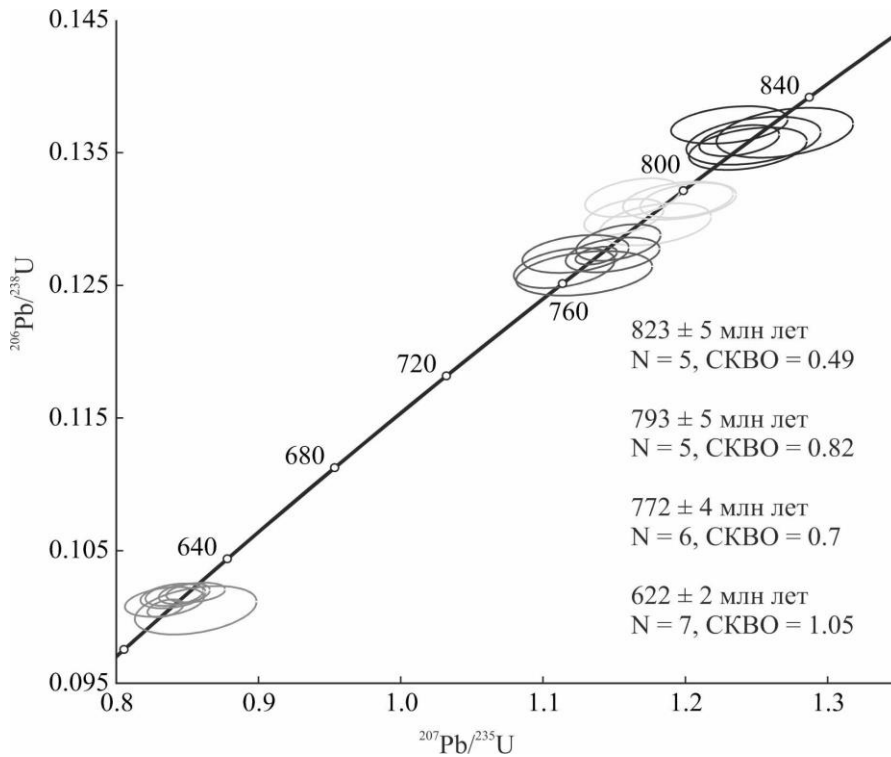


Рисунок 4.3. Диаграмма с конкордией (SHRIMP-II) для акцессорных цирконов из эндрбитогнейса (12-8/16).

#### 4.1.3. Ортогнейс Умоликитского блока

Циркон, выделенный из ортогнейса долины р. Умоликит (28/96), представлен субидiomорфными прозрачными и полупрозрачными кристаллами розового цвета призматической формы. Размер зерен варьирует от 40 до 300 мкм (Кудл.=1.3-2.5). В некоторых кристаллах наблюдаются реликты переработанных ядер, в проходящем свете внутренняя зональность отсутствует. Методом ID-TIMS для трех навесок наиболее идиоморфных и прозрачных кристаллов циркона выполнены U-Pb изотопные исследования (приложение 1).

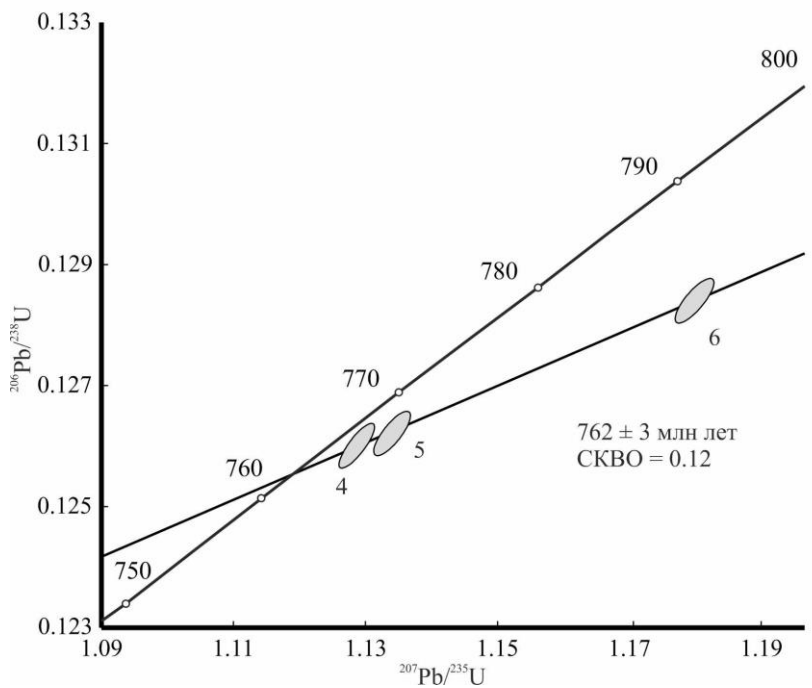


Рисунок 4.4. Диаграмма с конкордией (ID-TIMS) для акцессорных цирконов из ортогнейса Умоликитского блока (28/96). Номера навесок на диаграмме соответствуют порядковым номерам в приложении 1.

Первая фракция циркона (>100 мкм, приложение 1), характеризуется небольшой дискордантностью (0.6 %) U/Pb отношений. В результате аэрообразивной обработки второй и третьей навесок, было удалено 10% и 50% вещества циркона соответственно. Обработанный циркон отличается более древними значениями возраста, вероятно, обусловленными присутствием компонента радиогенного свинца, связанного с реликтами ядер. Для точек состава исследованного циркона рассчитана дискордия (рисунок 4.4), нижнее пересечение которой отвечает возрасту  $762 \pm 3$  млн лет (СКВО=0.12; верхнее пересечение  $2006 \pm 220$  млн лет), который интерпретируется как возраст кристаллизации ортогнейса.

#### 4.1.4. Амфиболит Горемыкского блока

В древнекоровых гнейсо-гранитах Байкальского массива, кроме гранат-биотит-силлиманитовых гнейсов и эндербито-гнейсов, встречаются многочисленные тектонические фрагменты полосчатых метагаббро и

амфиболитов, которые при полевых наблюдениях интерпретировались как дезинтегрированные компоненты раннебайкальской инфраструктуры. Для оценки верхней возрастной границы проявления позднепротерозойских процессов базитового магматизма и метаморфизма в пределах Горемыкской пластины, были исследованы брекчированные дайки metabазитов, обнаруженные в гнейсогранитах Байкальского массива

Для геохронологических исследований (ID-TIMS) из амфиболита (5-1/12), чей состав отвечает субщелочному габбро, был выделен циркон, образующий субидiomорфные полупрозрачные и прозрачные призматические и округлые зерна коричневой, вишневой и розовой окраски. Размерность зерен варьирует от 50 до 300 мкм ( $K_{удл.}=1.0-2.0$ ). Для внутреннего строения цирконов характерна секториальность и зональность. Изученный циркон характеризуется незначительной (1,3-1,4%) прямой возрастной дискордантностью (рисунок 4.5), а средневзвешенное значение его возраста ( $^{207}Pb/^{206}Pb$ ) составляет  $628 \pm 3$  млн лет ( $СКВО=0,068$ ) (Андреев и др., 2018). Полученная возрастная характеристика, вероятнее всего, отвечает возрасту позднебайкальского высокотемпературного метаморфизма пород Горемыкского блока.

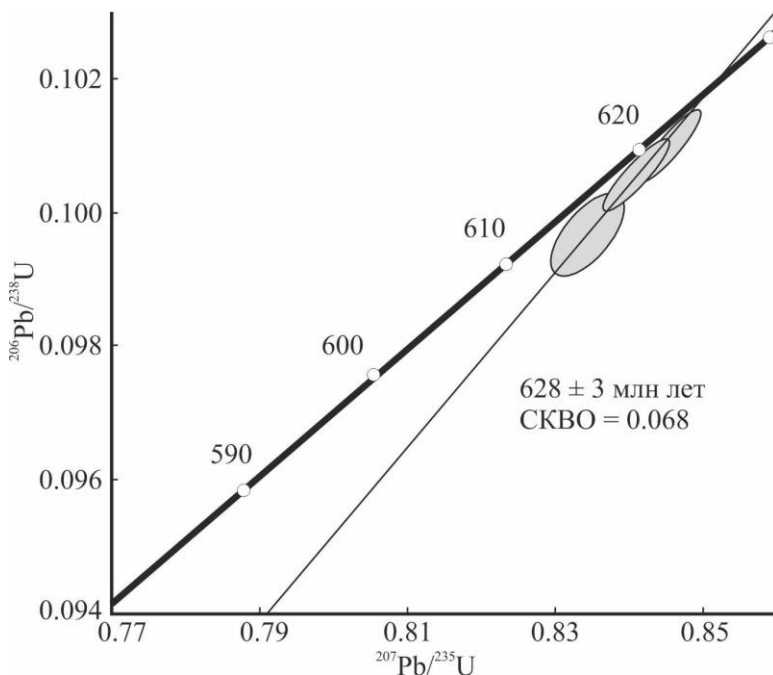


Рисунок 4.5. Диаграмма с конкордией (ID-TIMS) для акцессорного циркона из амфиболита Горемыкского блока (5-1/12).

Таким образом, полученные и согласованные между собой результаты микроскопического и изотопного изучения цирконов, из гнейсо-гранитов и эндербито-гнейсов, указывают на проявление метаморфизма и гранитообразования на завершающей стадии раннебайкальского этапа тектогенеза в пределах Горемыкского и Умолкикитского блоков, связанного, вероятно, с аккреционно-коллизийными процессами на границе Сибирского кратона и Анамакит-Муйского террейна.

## 4.2. Возраст нюрндукуканского комплекса

### 4.2.1. Нюрндукуканский комплекс центральной подзоны Кичерской зоны

Наиболее информативными участками для геохронологической характеристики нюрндукуканского комплекса являются Слюдинско-Курлинская пластина и Гасан-Дякитская пластины, расположенные в центральной подзоне Кичерской зоны. В результате полевых исследований в их пределах выделены метадиориты и амфиболовые диорито-гнейсы, участвующие совместно с амфиболитами, амфиболовыми плагиогнейсами, плагиомигматитами и трондьемитами в структурно-метаморфических преобразованиях первого этапа деформаций ( $D_{n+1}$ ) с последующим расланцеванием при формировании структурных элементов сдвиговых зон второго этапа ( $D_{n+2}$ ).

#### 4.2.1.1. Метадиориты Слюдинско-Курлинской пластины и диорито-гнейсы Гасан-Дякитской пластины

Изученные метадиориты в правом борту р. Акукан слагают протяженные интрузии и отдельные плитообразные тела. Ранее эти образования вместе с гнейсо-плагиогранитами относились к муйскому габбро-диорит-плагиогранитному комплексу палеопротерозоя, позднее переименованному в верхне рифейский таллаинский комплекс (Митрофанова и др., 1996).

Акцессорный циркон, полученный из метадиоритов р. Акукан (16-4/11), образует идиоморфные и субидиоморфные, призматические и

длиннопризматические прозрачные кристаллы с розовым оттенком. Кристаллы огранены призмой  $\{100\}$  и дипирамидами  $\{101\}$ ,  $\{201\}$  (рисунок 4.6), их размер варьирует от 85 до 500 мкм ( $K_{удл.}=3,0-5,0$ ). На катодолюминесцентном изображении наблюдается магматическая зональность (рисунок 4.6г,д,е). Для U-Pb геохронологических исследований (ID-TIMS) были использованы две микронавески наиболее идиоморфных и прозрачных кристаллов циркона (приложение 1). Точки изотопного состава данного циркона расположены практически на конкордии (дискордантность 1-2%) (рисунок 4.7), рассчитанное средневзвешенное значение возраста составляет  $641 \pm 4$  млн лет (СКВО=0.61). Исходя из морфологических особенностей акцессорного циркона, свидетельствующих о его кристаллизации из расплава, полученная датировка принимается в качестве возраста кристаллизации диоритов.

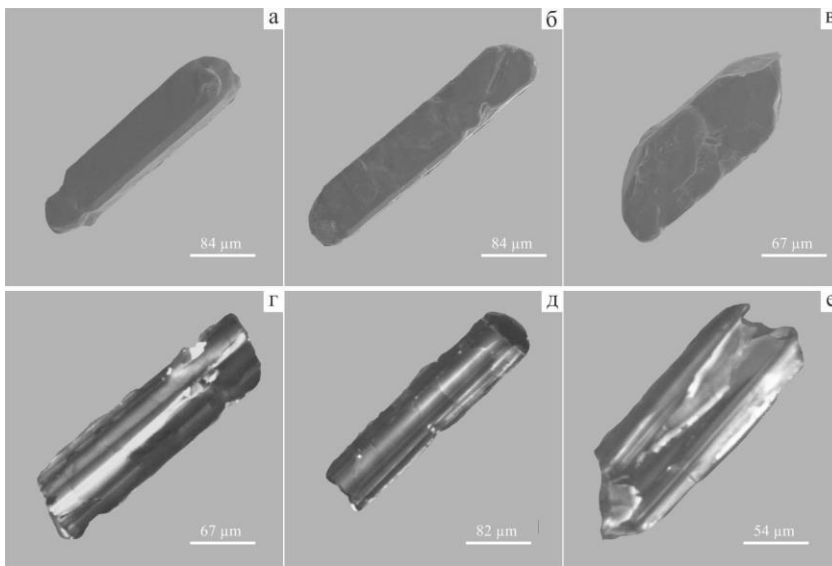


Рисунок 4.6. Микрофотографии кристаллов циркона из образца метадиорита 16-4/11. (а, б, в) - в режиме вторичных электронов; (г, д, е) - в режиме катодолюминесценции.

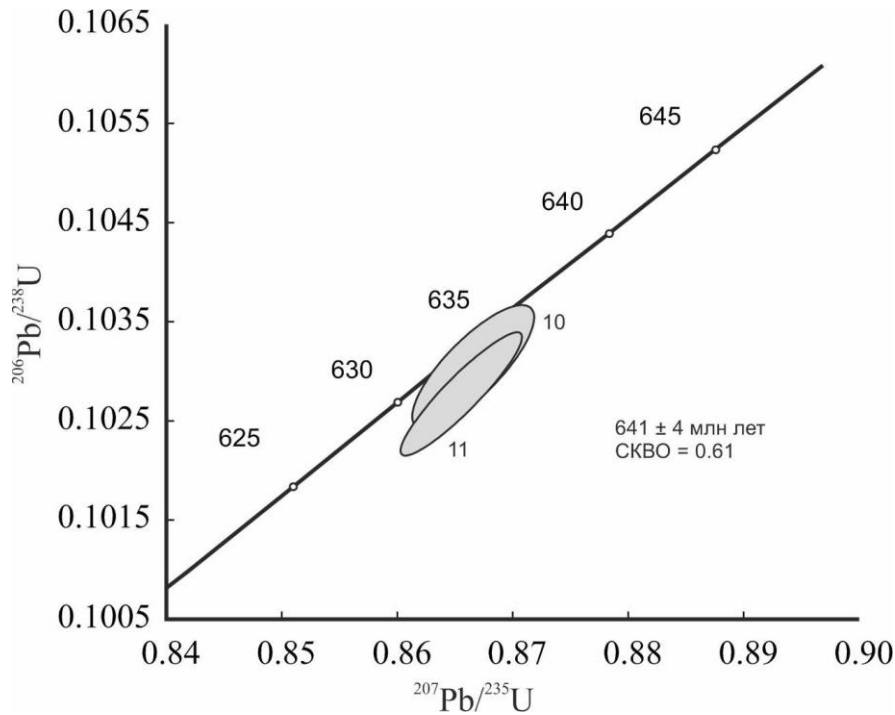


Рисунок 4.7. Диаграмма с конкордией (ID-TIMS) для акцессорного циркона из метадiorита р. Акукан (16-4/11). Номера навесок на диаграмме соответствуют порядковым номерам в приложении 1.

Сильно рассланцованные диорито-гнейсы (R14-25-1), из впервые выделенной толщи в устье руч. Шумный, были изучены методом SIMS. Циркон из диорито-гнейсов представлен бесцветными, субидiomорфными, реже идиоморфными кристаллами размером 15-120 мкм и  $K_{\text{удл.}}=1-2,5$ . Часто в них встречаются резорбированные ядра с многочисленными раскристаллизованными расплавленными включениями и метаморфогенными оболочками различной толщины, в которых наблюдаются исключительно флюидные включения. На катодолюминесцентных изображениях в ядрах наблюдается зональность (рисунок 4.8). Практически половина из 40 измерений отражают различные пропорции смешения пограничных участков оболочек и ядер циркона и поэтому в таблице не приведены (приложение 2). Полученные оценки возраста по 13 точкам из магматических ядер циркона отвечают диапазону 640-670 млн лет. Средневзвешенное значение возраста магматических ядер ( $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ) составляет  $652 \pm 6$  млн лет (СКВО=1.5) (рисунок 4.9). Данный возраст, в пределах ошибок, практически полностью соответствует таковому, полученному методом ID-TIMS,

для метадiorитов. Несмотря на то, что на диаграмме (рисунок 4.9) эллипсы изотопного состава метаморфогенных оболочек частично перекрываются эллипсами изотопного состава ядер, четко видно, что метаморфические оболочки характеризуются более молодым возрастом. Их средневзвешенный возраст соответствует значению  $624 \pm 7$  млн лет (СКВО=0.43). Три ксеногенных ядра имеют близкие значения возраста от  $680 \pm 19$  до  $702 \pm 26$  млн лет.

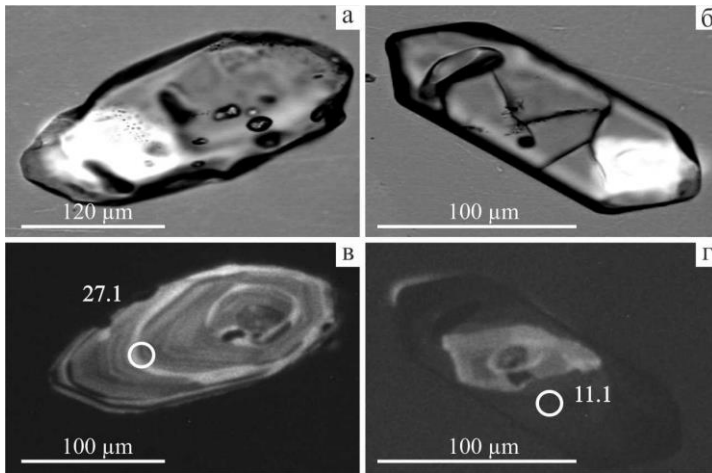


Рисунок 4.8. Микрофотографии кристаллов циркона из образца диорито-гнейса R14-25/1. (а, б) - в проходящем свете; (в, г) - в режиме катодолуминесценции (снизу).

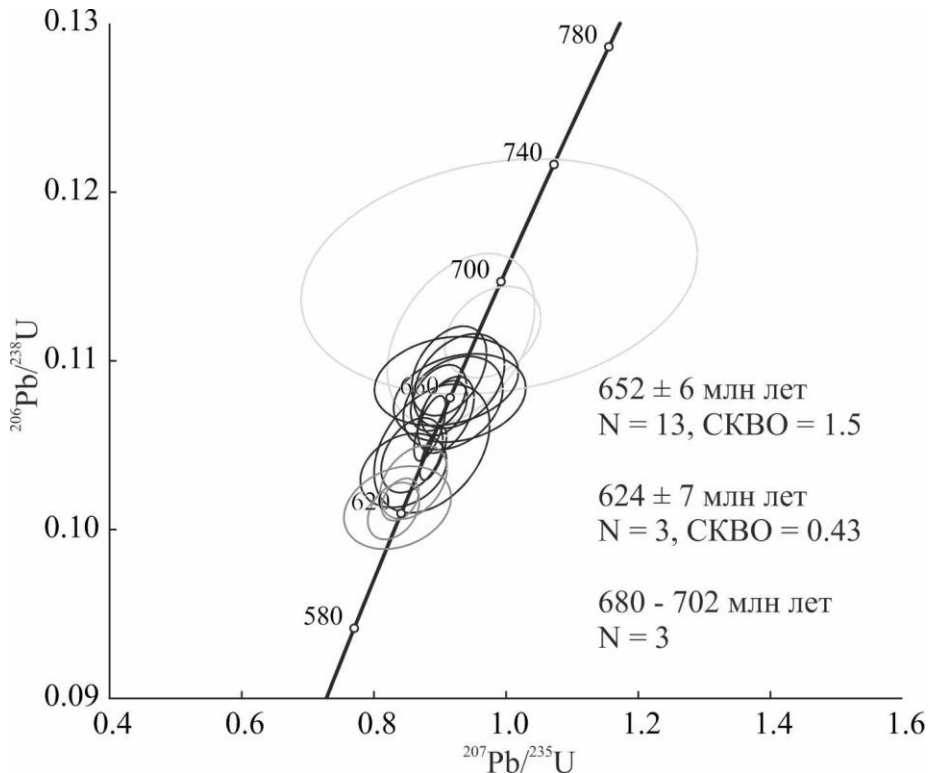


Рисунок 4.9. Диаграмма с конкордией (SHRIMP-II) для акцессорного циркона из диорито-гнейса руч. Шумный (R14-25-1).

#### 4.2.1.2. Плаггиомигматиты Гасан-Дякитской пластины

В пределах Гасан-Дякитской пластины изучены плаггиомигматиты, которые ранее, вместе с трондjemитами, выделялись в самостоятельный мигматитовый комплекс (Конников и др., 1999). В двух пробах плаггиомигматитов (R14-22-2 и 23-6/11) преобладают бесцветные полупрозрачные, субидиоморфные, со сглаженной растворенной поверхностью, кристаллы циркона. Их размер изменяется от 100 до 250 мкм,  $K_{удл.}=1.2-2$ . Цирконы из обеих проб обладают сходными морфологическими особенностями и состоят из резорбированных ядер и оболочек. Для ядер характерна фрагментарная осцилляторная зональность и наличие раскристаллизованных, иногда декрепитированных, расплавных включений, а также игольчатых кристаллов апатита (рисунок 4.10). Все это может указывать на их магматическую природу. Оболочки выделяются более светлой окраской и более грубой зональностью относительно ядер, они содержат только первичные флюидные включения, что, вероятно, указывает на их метаморфогенную природу.

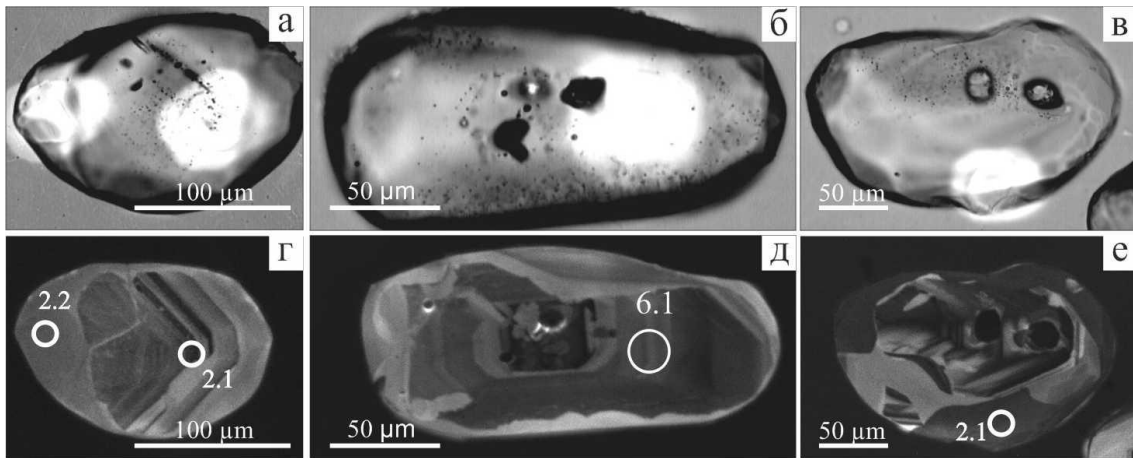


Рисунок 4.10. Микрофотографии кристаллов циркона из образцов плаггиомигматитов R14-22-2 (а, б, г, д) и 23/6-11 (в, е). (а, б, в) - в проходящем свете; (г, д, е) - в режиме катодолуминесценции.

U-Pb данные (SHRIMP-II) получены для 19 зерен циркона (приложение 2), 8 измерений дискордантны, либо отражают результат смешения ядра и оболочки. Средневзвешенные оценки возраста ( $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ) магматических ядер циркона для плаггиомигматитов 23-6/11 и R-14-22-2 составляют  $650\pm 10$  млн лет (СКВО=0.24,  $n=3$ ) и  $644\pm 11$  млн лет (СКВО=1.04,  $n=3$ ) соответственно (рисунок 4.11), отвечая возрасту их магматического протолита. Для метаморфических (анатектических)

оболочек циркона получены средневзвешенные оценки возраста  $627 \pm 10$  млн лет (23-6/11; СКВО=0.28, n=3) и  $627 \pm 13$  млн лет (R-14-22-2; СКВО=0.002, n=2), которые интерпретируются как возраст метаморфизма амфиболитовой фации.

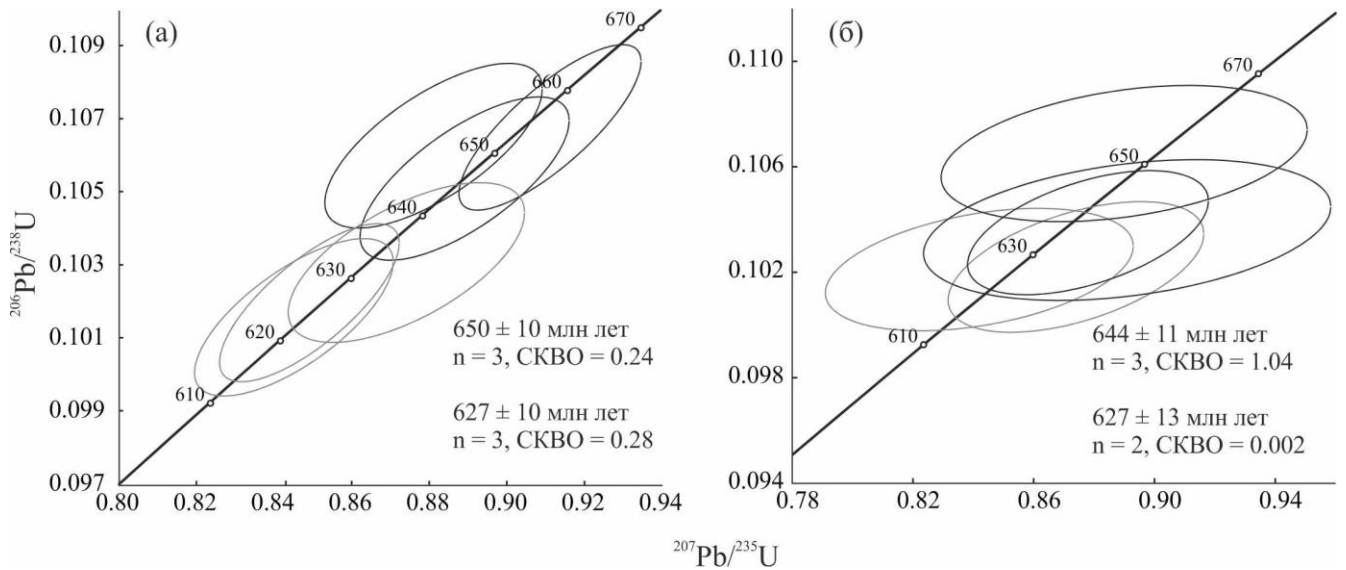


Рисунок 4.11. Диаграммы с конкордией (SHRIMP-II) для акцессорного циркона из плагиомигматитов 23-6/11 (а) и R14-22-2 (б).

#### 4.2.1.3. Трондьемит Гасан-Дякитской пластины

Циркон из жильного тела трондьемитов представлен преимущественно идиоморфными кристаллами с хорошо выраженными гранями призмы и слегка сглаженными гранями дипирамиды. Размер кристаллов варьирует от 100 до 800 мкм, а  $K_{удл}$  от 1.8 до 8. В режиме КЛ выявлены ядра с осцилляторной зональностью и тонкие незональные оболочки (рисунок 4.12). По данным U-Pb изотопного датирования (SHRIMP-II), возраст ядер магматического и, возможно, анатектического циркона отвечает диапазону  $622 \pm 9$  млн лет -  $640 \pm 9$  млн лет (приложение 2). Средневзвешенное значение возраста ( $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ) составляет  $630 \pm 7$  млн лет (СКВО=0.52, n=7) (рисунок 4.13) и соответствует времени анатексиса метабазитов и плагиомигматизации.

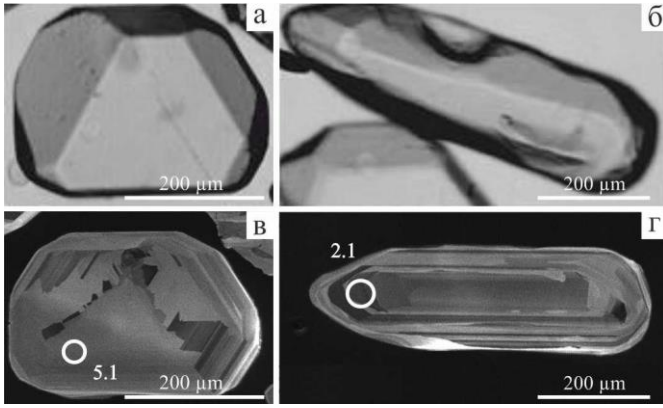


Рисунок 4.12. Микрофотографии кристаллов циркона из трондъемита 9-10/02. (а, б) - в проходящем свете; (в, г) - в режиме катодоллюминесценции.

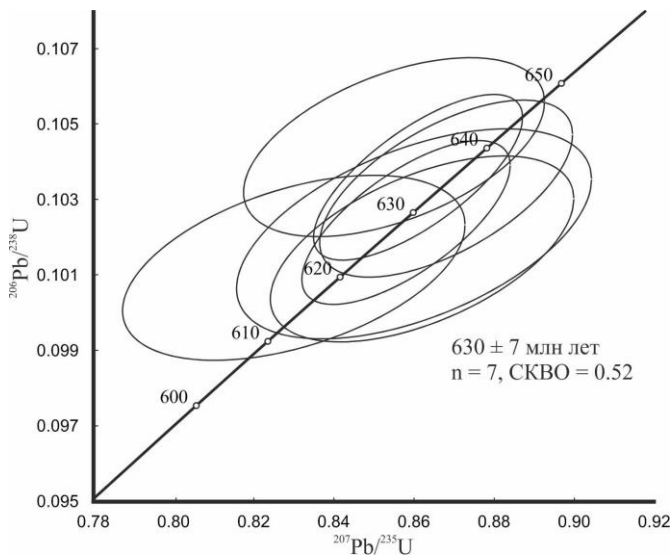


Рисунок 4.13. Диаграмма с конкордией (SHRIMP-II) для акцессорного циркона из трондъемита (9-10/02).

#### 4.2.2. Нюрундуканский комплекс юго-западной подзоны Кичерской зоны

Породы нюрундуканского комплекса в пределах Богучанской тектонической пластины представляют особый интерес для геохронологических исследований, поскольку в ее пределах выявлены образования отвечающие амфиболитовой и гранулитовой фациям метаморфизма. Первые данные, полученные предшественниками по гранулитам м. Писаный Камень, не отличались особой точностью и соответствовали временному промежутку от  $905 \pm 30$  до  $588 \pm 50$  млн лет (Макрыгина и др., 1993; Неймарк и др., 1991). Позднее, U-Pb методом, был установлен возраст жильных эндербитов -  $617 \pm 5$  млн лет (Амелин, 2000). Возраст чарнокитоидов, определенный методом SIMS, составляет  $640 \pm 5$  млн лет (Kroner et

al., 2015). Для установления времени проявления метаморфических преобразований базитов в пределах Богучанского домена, методами ID-TIMS, SIMS и LA-ICP MS, проведены геохронологические изучения силлов метагаббро, амфиболитов и агматитовых диоритов, локализованных в скальных обнажениях м. Лударь, а также гнейсов м. Красный Яр.

#### 4.2.2.1. Метагаббро м. Лударь

Циркон, выделенный из мигматизированных габброидов, образует субидиоморфные, прозрачные и полупрозрачные, длиннопризматические зональные кристаллы светло-желтой окраски. Кристаллы огранены призмами  $\{100\}$ ,  $\{110\}$  и дипирамидой  $\{111\}$  (рисунок 4.14). Их размер изменяется от 85 до 300 мкм, коэффициент удлинения – от 2,0 до 3,0. U-Pb изотопные исследования проведены для двух «микронавесок» наиболее чистого циркона из размерных фракций 100-150 и >150 мкм (приложение 2). Точки изотопного состава этого циркона располагаются на конкордии, а его возраст составляет  $620 \pm 2$  млн лет (СКВО=0,076) (рисунок 4.15). Полученное значение конкордантного возраста мы интерпретируем как время проявления позднебайкальского метаморфического преобразования габброидов.



Рисунок 4.14. Микрофотографии кристаллов циркона из метагаббро м. Лударь 4-1/11 - в режиме катодолюминесценции.

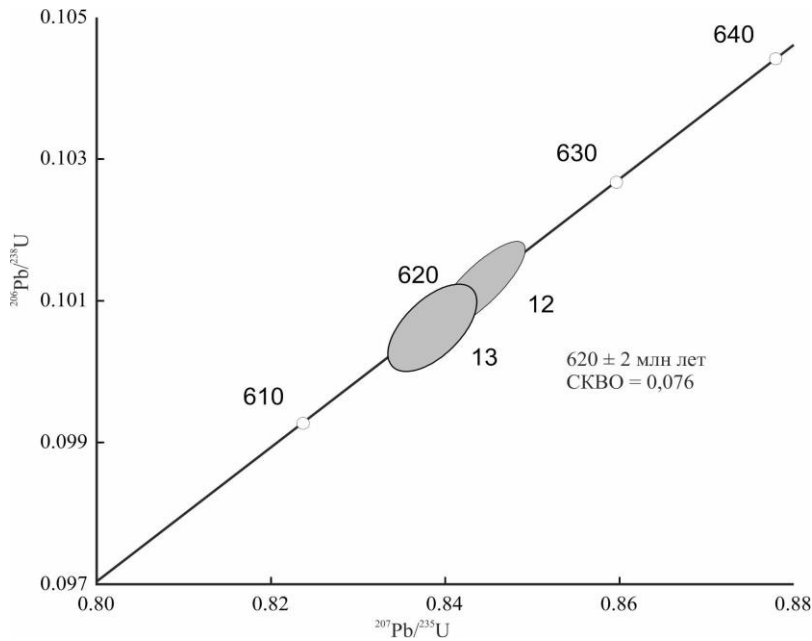


Рисунок 4.15. Диаграмма с конкордией (ID-TIMS) для акцессорного циркона из метагаббро (4-1/11).

#### 4.2.2.2. Амфиболит м. Лударь

Из амфиболитов (4-2/11), преобладающих в разрезе м. Лударь, выделен циркон в строении которого выделяются ядра и, обрастающие их, метаморфические оболочки. Для оболочек характерно присутствие флюидных включений. Возрастные значения ядер и оболочек циркона, оцененные методом LA-ICP MS, находятся в интервале  $614 \pm 12$  -  $640 \pm 12$  млн лет. Магматическим ядрам соответствует лишь 3 полученных измерения (приложение 3). Средневзвешенные значения возраста изученных ядер и оболочек по отношению  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  составляют  $638 \pm 14$  млн лет (СКВО=0,044) и  $622 \pm 7$  млн лет (СКВО=0.1) соответственно (рисунок 4.16). Несмотря на большие погрешности метода и малое количество измерений, данные по оболочкам циркона коррелируют с возрастом позднебайкальских метаморфических преобразований амфиболитов из краевой части Байкальского массива ( $628 \pm 3$ , проба 5-1/12).

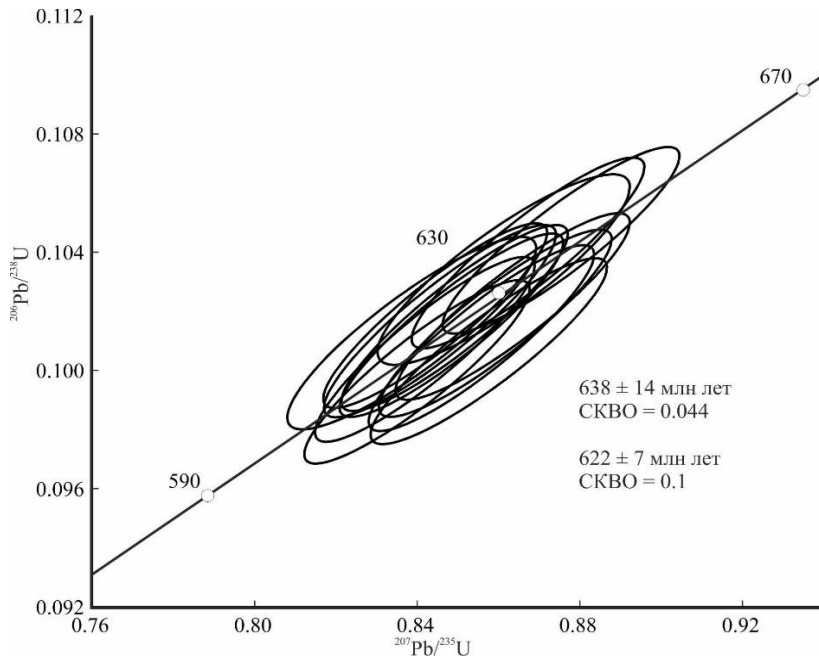


Рисунок 4.16. Диаграмма с конкордией (LA ICP-MS) для акцессорного циркона из амфиболита м. Лударь (4-2/11).

#### 4.2.2.3. Гнейс м. Красный Яр

В районе м. Красный Яр изучены гнейсы, схожие по своим химическим характеристикам и минеральному составу с чарнокитоидами береговых обнажениях м. Писаный Камень. Возраст, вероятно анатектического циркона, полученный методом LA-ICP MS, составляет  $632 \pm 9$  млн лет (рисунок 4.17). Данная датировка получена по пяти точкам и является лишь приблизительной, тем не менее, она хорошо согласовывается с возрастом  $640 \pm 5$  млн лет чарнокитоидов м. Писаный Камень, который получен методом SIMS (Kroner et al., 2015).

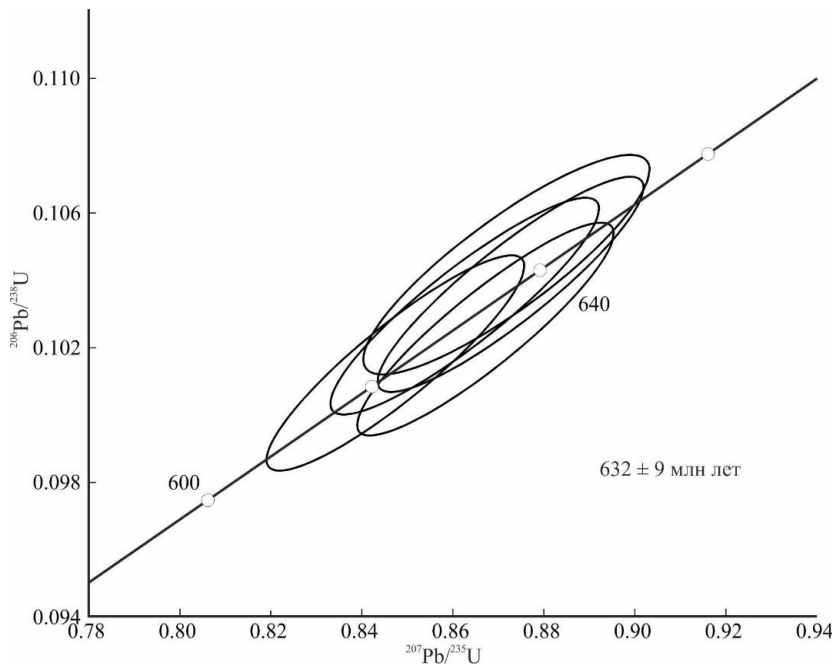


Рисунок 4.17. Диаграмма с конкордией (LA-ICP MS) для акцессорного циркона из гнейса (3-4/11).

#### 4.2.2.4. Диориты агматитов м. Лударь

Диориты агматитов на мысе Лударь изучены в образце 52-1/17, из которого выделен циркон, представленный преимущественно удлинёнными идиоморфными, реже субидиоморфными кристаллами с хорошо выраженными гранями призмы и дипирамиды. Длина кристаллов варьирует в диапазоне 130-400 мкм. Коэффициент удлинения 1.3-4.2, но существенно преобладают зерна с  $K_y=2-3$ . Практически все зерна циркона состоят из коричневатого ядра с фрагментами осцилляторной зональности и бесцветной оболочки с зональным строением, которые отчетливо выражены в режиме КЛ (рисунок 4.18). U-Pb изотопные данные (SHRIMP-II) получены для четырех ядер и 11 оболочек (приложение 2). Средневзвешенная оценка возраста ядер ( $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ) составляет  $627 \pm 15$  млн лет (СКВО=0.11) и в рамках ошибки не отличается от средневзвешенного значения возраста оболочек  $617 \pm 9$  млн лет (СКВО=0.13) (рисунок 4.19). Исходя из этого, можно предположить, что формирование агматитов происходило в условиях метаморфизма амфиболитовой фации, сопровождающегося анатексисом.

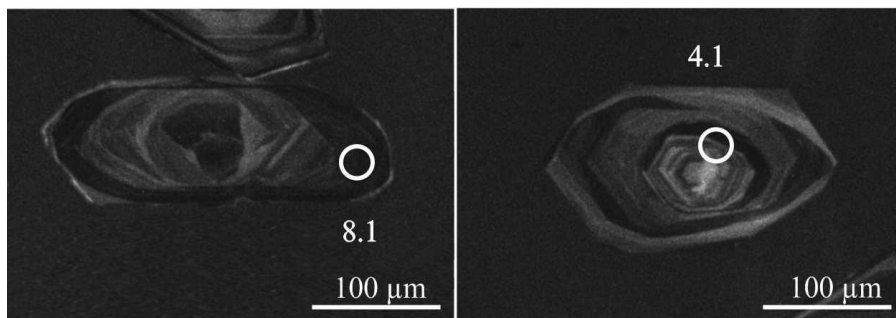


Рисунок 4.18. Микрофотографии кристаллов циркона из диорита агматитов м. Лударь 52-1/17 - в режиме катодолуминесценции.

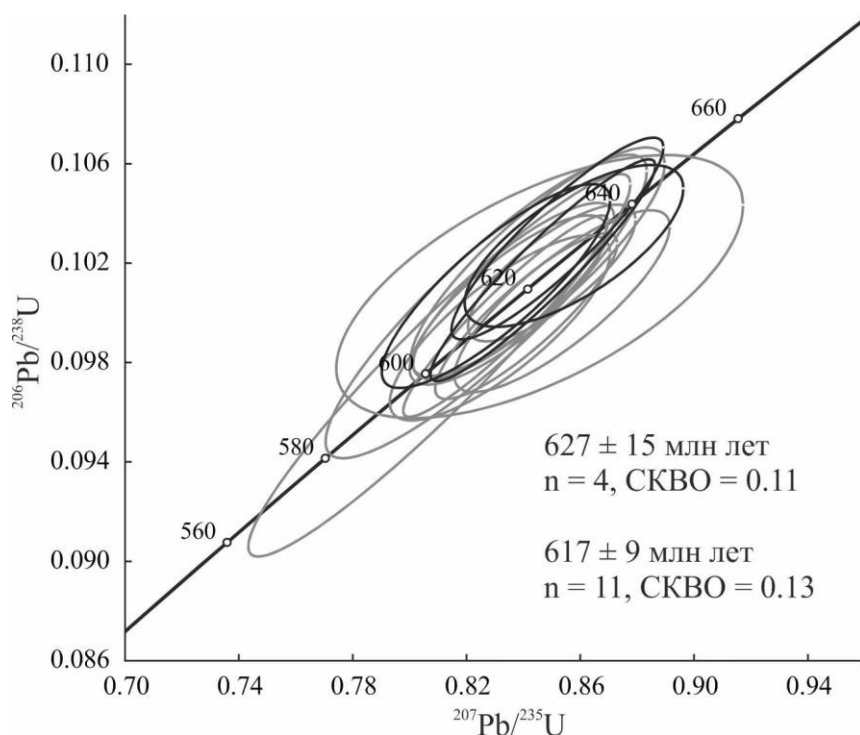


Рисунок 4.19. Диаграмма с конкордией (SHRIMP-II) для акцессорного циркона из диорита агматитов м. Лударь (52-1/17).

### 4.3. Возраст позднебайкальских комплексов позднего этапа (615-545 млн лет)

Время завершения метаморфических преобразований пород нюрундуканского комплекса, по-видимому, фиксируется становлением синметаморфических гнейсо-гранитов онколнокитского комплекса. Ранее данные образования относились к мамско-оронскому комплексу (В.А. Чабаненко ГК/50). Точки изотопного состава циркона, выделенного нами из гнейсо-гранита верховьев р. Нюрундукан, аппроксимируются дискордией, верхнее пересечение которой с конкордией соответствует возрасту  $622 \pm 12$  млн лет (нижнее пересечение  $253 \pm 240$

млн лет, СКВО=1,8). Точка изотопного состава циркона №17 (приложение 1) располагается на конкордии, а его конкордантный возраст составляет  $615 \pm 3$  млн лет (СКВО=0,88) (рисунок 4.20). Полученные значения совпадают в пределах погрешностей, поэтому конкордантная величина  $615 \pm 3$  млн лет (ID-TIMS) принимается в качестве оценки возраста кристаллизации протолита гнейсо-гранитов.

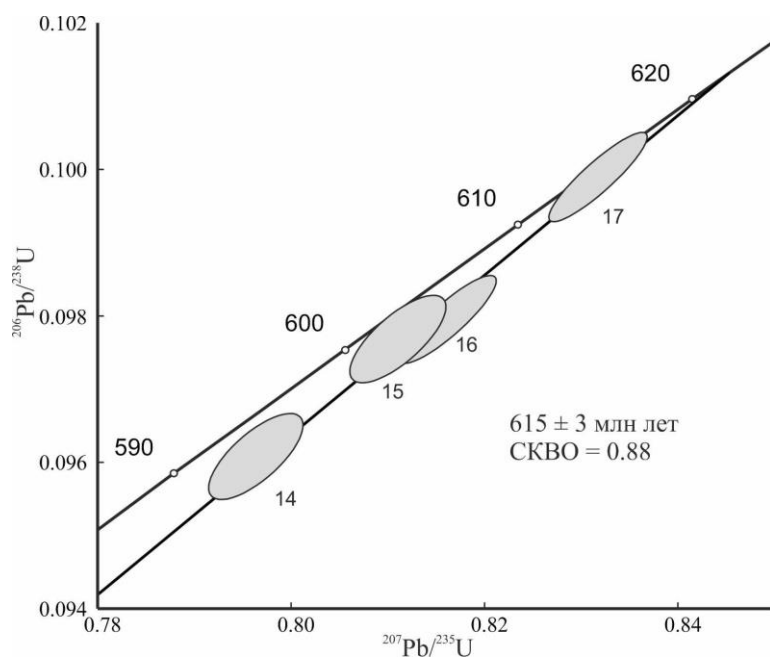


Рисунок 4.20. Диаграмма с конкордией (ID-TIMS) для акцессорного циркона из двуслюдяного гнейсо-гранита (20-2/12).

Ориентировочный возраст чая-нюрндукуканского комплекса, слагающего секущие интрузивные мафит-ультрамафитовые массивы, предпочтительнее оценивать по валовым пробам габбро-норитов Чайского массива, который составляет  $627 \pm 25$  млн лет назад (Amelin et al., 1997).

Адакитовые граниты и ассоциирующие с ними дайки субщелочного габбро, секущие породы нюрндукуканского комплекса, объединяются в богучанский и нижнеангарский комплексы, а также слагают крупный Горячинский pluton. Выполненные нами геохронологические исследования этих пород (ID-TIMS, приложение 1) свидетельствуют об их формировании на рубежах 606-600 млн лет, 588-581 млн лет и 545 млн лет соответственно (рисунок 4.21).

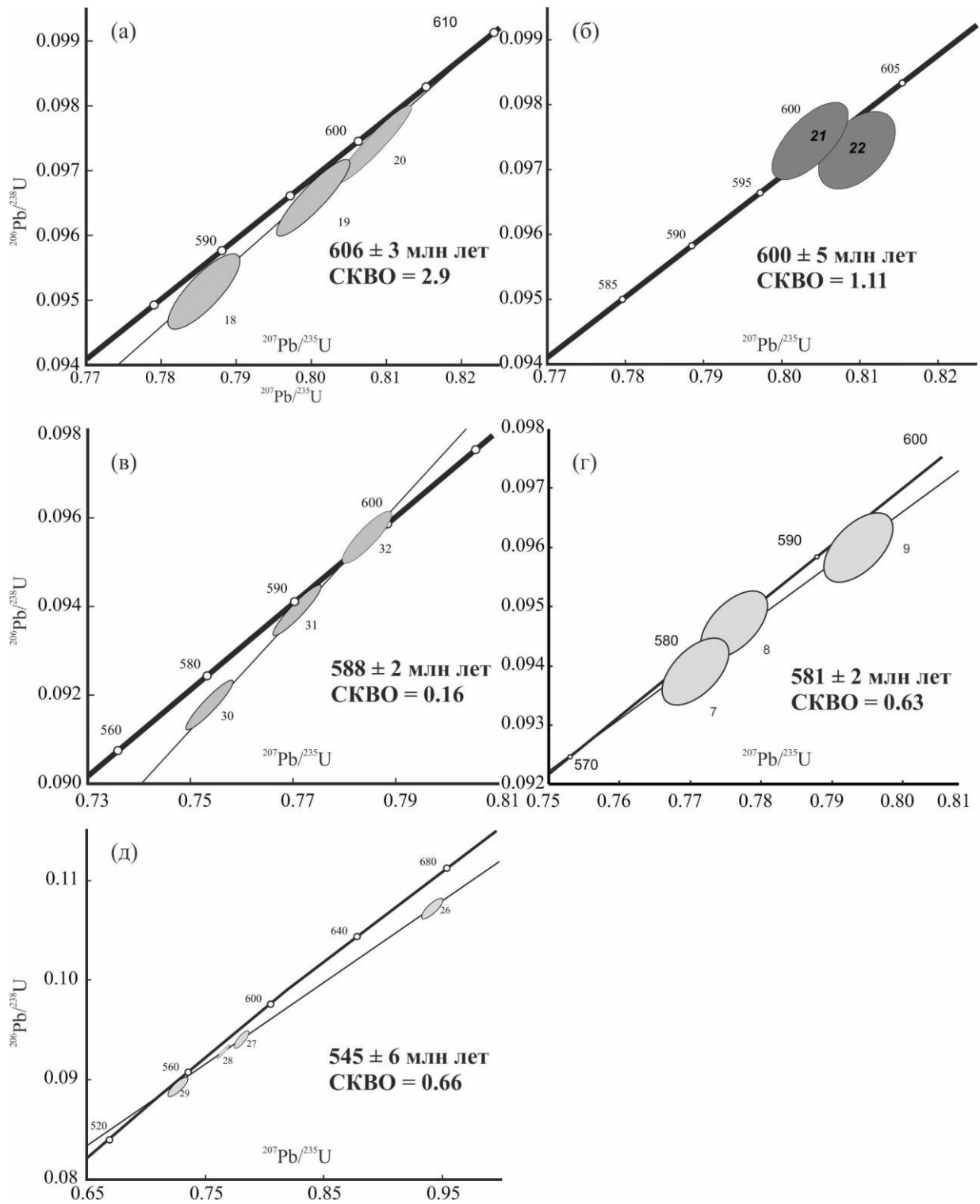


Рисунок 4.21. Диаграммы с конкордией (ID-TIMS) для аксессуарных цирконов из адакитового гранита ТМ-1/13 (а), субщелочного габбро ПК-2 (б), адакитового гранита НА (в), мусковитового пегматита 1-1/12 (г), адакитового гранита R15-4/3 (д).

#### 4.4. Выводы

1. Таким образом, проведенные геохронологические исследования позволяют вычленить образования раннебайкальского комплекса из состава нюрндуканского комплекса. Протолиты породы раннебайкальского комплекса сформированы в интервале 823-755 млн лет и охвачены метаморфическими преобразованиями на рубежах 790-755 млн лет и 622 млн лет.

2. Полученные оценки возраста позволяют сделать вывод, что образование магматических протолитов нюрндуканского комплекса происходило в интервале 660 – 640 млн лет, а их метаморфизм в интервале 640-615 млн лет.

3. Возраст завершения позднебайкальского этапа высокотемпературного метаморфизма фиксируется гнейсо-гранитами онколнокитского комплекса с возрастом  $615 \pm 3$  млн лет.

4. Ультрамафит-мафитовые интрузии чая-нюрндуканского комплекса и адакитовые граниты, секущие породы нюрндуканского комплекса формировались на рубежах  $627 \pm 25$  млн лет (Amelin et al., 1997), 606-600 млн лет, 588-581 млн лет и 545 млн лет.

## Глава 5. Петрографическая характеристика пород нюрндуканского комплекса

**Двупироксеновые кристаллические сланцы** слагают несколько не протяженных обнажений в районе м. Писаный Камень. Они представляют собой серые и темно-серые равномерно-мелкозернистые породы с лепидогранобластовой структурой. Сланцеватая текстура выражена параллельно вытянутыми зернами биотита. Кристаллосланцы сложены преимущественно плагиоклазом, авгитом, гиперстеном и биотитом, в качестве акцессорных минералов присутствуют ильменит, апатит и циркон, иногда встречается КППШ (рисунок 5.3а,б). Средний минеральный состав приведен в таблице 5.1.

*Плагиоклаз* присутствует в виде мелких, плохо оформленных кристаллов и их обломков размером от 0,1 до 1 мм. По составу плагиоклаз отвечает андезину ( $Ап_{34-35}$ ).

*Авгит* образует мелкие изометричные кристаллы (0,1-0,5 мм) бледно зеленоватого цвета. Местами наблюдается замещение диопсида амфиболом.

*Гиперстен* образует короткопризматические кристаллы розоватого цвета размером до 0,6 мм с отчетливо проявленной спайностью. Структура его зерен пойкилитовая, кристаллы пироксена нередко содержат включения плагиоклаза, апатита и ильменита. Иногда, в центральных частях зерен ортопироксена встречаются пластинчатые вросстки клинопироксена.

*Биотит* наблюдается в виде небольших пластинок бурого цвета размером от 0,2 до 0,7 мм по удлинению и ассоциирует, как правило, с пироксенами. Кроме того, кристаллы слюды содержат многочисленные мелкие включения рудного минерала. Биотит вероятно является наложенным вследствие метасоматических процессов.

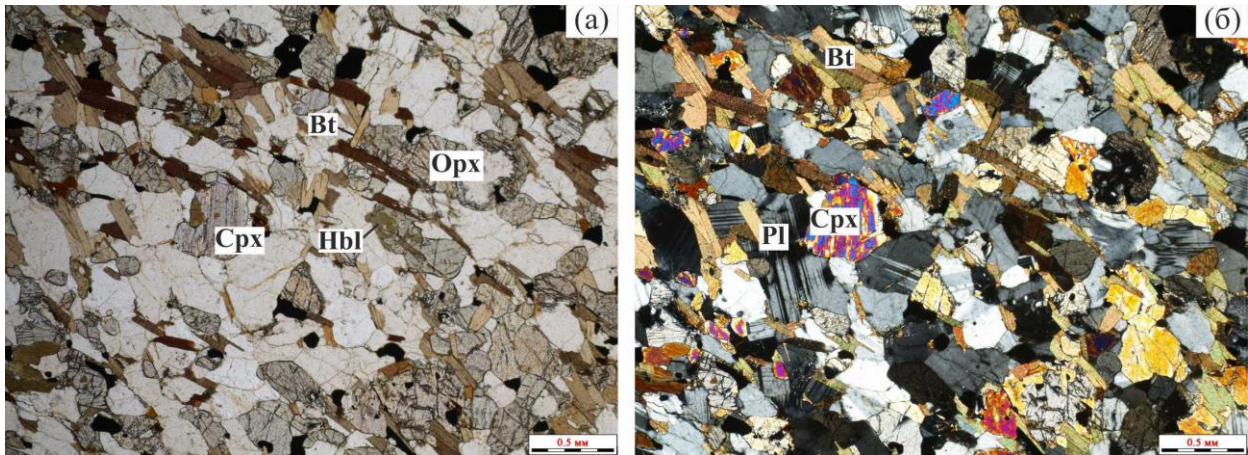


Рисунок 5.3. Фотографии шлифов двупироксеновых кристаллических сланцев нюрундуканского комплекса Богучанской пластины. а – без анализатора; б – николи скрещены.

**Жильные эндербиты** имеют крайне локальное распространение, ассоциируя лишь в паре мест с метагаббро м. Писаный Камень, и представлены жильными телами мощностью не более 50 см. Породы имеют гранобластовую мелко-среднезернистую структуру и массивную текстуру, размер некоторых зерен различается примерно в два раза. Эндербиты сложены плагиоклазом (до 60%), микроклином (до 15%), гиперстеном (5-10%) и кварцем (до 5%). Акцессорные минералы представлены магнетитом, апатитом и цирконом (рисунок 5.4а,б).

*Плагиоклаз* представлен андезином и встречается в виде субидiomорфных короткопризматических полисинтетически сдвойникованных кристаллов размером до 3мм, а также в виде пертитовых включений в микроклине.

*Микроклин* образует самостоятельные изометричные зерна неправильной формы и размером до 1 мм. У некоторых зерен наблюдается хорошо выраженная характерная решетчатая структура.

*Гиперстен* образует слегка розоватые удлиненные ксеноморфные кристаллы размером 0,5-1,75 мм. Местами отчетливо видно развитие по пироксену хлорита.

*Кварц* представлен бесцветными изометричными зернами неправильной формы размером до 0,5 мм. Как правило, кварц встречается редко и выполняет интерстиции между другими минералами.

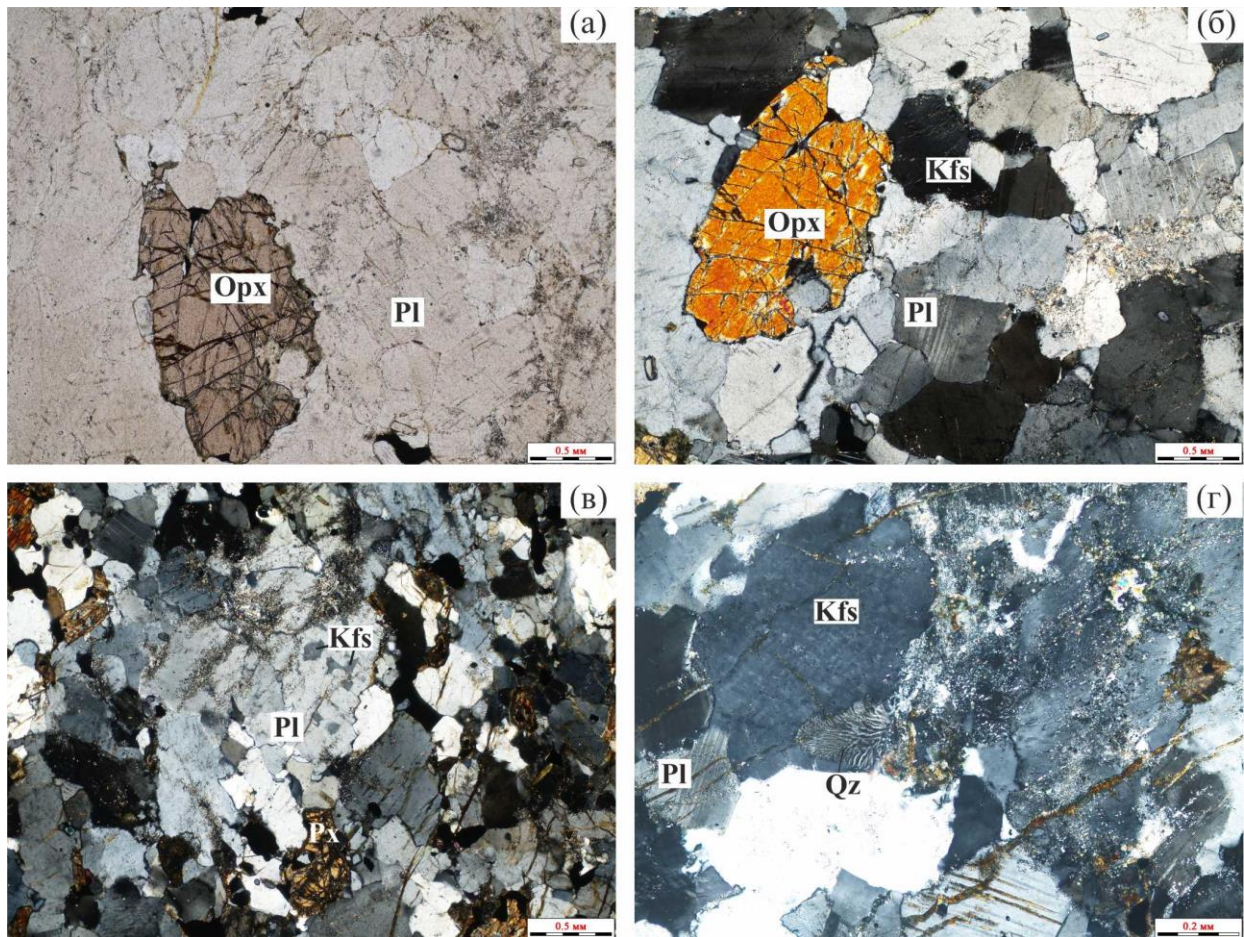


Рисунок 5.4. Фотографии шлифов жильных эндербитов (а, б) и чарнокитов (в, г) нюрундуканского комплекса Богучанской пластины. а, б – без анализатора; в, г – николи скрещены.

**Чарнокиты**, ассоциируют в обнажениях м. Писаный камень с двупироксеновыми кристаллосланцами и развиты относительно ограниченно. Их жильные тела как пересекают сланцеватость в кристаллосланцах, так и субсогласны ей. Структура этих пород гетеробластовая средне-мелкозернистая, все слагающие их минералы имеют либо изометричную, либо удлиненную форму, текстура массивная. Основными породообразующими минералами являются плагиоклаз (до 40%), кпш (до 30%), гиперстен (5-15%), авгит (2-5%), кварц (до 5%), из акцессорных минералов характерны ильменит, апатит и циркон (рисунок 5.4в,г). Средний минеральный состав приведен в таблице 5.2.

*Плагиоклаз* встречается в виде самостоятельных зерен андезинового состава ( $An_{41}$ ) ксеноморфного облика. Их размер варьирует от 0,2 до 1,5 мм. Помимо этого, плагиоклаз встречается в виде пертитов в кпш, причем пертиты встречаются

практически в каждом зерне КПШ. Местами зерна плагиоклаза серицитизированы. По краям некоторых зерен, на контакте с КПШ, наблюдаются мирмекиты.

*КПШ* представлен как антипертитами в плагиоклазе, так и отдельными самостоятельными зернами размером до 3 мм. В чарнокитах, в отличие от эндербитов, роль калиевого полевого шпата в формировании породы значительно выше, что выражается в его равном количестве, а иногда и преобладании над плагиоклазом.

*Гиперстен* образует бесцветные и розоватые удлиненные кристаллы неправильных или субидиоморфных форм размером до 1,25 мм. Часть кристаллов замещена хлоритом, а вокруг некоторых встречается коронарные структуры сложенные, вероятно, продуктами регрессивного метаморфизма.

*Авгит* слагает мелкие (до 0,5 мм) ксеноморфные кристаллы голубоватого оттенка. Структура отдельных кристаллов пойкилитовая и характеризуется включениями рудного минерала в пироксен.

*Кварц* образует мелкие бесцветные кристаллы в интерстициальных пространствах, либо представлен червеобразными вросками (мирмекитами) в плагиоклазе.

**Метагаббро** достаточно широко распространены в юго-западной части Богучанской пластины и слагают как самостоятельные тектонические домены, так и силлы среди амфиболитов и гнейсов. Породы имеют неравномерно-мелкосреднезернистую паналлотриоморфнозернистую структуру и массивную текстуру, минералы, слагающие их, представлены плагиоклазом, роговой обманкой, биотитом и ильменитом (рисунок 5.5а,б).

*Плагиоклаз* образует небольшие (0,25-1 мм) ксеноморфные кристаллы андезин-лабрадорного состава (An 45-52). Практически повсеместно зерна плагиоклаза в разной мере серицитизированы.

*Роговая обманка* полностью замещает пироксен и слагает как ксеноморфные, так и субидиоморфные удлиненные буро-зеленые кристаллы с соотношением ширины к длине ~ 1:2. Длина зерен достигает до 2,5 мм. В некоторых кристаллах

обнаруживаются включения плагиоклаза, за счет чего роговая обманка приобретает ситовидную структуру.

*Биотит* плеохроирует от светло-желтого до темно-коричневого цвета. Его кристаллы имеют субидиоморфный облик с соотношениями длины к ширине 4:1, 10:1 и длиной до 1,2 см.

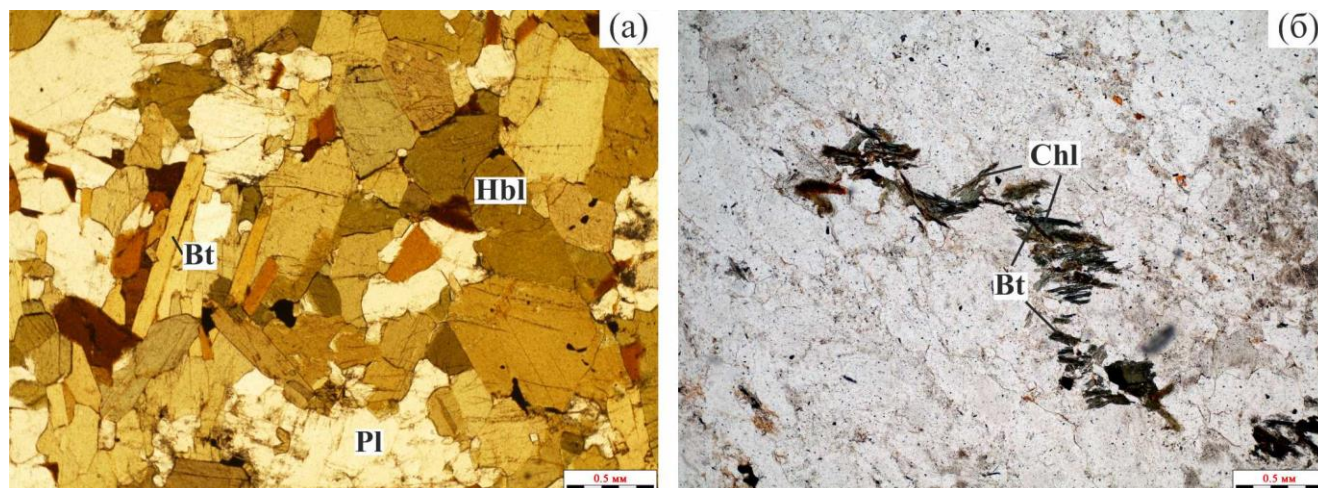


Рисунок 5.5. Фотографии шлифов метагаббро нюрндуканского комплекса Богучанской пластины. а – без анализатора; б – николи скрещены.

**Амфиболиты**, сформированные по базитам, слагают значительный объем Слюдинско-Курлинской пластины. В наиболее представительных обнажениях участка тоннелей БАМ встречаются несколько разновидностей амфиболитов, различающихся минеральным составом. Как правило это зеленовато-черные мелко-среднезернистые породы с нематобластовой структурой и сланцеватой текстурой. Основными минералами, слагающими их, являются магнезиальная роговая обманка, плагиоклаз и эпидот (рисунок 5.6а,б). Не редко встречаются гранат содержащие разности, а также амфиболиты с массивной текстурой и повышенным содержанием рудного минерала. Средний минеральный состав приведен в таблице 5.3.

*Роговая обманка* образует удлиненные кристаллы неправильной формы и слагает от 50% до 80% породы, изредка встречаются субидиоморфные кристаллы. Размер зерен достигает 2мм в длину. Роговая обманка плеохроирует в зелено-голубых оттенках. Местами наблюдается замещение амфибола хлоритом.

*Плагиоклаз* представлен ксеноморфными зернами андезинового состава (An 35) с редкими двойниками. Размер выделений плагиоклаза редко превышает 1 мм. Иногда наблюдается достаточно обильная серицитизация.

*Эпидот* формирует различные обособления как по периметру, так и в центральных частях роговой обманки. Его зерна бесцветны и имеют высокий рельеф, в скрещенных николях наблюдаются аномальные интерференционные окраски.

**Метадиориты** представлены зеленовато-серыми средне-мелкозернистыми породами и формируют мощные тектонические пластины, локализованные в долине р. Акукан (устье р. Холодной). Как правило они имеют сланцеватую текстуру и паналлотриаморфнозернистую структуру, иногда встречаются разности с массивной текстурой. Метадиориты сложены плагиоклазом, роговой обманкой, биотитом и рудным минералом (рисунок 5.6в,г).

Неправильной формы зерна *плагиоклаза* составляют до 70% объемной массы породы. Их зерна достигают 2,5 мм в длину. Большая часть зерен в значительной мере серицитизирована. Изредка по плагиоклазу развивается карбонат.

*Амфибол* представлен буро-зеленой *роговой обманкой* с пойкилитовой структурой. Иногда по ее кристаллам развивается эпидот. Удлиненные зерна амфибола не превышают 1 мм в длину.

*Биотит* является вторичным и представляет собой продукт замещения раннемагматической роговой обманки. Из-за развития биотита кристаллы амфибола часто выглядят пятнистыми. В свою очередь по слюде развивается хлорит. Часто хлорит образует полные псевдоморфозы по биотиту, а иногда замещает его только частично.

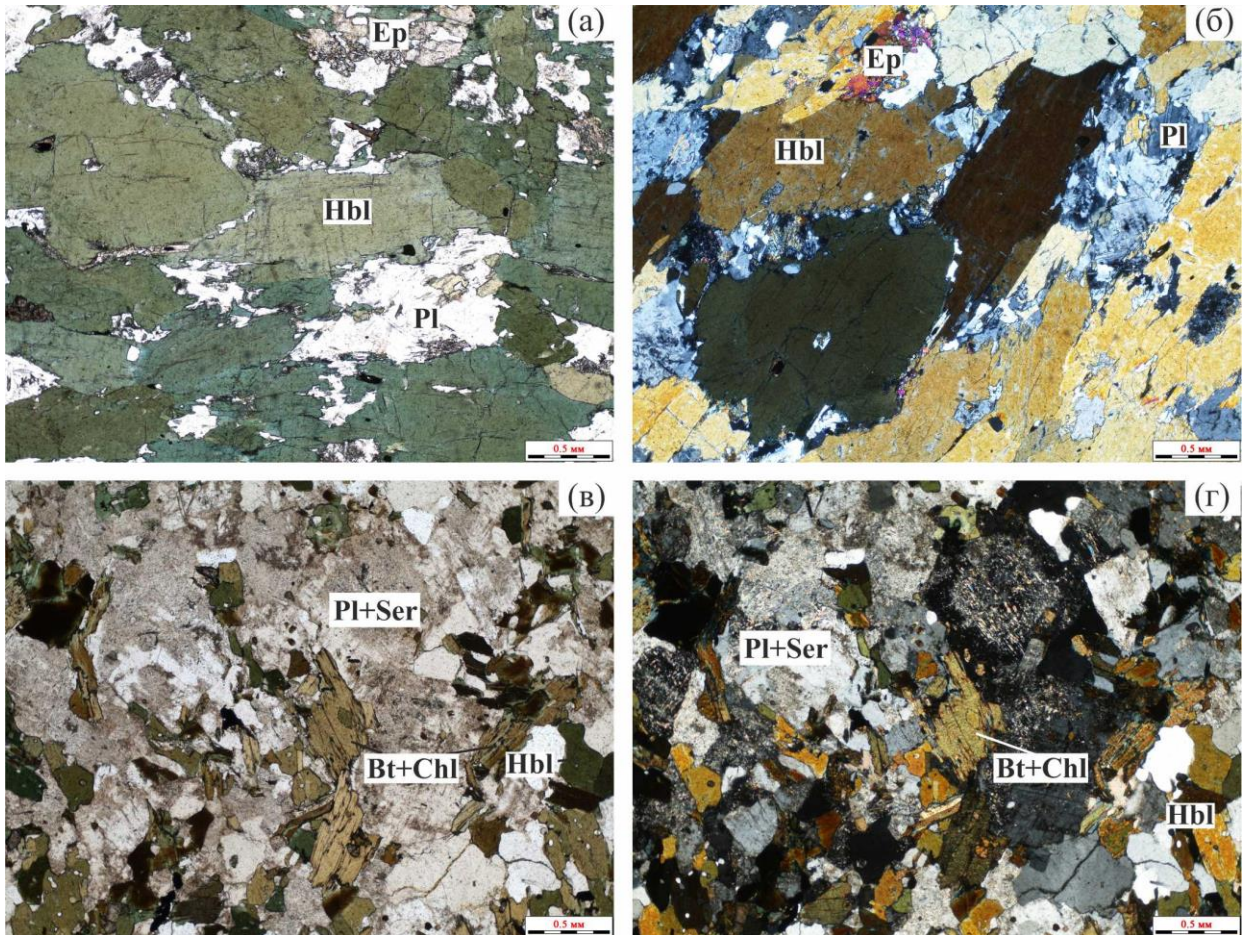


Рисунок 5.6. Фотографии шлифов амфиболитов (а, б) и метадiorитов (в, г) нюрондуканского комплекса Слюдинско-Курлинской пластины. а, б – без анализатора; в, г – николи скрещены.

компонент	кристаллические сланцы				
	Срх	Орх	Pl	Bt	Ilm
SiO <sub>2</sub>	51.7	51.3	59	37.93	0
TiO <sub>2</sub>	0.23	0	0	5.86	49.9
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.5	0.75	25.3	15.16	0
FeO*	11	27.83	0.29	17.46	49
MnO	0.16	1.01	0	0	0.94
MgO	12.5	18.29	0	13.51	0
CaO	22.5	0.77	7.5	0	0
Na <sub>2</sub> O	0.29	0	7.4	0	0
K <sub>2</sub> O	0	0	0.37	9.9	0
f, %	33	46		42	
An, %			35		

Таблица 5.1. Средний состав минералов двупироксеновых кристаллических сланцев, мас. %.

компонент	чарнокиты				
	Срх	Орх	Pl	Bt	Plm
SiO <sub>2</sub>	53.34	51.06	57.75	36.30	0
TiO <sub>2</sub>	0.27	0.16	0.03	5.56	49.96
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.62	1.18	26.88	15.61	0.02
FeO*	9.5	25.78	0.18	16.27	48.58
MnO	0.29	0.68	0.04	0.06	1.27
MgO	13.2	18.86	0.01	12.82	0.06
CaO	22.53	0.84	8.8	0.01	0.02
Na <sub>2</sub> O	0.41	0	6.55	0.09	0
K <sub>2</sub> O	0	0	0.32	9.88	0
f,%	28.8	43.3		41.5	
An,%			41.8		

Таблица 5.2. Средний состав минералов чарнокитов, мас. %.

компонент	амфиболит	
	Pl	Amp
SiO <sub>2</sub>	59.8	45.38
TiO <sub>2</sub>	0.29	0.29
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25.1	11.05
FeO*	0.2	12.27
MnO	0.03	0.26
MgO	0.01	12.46
CaO	6.9	10.16
Na <sub>2</sub> O	6.8	1.61
K <sub>2</sub> O	0.22	0.22
f,%		35.6
An,%	35	

Таблица 5.3 Средний состав минералов амфиболитов, мас. %.

## Глава 6. Геохимическая характеристика пород нюрндукуанского комплекса

### 6.1. Нюрндукуанский комплекс Богучанской пластины

Содержания элементов-примесей в породах Богучанской пластины (приложение 4), нормированные на состав хондрита и примитивной мантии (Sun, McDonough, 1989; Taylor, McLennan, 1985), показаны на спайдедиаграммах (рисунок 6.3.).

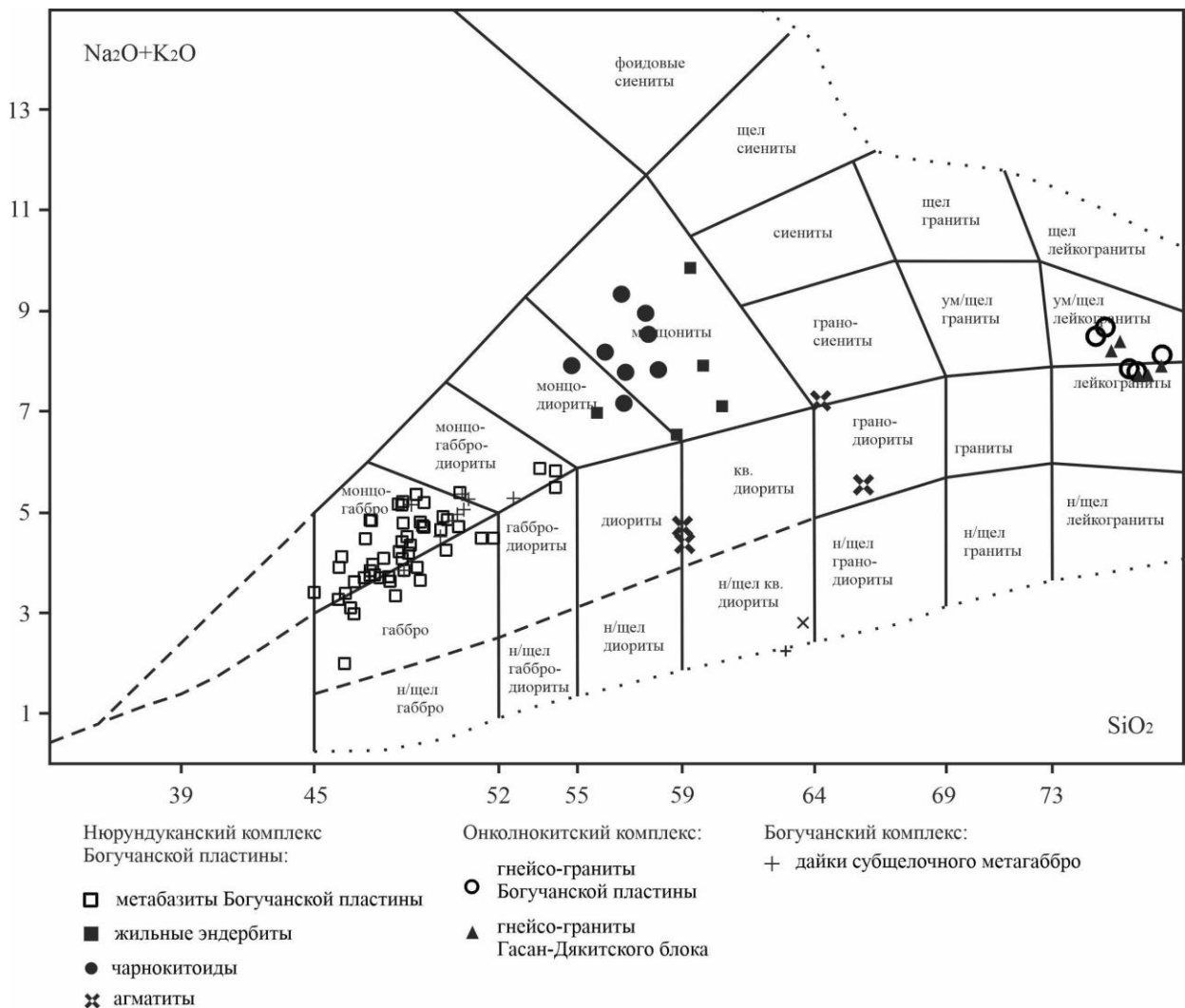


Рисунок 6.1. Классификационная диаграмма  $\text{SiO}_2$ - $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$  (мас.%) (Шарпенюк и др., 2013) с точками составов пород Богучанской пластины и гнейсо-гранитами Гасан-Дякитской пластины.

*Двупротоксеновые кристаллосланцы, метагаббро и амфиболиты являются наиболее детально петрохимически охарактеризованной группой пород среди*

базитов Богучанской тектонической пластины. Положение точек их составов на классификационной TAS диаграмме (рисунок 6.1) позволяет отнести их к габбро, монцогаббро и монцогаббродиоритам. В системе  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{FeO}_t-\text{MgO}$  на диаграмме AFM (Irvine&Baragar, 1971), метабазиты Богучанской пластины располагаются в полях пород как толеитовой серии, так и известково-щелочной (рисунок 6.2а,б), на диаграмме Йенсена (Jensen, 1976) фигуративные точки составов пород ложатся преимущественно в поле высокожелезистых толеитов. Значение индекса магнезиальности варьирует в интервале 39-60. Характерной петрохимической особенностью этих пород является повышенная титанистость ( $\text{TiO}_2$  1,24-3,23 мас.%) со средним значением 2,24 мас.%. Среди описываемой серии пород, незначительно выделяются метагаббро скальных выступов м. Лударь и м. Красный Яр, которые характеризуются повышенным содержанием калия ( $\text{K}_2\text{O}$  до 2 мас.%). Данный факт может объясняться замещением пироксена биотитом в ходе позднемагматических изменений.

Все описанные разности представляют собой единую умеренно дифференцированную группу основных пород с подобными спектрами распределения РЗЭ и элементов примесей. Они характеризуются преобладанием легких РЗЭ над тяжелыми ( $(\text{La}/\text{Yb})_N = 3,4-8,8$ ) и отсутствием ярко выраженной европиевой аномалии ( $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0,85-1,3$ ) (рисунок 6.3а). Спектры распределения редких и рассеянных элементов метабазитов Богучанской пластины, нормированных по их содержаниям в примитивной мантии, характеризуются крайне незначительным Nb-Ta-минимумом и, несмотря на относительно высокое содержание  $\text{TiO}_2$  (среднее значение 2.3 мас. %), – небольшим Ti-минимумом (рисунок 6.3б). Все породы данной серии обладают более высокими, чем в ОИВ содержаниями тяжелых РЗЭ (Ho, Er, Tm, Yb, Lu) и несмотря на незначительно более низкие концентрации остальных литофильных и высокозарядных элементов, близки к их среднему содержанию во внутриплитных базальтах, часть из которых также имеет небольшие Ta–Nb аномалии. Положение точек составов рассматриваемых пород на дискриминационных диаграммах Th-Hf/3-Ta (Wood,

1980),  $D_x$ - $D_y$  (Великославинский, Глебовицкий, 2005) так же указывает на их формирование во внутриплитных обстановках (рисунок 6.2в,г).

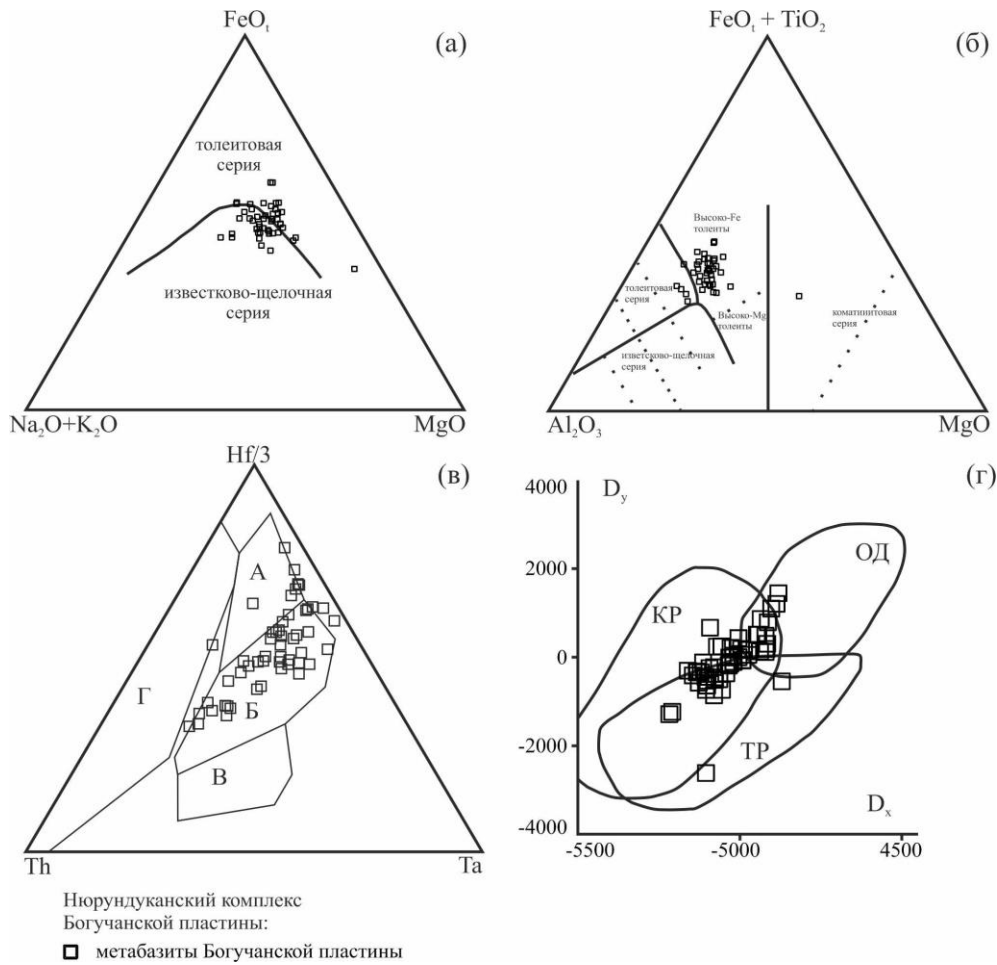


Рисунок 6.2. Классификационные диаграммы с точками составов метабазитов нюрундуканского комплекса Богучанской пластины.

(а) – диаграмма  $FeO_1$ - $Na_2O+K_2O$ - $(CaO+MgO) \times 5$  (мол. кол.) (Irvine & Baragar, 1971); (б) – диаграмма  $Al_2O_3$ - $(FeO_1+TiO_2)$  (мол. кол.) (Jensen, 1976); (в) – дискриминационная диаграмма  $Hf/3$ - $Th$ - $Ta$  (г/г) (Wood, 1980); (г) – дискриминационная диаграмма  $D_x$ - $D_y$  (Великославинский и др., 2005).

Обозначения полей: (в) – А, Б, В, Г – базальты СОХ, внутриплитные, щелочные внутриплитные и островодужные базальты соответственно; (г) – ОД, ТР, КР – базальты островных дуг, базальты траппов, базальты континентальных рифтов;

*Чарнокитоиды и жильные эндебиты* близки по своему составу к монцодиоритам и монцонитам (рисунок 6.1). Суммарное содержание щелочей в этих породах довольно велико и составляет 6,5-9,34 мас.%, с преобладанием  $Na_2O$  над  $K_2O$  в эндебитах. Их химический состав характеризуется низкими

содержаниями магния ( $\text{MgO} \sim 1,8$  и  $\sim 1,6$  мас.%), железа ( $\text{FeO}^* \sim 7,1$  и  $\sim 3,3$  мас.%), кальция ( $\text{CaO} \sim 4,2$  и  $\sim 4,9$  мас.%) и достаточно высокими содержаниями алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \sim 17,8$  и  $\sim 21,7$  мас.%) соответственно.

Описываемые породы характеризуются схожими спектрами распределения РЗЭ, отличаясь лишь их концентрацией. Чарнокиты обладают умеренно дифференцированными спектрами легких РЗЭ ( $(\text{La/Yb})_N = 5,8-7,9$ ), а эндербиты сильно дифференцированными ( $(\text{La/Yb})_N = 8,6-26,4$ ) (рисунок 6.3а). Для них свойственно наличие хорошо выраженной положительной европиевой аномалии,  $\text{Eu}/\text{Eu}^* \sim 1,8$  и  $3,9$  соответственно. Стоит отметить, что описываемые породы контрастны по содержаниям Zr и Hf, количество Zr варьирует от 8 до 2430 ppm. Столь великая разница в концентрациях, вероятно, объясняется наличием шлиров содержащих большое количество циркона. Помимо этого, отмечаются отрицательные аномалии Ti и Nb-Ta. Небольшая отрицательная аномалия Sr в чарнокитах свидетельствует о фракционировании калиевого полевого шпата. Вероятно, что протолитом данных серий пород являются высокотитанистые базиты Богучанской пластины. Различие в содержаниях редкоземельных и малых элементов связано с меньшей ролью участия корового материала при образовании эндербитов, либо более интенсивном проявлении анатексиса в чарнокитах.

*Агматиты*, установленные в южной части м. Лударь, представляют собой обломки и глыбы базитового состава, сцементированные расплавом диоритового состава. По своему химическому составу они сопоставимы с кварцевыми диоритами и гранодиоритами (рисунок 6.1).

Характерной чертой агматитов является обогащение в области легких РЗЭ ( $(\text{La/Yb})_N = 4,1-11,5$ ) и относительная деплетированность в области тяжелых РЗЭ ( $(\text{Gd/Yb})_N = 1,3-2,2$ ), а также наличие небольшой отрицательной Eu-аномалии ( $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0,6-1$ ) (рисунок 6.3а). Содержания легких РЗЭ превышают хондритовый уровень в 30-100 раз, а тяжелых 8-15 раз. На спектрах распределения редких элементов отмечается общее обогащение литофильными элементами (Rb, Ba, Sr) и обеднение высокозарядными элементами (Th, Nb, Ta, Ti) (рисунок 6.3б).

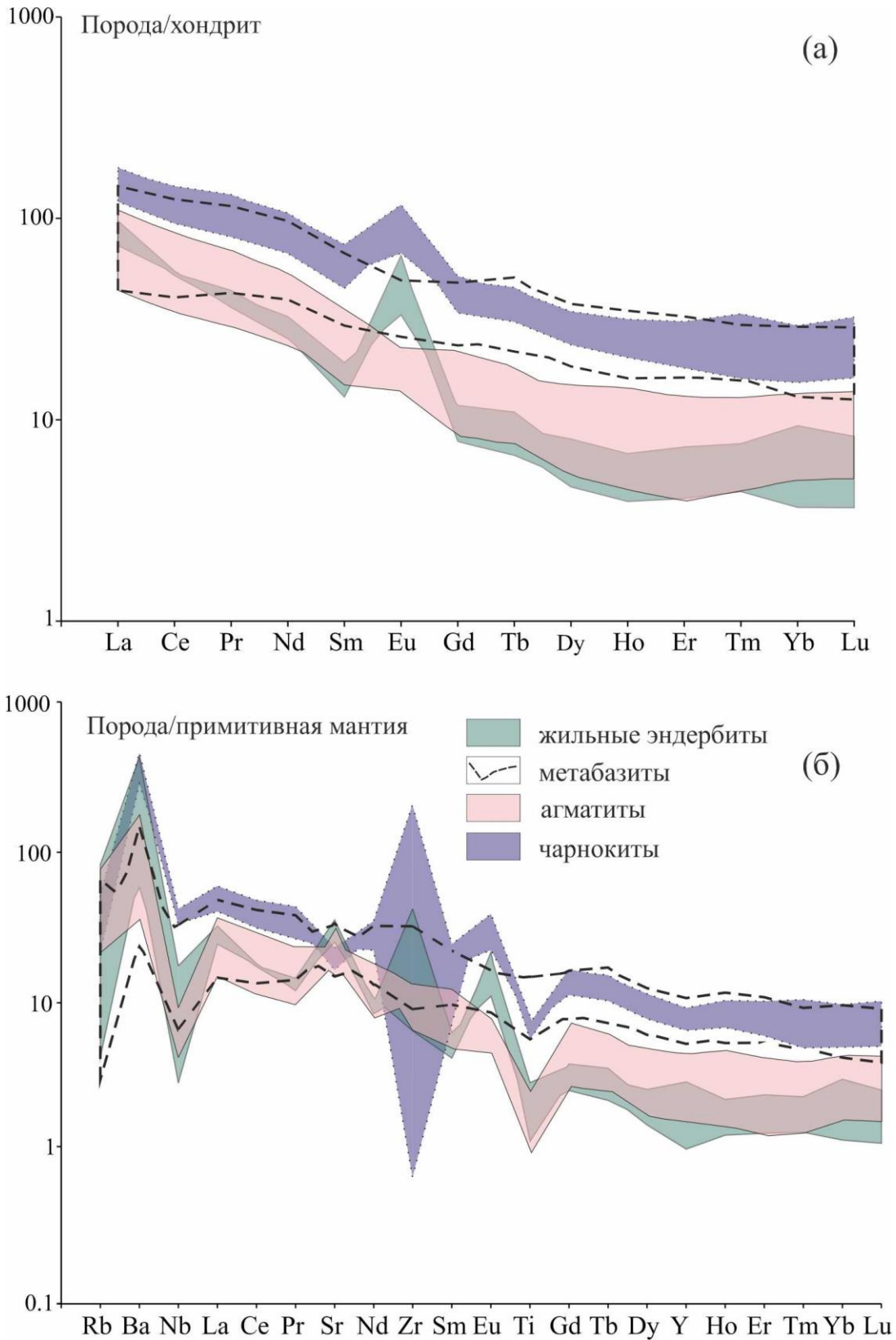


Рисунок 6.3. Распределение микроэлементов в породах нюрундуканского комплекса Богучанской пластины, нормированных к составам хондрита (Taylor, McLennan, 1985) (а) и примитивной мантии (Sun, McDonough, 1989) (б).

## 6.2. Ньюрундуканский комплекс Слюдинско-Курлинской пластины

Содержания элементов-примесей в породах Курлинской пластины (приложение 4), нормированные на состав хондрита и примитивной мантии (Sun, McDonough, 1989; Taylor, McLennan, 1985), показаны на спайдедиаграммах (рисунок 6.6).

На классификационной диаграмме  $\text{SiO}_2$ - $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$  амфиболиты Слюдинско-Курлинской пластины, локализованные в обнажениях мысовых тоннелей БАМ попадают в поля габбро и монцогаббро (рисунок 6.4). На тройных AFM диаграммах (Irvine & Baragar, 1971; Jensen, 1976), амфиболиты рассматриваемой группы располагаются преимущественно в полях пород толеитовой серии (рисунок 6.5а,б). Породы с близкими концентрациями кремнезема не являются однородными по содержаниям других петрогенных элементов. Половина рассматриваемых метабазитов имеют пониженные концентрации  $\text{TiO}_2$  (менее 1 мас. %) и умеренные  $\text{FeO}$  (до 11 мас. %). На их фоне выделяются умеренно-титанистые породы с содержаниями  $\text{TiO}_2$  до 1,74 мас. % и одновременно более высокими концентрациями  $\text{FeO}$  до 15,5 мас. %.

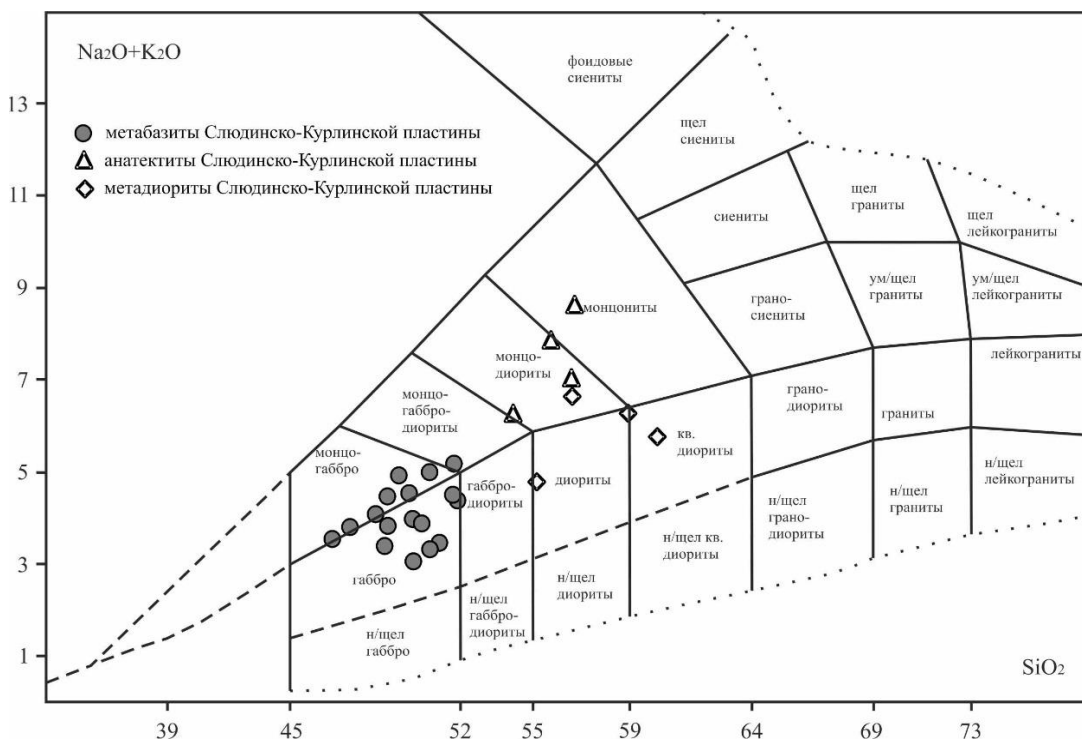


Рисунок 6.4. Классификационная диаграмма  $\text{SiO}_2$ - $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$  (мас.%) (Шарпенко и др., 2013) с точками составов пород ньюрундуканского комплекса Слюдинско-Курлинской пластины.

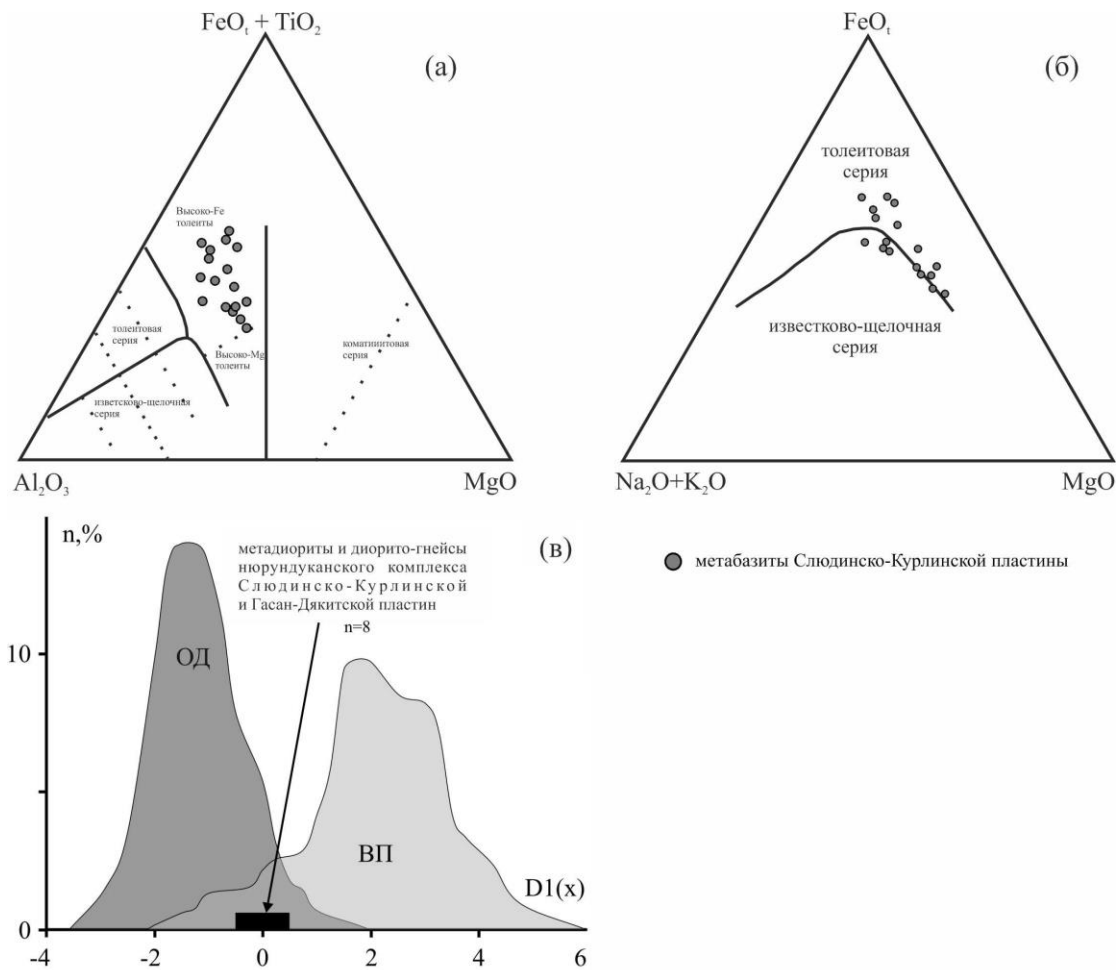


Рисунок 6.5. Классификационные диаграммы с точками составов пород нюрндуканского комплекса Слюдинско-Курлинской пластины.

(а) – диаграмма  $Al_2O_3$ – $(FeO_T+TiO_2)$  (мол. кол.) (Jensen, 1976) с фигуративными точками metabазитов нюрндуканского комплекса Слюдинско-Курлинской пластины; (б) – диаграмма  $FeO_T$ – $Na_2O+K_2O$ – $(CaO+MgO) \times 5$  (мол. кол.) (Irvine&Varagar, 1971) с фигуративными точками metabазитов нюрндуканского комплекса Слюдинско-Курлинской пластины; (в) - распределение значений дискриминантной функции  $D1(x)$ -n,%, разделяющей внутриплитные (ВП) и островодужные (ОД) магматические породы среднего состава (Великославинский, Крылов, 2015).

По характеру распределения малых элементов, metabазитам Курлинской тектонической пластины свойственно, как правило, преобладание тяжелых редких земель над легкими ( $(La/Yb)_n = 0,34-1,3$ , но для 80% не превышает 0,9), что делает их схожими с базальтами N- и T-MORB типов (рисунок 6.6). Стоит отметить, что содержания некоторых крупноионных литофильных элементов значительно выше, чем в MORB. Помимо этого, наблюдается четкая корреляция MgO с Y, Zr, Hf, Ta,

REE, как и в классических MORB базальтах. Однако важно, что концентрации большинства малых элементов в амфиболитах меньше их средней концентрации в MORB, а для половины проб и вовсе ниже минимального. Этот факт позволяет предполагать исключительно деплетированный источник исходных магм.

Анатектиты, располагающиеся в районе второго тоннеля БАМ, по своему химическому составу отвечают монцодиоритам и монцонитам (рисунок 6.4). По содержанию петрогенных элементов они формируют довольно гомогенную группу, характеризующуюся низкими содержаниями MgO (0,7-3,5 мас.%), TiO<sub>2</sub> (0,08-0,36 мас. %) и FeO\* (1,1-4,5 мас. %). Концентрации CaO и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> колеблются от 6,4 до 8 мас. % и от 21 до 24 мас. % соответственно.

Метадиориты долины р. Акукан по своему составу отвечают ряду диорит - кварцевый диорит нормальной щелочности (рисунок 6.4). Они характеризуются умеренными содержаниями железа (FeO\*=7,7-8,7 мас.%), алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=15,5-16,5 мас.%), магния (MgO=2,1-2,8 мас.%), кальция (CaO=4,7-6 мас.%) и титана (TiO<sub>2</sub>=1,3-1,7 мас.%). Исключение составляет один образец мелкозернистого метадиорита, в которой наблюдаются повышенные содержания титана (TiO<sub>2</sub> = 2,37 мас.%) и железа (FeO\* = 11,49 мас.%), что объясняется присутствием достаточно большого количества акцессорного титаномагнетита. Метадиоритам свойственны отчетливые отрицательные Sr, Ti и Ta-Nb аномалии, отсутствие Eu-аномалии (Eu/Eu\*= 0,9-1,1) и слабодифференцированные спектры распределения РЗЭ ((La/Yb)<sub>n</sub>=2,4-3,9) (6.6). Положение составов метадиоритов на тектономагматической диаграмме соответствует полю неопределенности между породами среднего состава островодужных и внутриплитных обстановок (рисунок 6.5в).

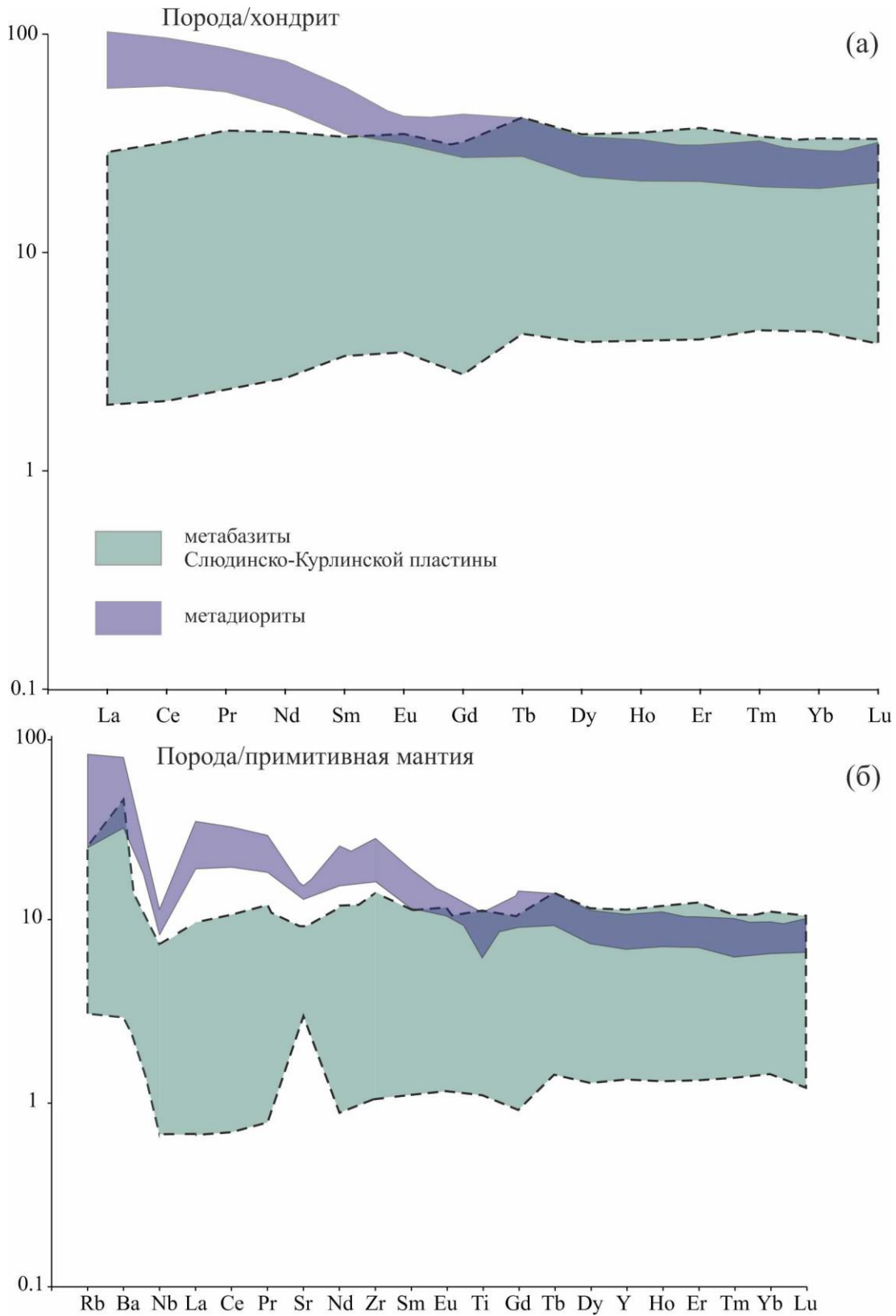


Рисунок 6.6. Распределение микроэлементов в породах нюрондуканского комплекса Слюдинско-Курлинской пластины, нормированных к составам хондрита (Taylor, McLennan, 1985) (a) и примитивной мантии (Sun, McDonough, 1989) (б).

### 6.3. Ньюрундуканский комплекс Гасан-Дякитской пластины

Содержания элементов-примесей в породах Гасан-Дякитской пластины (приложение 4), нормированные на состав хондрита и примитивной мантии (Sun, McDonough, 1989; Taylor, McLennan, 1985), показаны на спайдедиаграммах (рисунок 6.10).

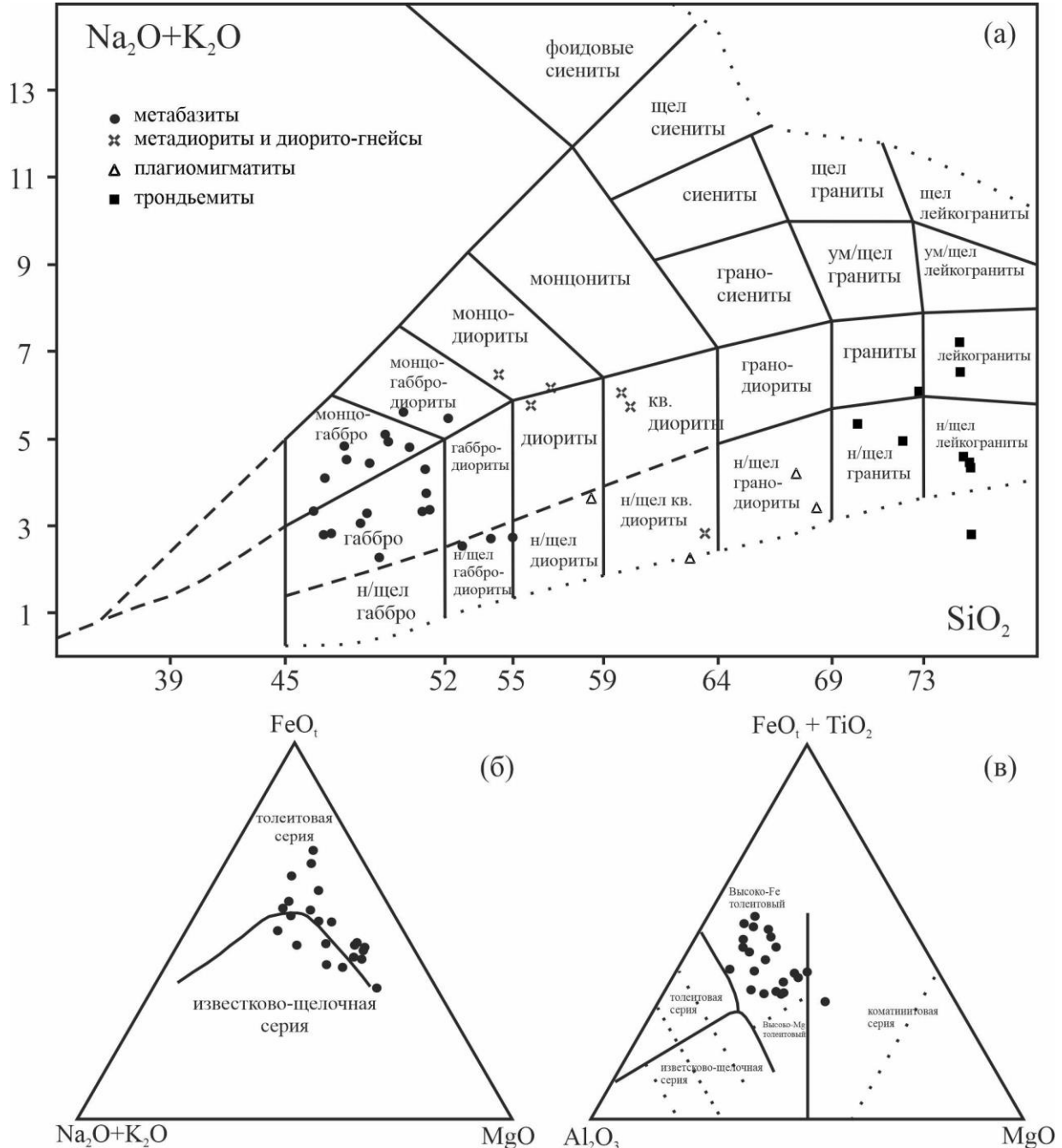


Рисунок 6.7. Классификационные диаграммы с точками составов пород ньюрундуканского комплекса Гасан-Дякитской пластины.

(а) – диаграмма  $\text{SiO}_2\text{--}(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$  (мас.%) (Шарпенюк и др., 2013); (б) - диаграмма  $\text{FeO}_t\text{--}\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O--}(\text{CaO}+\text{MgO})\times 5$  (мол. кол.) (Irvine&Baragar, 1971); (в) - диаграмма  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--}(\text{FeO}_t\text{--}\text{TiO}_2)$  (мол. кол.) (Jensen, 1976).

Метагаббро и амфиболиты, локализованное в левом борту нижнего течения р. Холодная, устьях р. Акукан и руч. Турликан по своему составу сопоставимы с габбро, монцогаббро и монцогаббродиоритами. Магнезиальность ( $\text{Mg}\#$ ) описываемых пород изменяется в интервале 31-72 (рисунок 6.7а). На AFM диаграммах подавляющее большинство составов метабазитов располагается в поле пород толеитовой серии (рисунок 6.7б,в). Для всех базитов Гасан-Дякитской пластины фиксируются отрицательные корреляции  $\text{Mg}\#$  с содержаниями  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{FeO}^*$  и положительные с  $\text{CaO}$ , которые указывают на активные процессы кристаллизационной дифференциации и кумуляции пироксена при эволюции расплава. Концентрации  $\text{TiO}_2$  варьируют в пределах от 0,6 до 3,57 мас.%,  $\text{FeO}^*$  от 8,3 до 15,86 мас.%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  от 11 до 17 мас.%. Стоит отметить, что наименее магнезиальные породы имеют одновременно повышенные содержания титана и железа.

По характеру распределения редкоземельных и малых элементов метабазиты Гасан-Дякитской пластины подразделяются на две подгруппы. Первая из них обнаруживает сходство с базальтами N-MORB типа. Данный факт отчетливо фиксируется низкими значениями отношения легких РЗЭ к тяжелым ( $(\text{La}/\text{Yb})_N = 0,3\text{--}0,8$ ) и отсутствием выраженных европиевых аномалий (рисунок 6.10). Для всех пород свойственно наличие небольших отрицательных Nb-Ta аномалий и, как правило, положительных Sr аномалий. Вторая подгруппа имеет большие вариации концентраций РЗЭ и редких элементов, но, несмотря на это, образует достаточно компактный геохимический кластер. Всем описываемым породам типично преобладание легких РЗЭ над тяжелыми ( $(\text{La}/\text{Yb})_N = 1,5\text{--}4,4$ ), а также, в половине случаев, наличие небольшой положительной европиевой аномалии ( $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0,85\text{--}1,3$ ). Характер распределения малых элементов подчеркивается наличием положительных аномалий Sr и, в ряде случаев, Ti ( $\text{TiO}_2 > 1,5$  мас.%), помимо этого

на всех графиках проявлен Ta-Nb минимум. В целом, амфиболиты и метагаббро второй подгруппы схожи с базитами E- и T-MORB типов (рисунок 6.10). Положение фигуративных точек составов metabазитов как Гасан-Дякитской, так и Слюдинско-Курлинской пластин на дискриминационных диаграммах Th-Hf/3-Ta, D<sub>x</sub>-D<sub>y</sub> указывают на их формирование во внутриплитных обстановках (рисунок 6.8).

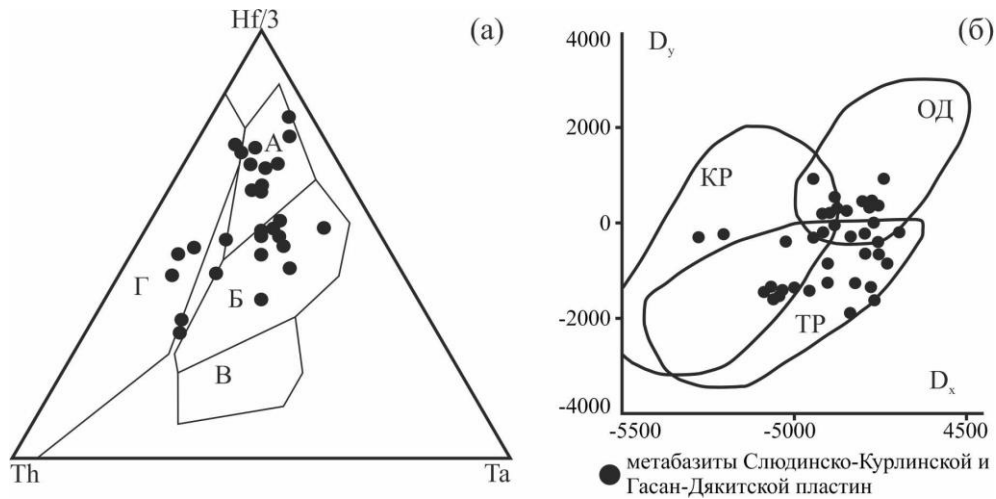


Рисунок 6.8. Дискриминационные диаграммы с точками составов metabазитов нюрондуканского комплекса Гасан-Дякитской и Курлинской пластин.

(a) – дискриминационная диаграмма Hf/3–Th–Ta (г/т) (Wood, 1980); (б) – дискриминационная диаграмма D<sub>x</sub>-D<sub>y</sub> (Великославинский и др., 2005).

Обозначения полей: (а) – А, Б, В, Г – базальты СОХ, внутриплитные, щелочные внутриплитные и островодужные базальты соответственно; (б) - ОД, ТР, КР – базальты островных дуг, базальты траппов, базальты континентальных рифтов;

Диорито-гнейсы, установленные в ходе полевых работ в среднем и верхнем течении р. Холодной, по своему составу отвечают диоритам и монцодиоритам высококалиевой серии (рисунок 6.7а). По содержанию петрогенных элементов описываемая группа пород представляет собой довольно гомогенную группу. Концентрации MgO варьируют в ней от 2,3 до 3,7 мас.%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> от 15,8 до 17 мас.%, СаО от 4 до 6 мас.%, FeO\* от 7 до 8 мас.%, TiO<sub>2</sub> от 0,85 до 1 мас.%. На вариационных диаграммах (рисунок 6.9), отражающих зависимость концентраций несовместимых элементов от содержаний Nb, точки составов метадиоритов Слюдинско-Курлинской пластины, а также диорито-гнейсов Гасан-Дякитской

пластины и метабазитов образуют единые согласованные тренды, которые могут свидетельствовать о формировании диоритов за счет дифференциации базитового расплава. Диорито-гнейсы имеют слабо дифференцированное распределение РЗЭ ( $(La/Yb)_N = 4-5,3$ ) с практически непроявленной европиевой аномалией ( $Eu/Eu^* = 0,8-0,96$ ). В распределении редких и рассеянных элементов отмечаются отрицательные Ta-Nb и Ti аномалии. В отдельных случаях фиксируется Sr максимум, а в других Sr минимум (рисунок 6.10).

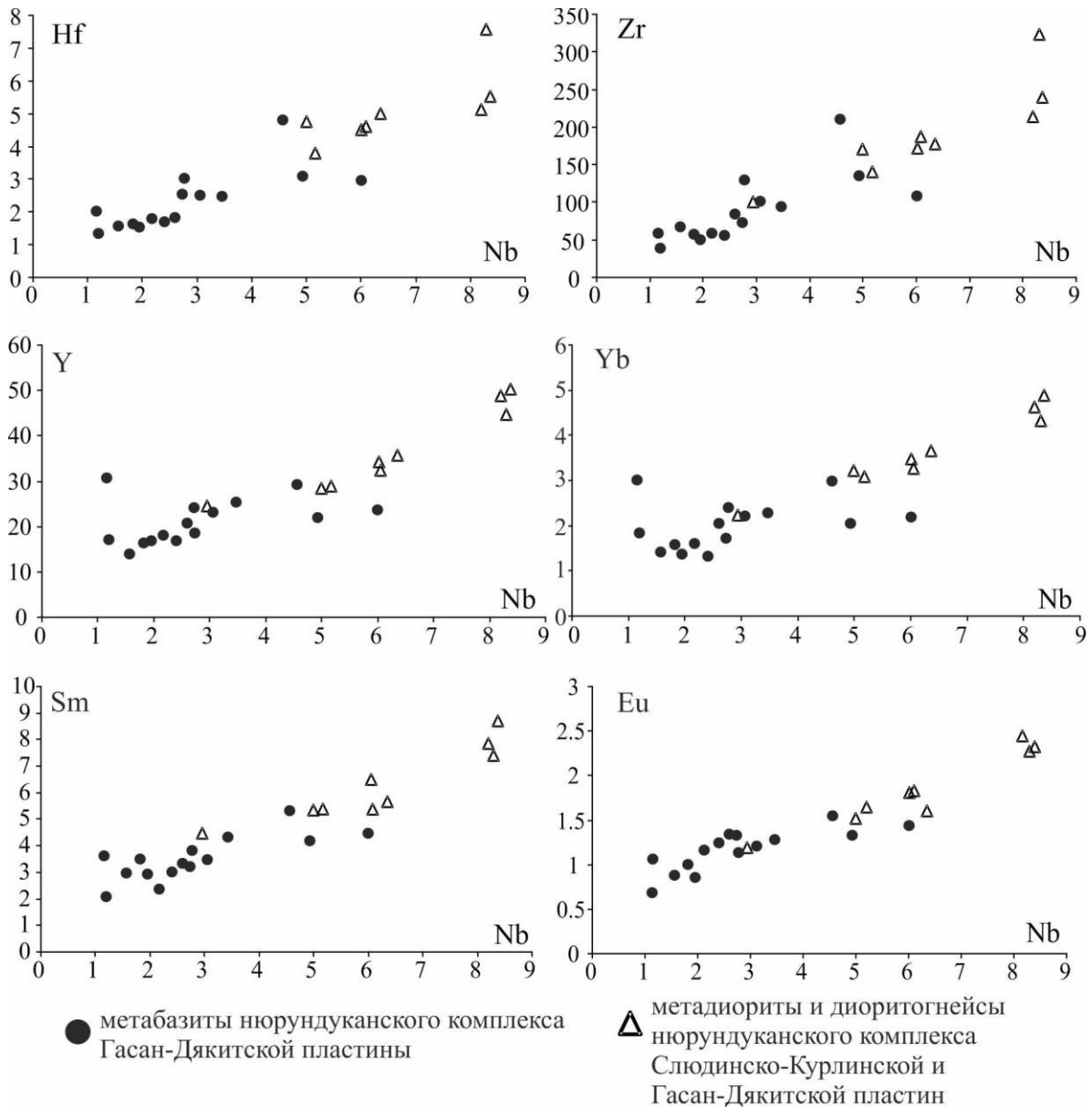


Рисунок 6.9. Вариационные диаграммы содержаний некоторых несовместимых элементов относительно концентраций Nb для метабазитов, метадiorитов и диоритогнейсов нюрундуканского комплекса центральной подзоны.

Кислые породы нюрндукуанского комплекса Гасан-Дякитской пластины представлены амфиболовыми плагиомигматитами и трондъемитами. Фигуративные точки их составов на диаграмме TAS для интрузивных пород (рисунок 6.7а) попадают преимущественно в поля гранодиоритов и лейкогранитов. В них отмечаются повышенные содержания  $\text{SiO}_2$  (70-77 мас.%), исключение составляют плагиомигматиты с содержанием кремнекислоты – 58-68 мас.%. Помимо этого для трондъемитов характерно низкое содержание  $\text{K}_2\text{O}$  (0,02-0,7 мас.%).

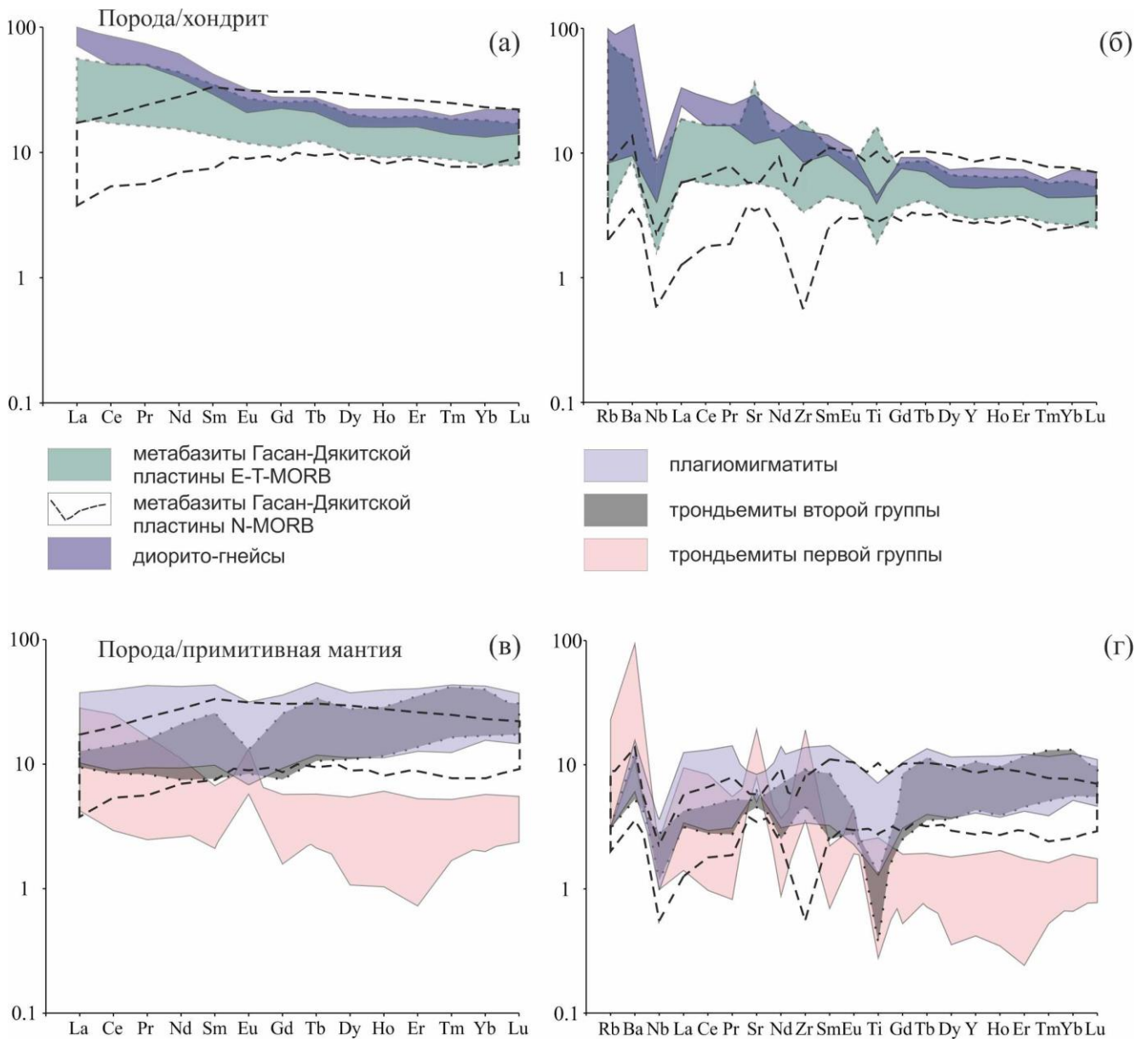


Рисунок 6.10. Распределение микроэлементов в породах нюрндукуанского комплекса Гасан-Дякитской пластины, нормированных к составам хондрита (Taylor, McLennan, 1985) (а, в) и примитивной мантии (Sun, McDonough, 1989) (б, г).

Для плагиомигматитов характерно слабодифференцированное распределение РЗЭ ( $(La/Yb)_N=0,65-1$ ). На мультиэлементной диаграмме отмечаются титановые и неглубокие Nb-Ta минимумы (рисунок 6.10). В целом спектры распределения их редких и редкоземельных элементов идентичны таковым у вмещающих амфиболитов, что объясняется крайне малой добавкой продукта плавления кварц-полевошпатовой эвтектики в ходе анатексиса (Цыганков, 2005).

Трондьемиты по геохимическим характеристикам подразделяются на две группы. Породы первой из них обогащены легкими РЗЭ относительно тяжелых ( $(La/Yb)_N=1,4-14$ ), а также обладают Eu и Sr максимумами (рисунок 6.10). Как показано в работе (Pedersen and Malpas, 1984), механизм образования трондьемитов можно определить на основании конфигурации графиков редкоземельных элементов. В случае образования гранитоидов в результате анатексиса корового вещества основного состава, на графиках будут наблюдаться сильно фракционированные распределения легких РЗЭ, отличные от таковых у связанных с ними базитов. Учитывая вышесказанное, можно предположить, что генезис трондьемитов первой группы, вероятнее всего, связан с частичным плавлением метабазитов нюрндукуанского комплекса на пике метаморфизма. Конфигурация графиков трондьемитов второй группы схожа с таковой у амфиболитов, включая повышенные содержания тяжелых РЗЭ ( $(La/Yb)_N=0,3-0,98$ ) (рисунок 6.10). Формирование гранитоидов с геохимическими характеристиками подобными пространственно ассоциирующими с ними базитами изложены в работе (Boney and Stampfli, 2009) и связывается с дифференциацией базитовой магмы в магматической камере. Данная модель формирования трондьемитов экспериментально доказана в работе (Whattam S.A. et al., 2016). В целом, геохимические характеристики плагиомигматитов и трондьемитов согласуются с разнообразными геологическими соотношениями плагиогранитных анатектических расплавов с вмещающими амфиболитами (Цыганков, 2005), включая образование жильных тел и прожилков, пересекающих сланцеватость

амфиболитов, а также инъекций плагиогранитного расплава в синдвиговые структуры.

#### 6.4. Краткая сравнительная характеристика пород нюрндуканского комплекса с породами других комплексов Кичерской зоны

В целях сравнительной характеристики продемонстрировано, что породы других комплексов, участвующих в строении Кичерской зоны, имеют существенные вещественные отличия. Исключение составляют породы кичерского комплекса. Так, metabазальты комплекса соответствуют низкотитанистым, высокожелезистым толеитам. По характеру распределения РЗЭ среди них выделяются metabазиты N-MORB и E-, T-MORB типов. В целом по своим геохимическим характеристикам metabазальты кичерского комплекса близки к амфиболитам нюрндуканского комплекса центральной подзоны (Андреев и др., 2022).

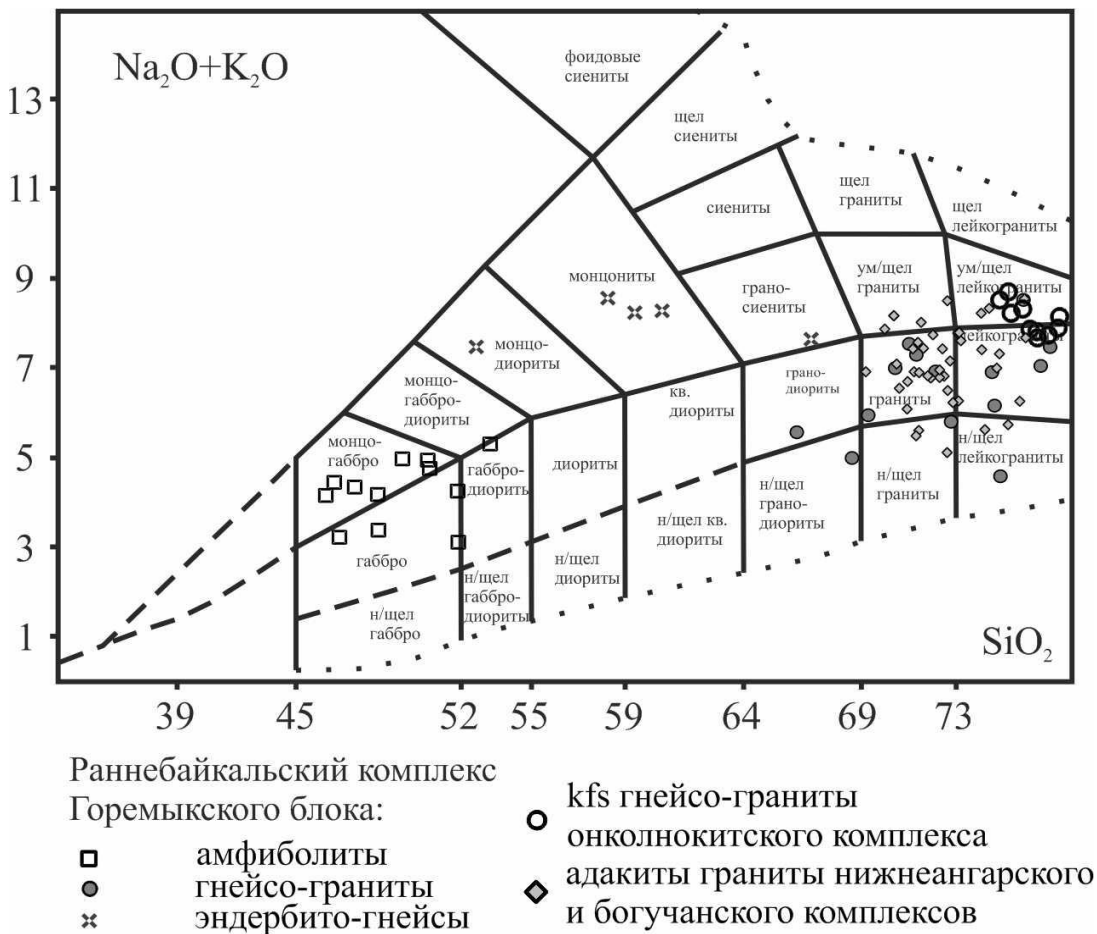


Рисунок 6.11. Классификационная диаграмма  $\text{SiO}_2$ – $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$  (мас.%) (Шарпенко и др., 2013) с точками составов пород раннебайкальского, онколнокитского, богучанского и нижнеангарского комплексов.

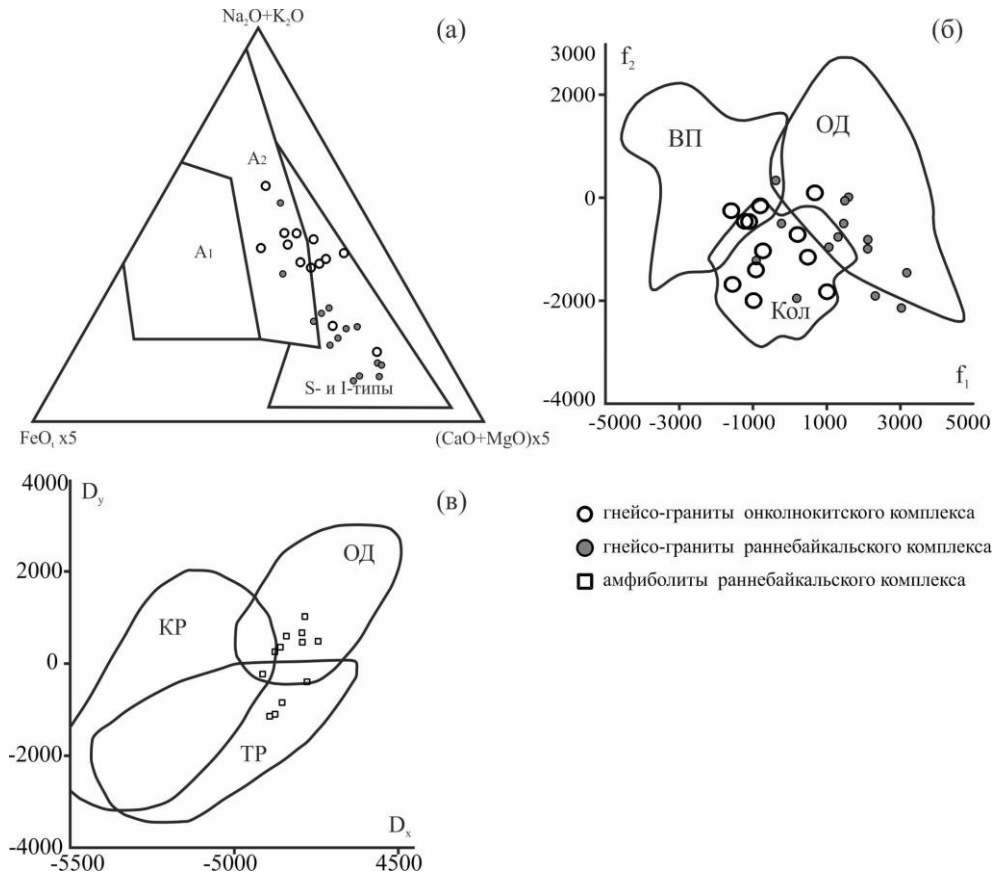


Рисунок 6.12. Дискриминационные диаграммы с точками составов пород раннебайкальского и онколнокитского комплексов.

(а) – диаграмма  $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ – $\text{FeO}_t$ – $5(\text{CaO}+\text{MgO})$  (мол. кол.) (Гребенников, 2014); (б) – диаграмма  $f_1$ – $f_2$  (Великославинский, 2003) с фигуративными точками гнейсо-гранитов раннебайкальского комплекса; (в) – диаграмма  $D_x$ – $D_y$  (Великославинский и др., 2005) с фигуративными точками амфиболитов раннебайкальского комплекса.

Обозначения полей: (а) –  $A_1$  – гранитоиды внутриплитных обстановок (океанические острова и континентальные рифты);  $A_2$  – гранитоиды внутри- и окраинно-континентальных обстановок локального растяжения. I, S – гранитоиды I и S типов; (б) – ВП, ОД, Кол – внутриплитные, отсводовужные (субдукционные), коллизионные гранитоиды. (в) – ОД, ТР, КР – базальты островных дуг, базальты траппов, базальты континентальных рифтов;

Ассоциирующие с гнейсо-гранитами амфиболиты тектонических линз и ксенолитов отвечают умеренно- и низкотитанистым ( $\text{TiO}_2$  – 0,59-1,42 мас.%), относительно высокоглиноземистым ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 14,43-17,07 мас.%) высоко-

железистым толеитам. Для них свойственны низкие концентрации редкоземельных элементов с незначительным преобладанием легких РЗЭ над тяжелыми ( $(La/Yb)_N=2-7$ ). Распределение малых элементов характеризуется отрицательными Ta-Nb и Ti-аномалиями и, как правило, положительными Sr-аномалиями (рисунок 6.13), что типично для базальтов современных островных дуг. На дискриминационной диаграмме  $D_x-D_y$  (Великославинский, 2005) точки составов metabазитов Горемыкского блока попадают в поля как островодужных базальтов, так и внутриплитных (рисунок 6.12в).

Изученные эндербито-гнейсы раннебайкальского комплекса по соотношениям  $SiO_2$ , суммы щелочей и значениям индекса Mg# 26-69 соответствуют дифференцированным монцодиоритам, монцонитам и граносиенитам. Отличительные петрохимические особенности этих пород – повышенная глиноземистость ( $Al_2O_3$  18,95-22,16 мас.%) и низкие содержания  $TiO_2$  (0,02-0,84 мас.%). Им свойственны сильно дифференцированные спектры распределения редкоземельных элементов с преобладанием LREE над HREE ( $(La/Yb)_N= 4,9-20$ ), а также отрицательные Sr, Ta-Nb и Ti-аномалии.

Кислый состав демонстрируют также породы синметаморфического онколнокитского комплекса, представленные гнейсо-гранитами, сопоставляемыми с лейкогранитами умеренной и нормальной щелочности (рисунок 6.11). Положение точек составов гранитоидов Слюдинско-Курлинской и Гасан-Дякитской пластин на диаграмме в координатах  $Na_2O+K_2O-FeO_t \times 5-(CaO+MgO) \times 5$  отвечает полю гранитоидов I- и S-типов (рисунок 6.12а), а гранитоидов Богучанской пластины – полю  $A_2$  (рисунок 6.12а), которое соответствует кислым магматическим ассоциациям внутри- и окарино-континентальных обстановок локального растяжения (Гребенников, 2014). На дискриминационной диаграмме  $f_1-f_2$  (Великославинский, 2003) фигуративные точки составов рассматриваемых гнейсо-гранитов онколнокитского комплекса попадают в поля внутриплитных и коллизионных гранитоидов (рисунок 6.12б).

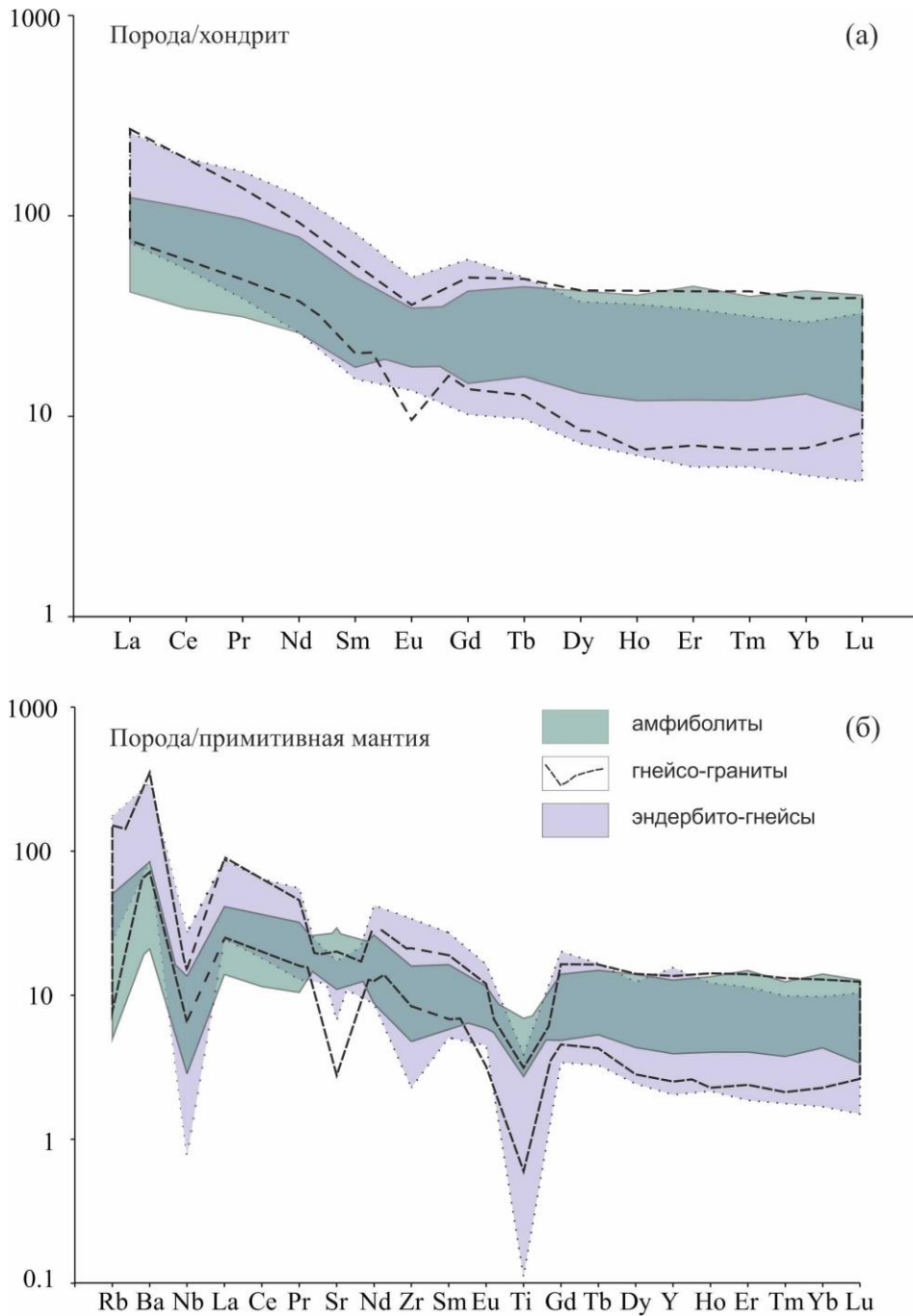


Рисунок 6.13. Распределение микроэлементов в породах раннебайкальского комплекса Горемыкского блока, нормированных к составам хондрита (Taylor, McLennan, 1985) (a) и примитивной мантии (Sun, McDonough, 1989) (б).

Граниты и лейкограниты нижнеангарского и богучанского комплексов, прорывающие породы нюрндуканского комплекса, по ряду петро- и геохимических критериев ( $\text{Al}_2\text{O}_3 > 15$  мас.%,  $\text{MgO} < \text{мас.}3\%$ ,  $\text{Sr} > 400$  ppm,  $\text{Y} < 18$  ppm,  $\text{Yb} < 1,9$  ppm,  $\text{Yb-La/Yb}$ ,  $\text{Y-Sr/Y}$ ), соответствуют адакитам (Defant, Drummond, 1990; Richards, 2007) (рисунок 6.14).

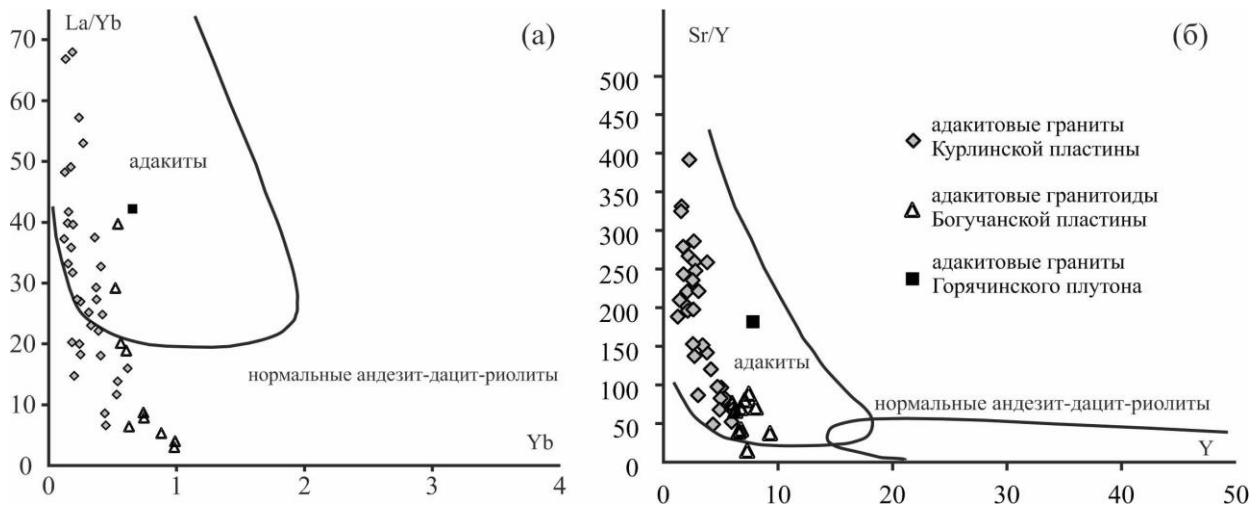


Рисунок 6.14. Классификационные диаграммы Yb-(La/Yb) (г/г) (Castillo et al., 1999) (а) и Y-Sr/Y (г/г) (Castillo et al., 1999) (б) с полями состава адакитов и нормальных андезит-дацит-риолитов.

Ранее, образование адакитовых гранитов связывалось исключительно с плавлением молодой горячей океанической коры в зоне субдукции или достаточно древней океанической плиты в условиях разогрева ее верхней части, в геодинамических условиях пологой зоны субдукции или астеносферного окна (Авдейко и др., 2011). Однако, в настоящее время, адакитовые гранитоиды с их “специфическими” геохимическими характеристиками обнаружены в самых разных геодинамических условиях и особенно часто в пост- и коллизионных обстановках орогенов, а их формирование связывается с плавлением утолщенной коры. В качестве источников привлекаются геохимически специализированные фрагменты субконтинентальной литосферной мантии или смешение продуктов их частичного плавления с первичными расплавами, связанными с плавлением древнекорого докембрийского фундамента микроконтинента (Ефремов и др., 2016).

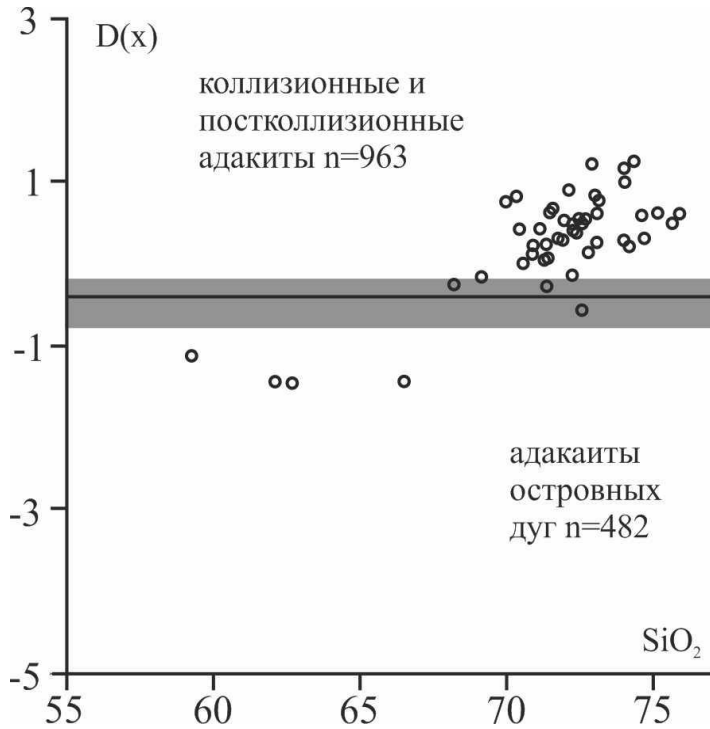


Рисунок 6.15. Дискриминационная диаграмма  $\text{SiO}_2$ - $D(x)$  (Великославинский и др., 2018) для геодинамической типизации островодужных, коллизийных и постколлизийных адакитов с фигуративными точками адакитовых гранитоидов Кичерской зоны.

Для определения обстановки формирования рассматриваемых гранитоидов была использована дискриминантная функция (Великославинский и др., 2018), разделяющая адакиты современных островных дуг и адакиты коллизийной и постколлизийной обстановок. Средневзвешенная ошибка распознавания дискриминантной функции составляет около 10%. Фигуративные точки гранитов Кичерской зоны локализованы в поле коллизийных и постколлизийных адакитов (рисунок 6.15). В поле адакитов островных дуг попали только 5 образцов (11% имеющихся данных) наиболее основных даек Тонкого мыса, что соответствует средневзвешенной ошибке распознавания. Таким образом, можно полагать, что адакиты Кичерской зоны по химическому составу значительно ближе к адакитам коллизийной и постколлизийной обстановок, нежели к адакитам островных дуг.

## 6.5. Выводы

1. Таким образом, геохимические характеристики амфиболитов раннебайкальского комплекса Горемыкского блока указывают на их сходство с базальтами современных островных дуг, что отличает их от metabазитов нюрндукуанского комплекса. Ряд геохимических характеристик наиболее дифференцированных калий-натровых гнейсо-гранитов раннебайкальского комплекса свидетельствует об их образовании в коллизионных обстановках.

2. Высокотитанистые metabазиты нюрндукуанского комплекса юго-западной подзоны Кичерской зоны обладают внутриплитными характеристиками. Низко- и умереннотитанистые амфиболиты нюрндукуанского комплекса центральной подзоны сопоставимы с классическими базальтами MORB-типа. Такая разница в геохимических характеристиках базитов нюрндукуанского комплекса может указывать либо на их формирование в различных частях континентальной рифтовой системы, либо на формирование базальтов MORB-типа на завершающей стадии развития континентального рифта, близкой к начальному этапу океанического спрединга.

3. Гнейсо-граниты онколнокитского комплекса Богучанской, Курлинской и Гасан-Дякитской пластин имеют схожие геохимические характеристики, а положение точек составов, рассматриваемых гранитоидов, на дискриминационных диаграммах соответствует полям внутриплитных и коллизионных обстановок.

4. Геохимические характеристики адацитов Кичерской зоны в целом подобны и различаются лишь незначительными вариациями концентраций некоторых элементов. Положение точек их составов на дискриминационной диаграмме (рисунок 6.15), позволяет исключить возможность формирования рассматриваемых адацитов в островодужных обстановках. Выделение адацитов в различные комплексы обусловлено их возрастом.

## Глава 7. Sm-Nd изотопные характеристики и источники протолитов пород нюрндукуканского комплекса

Результаты Nd-изотопных исследований пород Кичерской зоны представлены в приложении 5.

### 7.1. Изотопный состав пород

Отличительной особенностью позднебайкальских комплексов раннего этапа формирования является отсутствие отрицательных значений  $\epsilon_{Nd}(T)$  и, в целом, повышенные значения  $^{147}Sm/^{144}Nd$ . Породам комплекса свойственны существенные вариации Nd-изотопного состава.

Метабазиты нюрндукуканского комплекса центральной подзоны Кичерской зоны включают две группы составов. Для первой из них характерны высокие значения  $^{147}Sm/^{144}Nd \sim 0,22$  и  $\epsilon_{Nd}(665)$  от +6,8 до +9,7. Эти значения близки к таковым в деплетированной мантии (DM) соответствующего возраста ( $DM\epsilon_{Nd}(665) = +8,6$ ), а в сочетании с геохимическими данными свидетельствует о формировании исходных расплавов метабазитов из мантийного источника, подобного деплетированной мантии N-MORB типа (DMM) и свидетельствуют о проявлении самостоятельного – позднебайкальского этапа ювенильного корообразования в геологической истории Кичерской зоны. Амфиболиты и метагаббро второй группы имеют значения  $^{147}Sm/^{144}Nd = 0,1242-0,1944$ , а значения  $\epsilon_{Nd}(665)$  варьируют от +6,3 до +7,5. Отклонения изотопного состава в сторону более низких чем в DM значений  $\epsilon_{Nd}(T)$ , вероятно, свидетельствует о варьирующем вкладе раннебайкальского материала, участвовавшего в формировании исходных расплавов наряду с деплетированной мантией.

Метадиориты устья р. Холодная и диорито-гнейсы руч. Шумный характеризуются положительными величинами  $\epsilon_{Nd}(640) = +4,6-+6,7$  и Nd модельными возрастами 0,88-0,97 млрд. лет, а также коровыми отношениями  $^{147}Sm/^{144}Nd (\sim 0,13)$ . Формирование их родоначальных расплавов, вероятно, связано с частичным плавлением смешанного источника, состоящего предположительно из

ювенильного материала позднебайкальского возраста, контаминированного древней корой.

Плагиомигматиты и трондьемиты обладают повышенными значениями  $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$  (в среднем 0,19) и положительными значениями  $\epsilon_{\text{Nd}}(630) = +6,3-+8,4$ , которые близки к таковым в метабазах. Подобная совокупность мантийных геохимических и изотопных характеристик в очередной раз подтверждает образование плагиомигматитов и большей части трондьемитов за счет частичного плавления базитов.

Для высокотитанистых метабазитов нюрундуканского комплекса Богучанской пластины юго-западной подзоны свойственны близкие к коровым отношения  $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$  (0,13-0,14) и положительные величины  $\epsilon_{\text{Nd}}(665) = +2,1-+5,1$ . Близкие характеристики имеют чарнокитоиды, жильные эндербиты и диориты агматитов ( $\epsilon_{\text{Nd}}(617-640) = +1,3-+3,1$ ), являющиеся продуктом метаморфического преобразования базитов. Принимая во внимание ряд геохимических особенностей описываемых пород, можно говорить об участии в их формировании обогащенного плюмового источника и добавки древнекорового материала. Из всей массы проанализированных пород выделяются метагабброиды с десквамационной отдельностью севера Богучанской губы и амфиболиты из агматита южной части м. Лударь. Они отличаются повышенными относительно среднекорового состава отношениями  $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$  (0.1706-0.1747) и высокими значениями  $\epsilon_{\text{Nd}}(665) = +6,2-+6,9$ , которые могут указывать на вклад, помимо вышеперечисленных источников, деплетированной мантии в формирование родоначальных расплавов метапород Богучанской пластины.

Изотопный состав Nd метабазальтов кичерского комплекса близок к изотопному составу метабазитов нюрундуканского комплекса центральной подзоны, отличаясь несколько меньшими значениями  $\epsilon_{\text{Nd}}(\text{T}) = +5.4 - +6.3$ .

С породами нюрундуканского комплекса резко контрастируют породы раннебайкальского комплекса. Так, гнейсо-граниты и эндербито-гнейсы Горемыкского блока обладают отрицательными величинами  $\epsilon_{\text{Nd}}(750)$  от -4,3 до -12,3 и палеопротерозойскими модельными возрастными  $T_{\text{Nd}}(\text{DM-2st}) = 1,8-2,4$  млрд.

лет. Эти изотопные Nd-характеристики указывают на участие в формировании исходных расплавов протолитов гранитоидов и эндербито-гнейсов раннедокембрийской континентальной коры.

Гранат-силлиманитовые сланцы, локализованные в тектонических линзах среди гнейсо-гранитов, характеризуются вариациями величины  $\epsilon_{Nd}(850)$  от -2,4 до -4,7, раннепротерозойскими модельными возрастами  $T_{Nd}(DM-2st) = 1,7-1,9$  млрд. лет и среднекоровыми значениями  $^{147}Sm/^{144}Nd = 0,112-0,121$ , что позволяет предполагать преимущественный вклад древнекоровых источников сноса при подчиненной роли ювенильного раннебайкальского материала. Учитывая геохимические и изотопно-геохимические спецификации гнейсо-гранитов, находящихся в этом же блоке, их протолитом могли быть, в том числе, и описываемые гранат-силлиманитовые гнейсы.

В отличие от них в гнейсо-гранитах синметаморфических жильных тел онколнокитского комплекса величины  $^{147}Sm/^{144}Nd$  отношений варьируют в пределах от 0.08 до 0.14 при значениях  $\epsilon_{Nd}(615) = +1.5-+6.5$  и  $T_{Nd}(DM-2st) = 0.8-1.2$  млрд. лет, что может указывать на формирование их исходного расплава за счет частичного плавления вмещающих базитов нюрндукуканского комплекса. Близкие характеристики демонстрируют также адакитовые гранитоиды (нижнеангарский и богучанский комплексы), которые характеризуются невысокими положительными значениями  $\epsilon_{Nd}(T)$  от +2.0 до +5.7 и модельным возрастом  $T_{Nd}(DM-2st) = 0,86-1,1$  млрд лет, что позволяет связать их с плавлением ювенильного позднебайкальского источника с добавкой древнекорового компонента.

## **7.2. Ювенильная кора и источники протолитов пород нюрндукуканского комплекса**

На основании геологических и Nd-изотопных данных показано, что образование нюрндукуканского комплекса произошло в результате деструкции древней континентальной коры и связано преимущественно с ювенильным корообразованием, в котором участвовало несколько источников магматизма. Область номер один на графике  $\epsilon_{Nd}(T) - T$  (рисунок 7.1) отвечает полю эволюции

Nd-изотопного состава metabазитов MORB-типа, трондьемитов и плагиомигматитов нюрндукуканского комплекса с высокими Sm/Nd отношениями и отражает изотопную эволюцию позднебайкальской ювенильной коры. Область номер два характеризует эволюцию Nd-изотопного состава metabазитов с внутриплитной геохимической спецификой и диорито-гнейсов нюрндукуканского комплекса, сформированных за счет обогащенных мантийных и древнекоровых источников. Третья область отражает изотопную эволюцию раннебайкальской коры, которая, очевидно, не оказывала существенное влияние на формирование metabазитов нюрндукуканского комплекса.

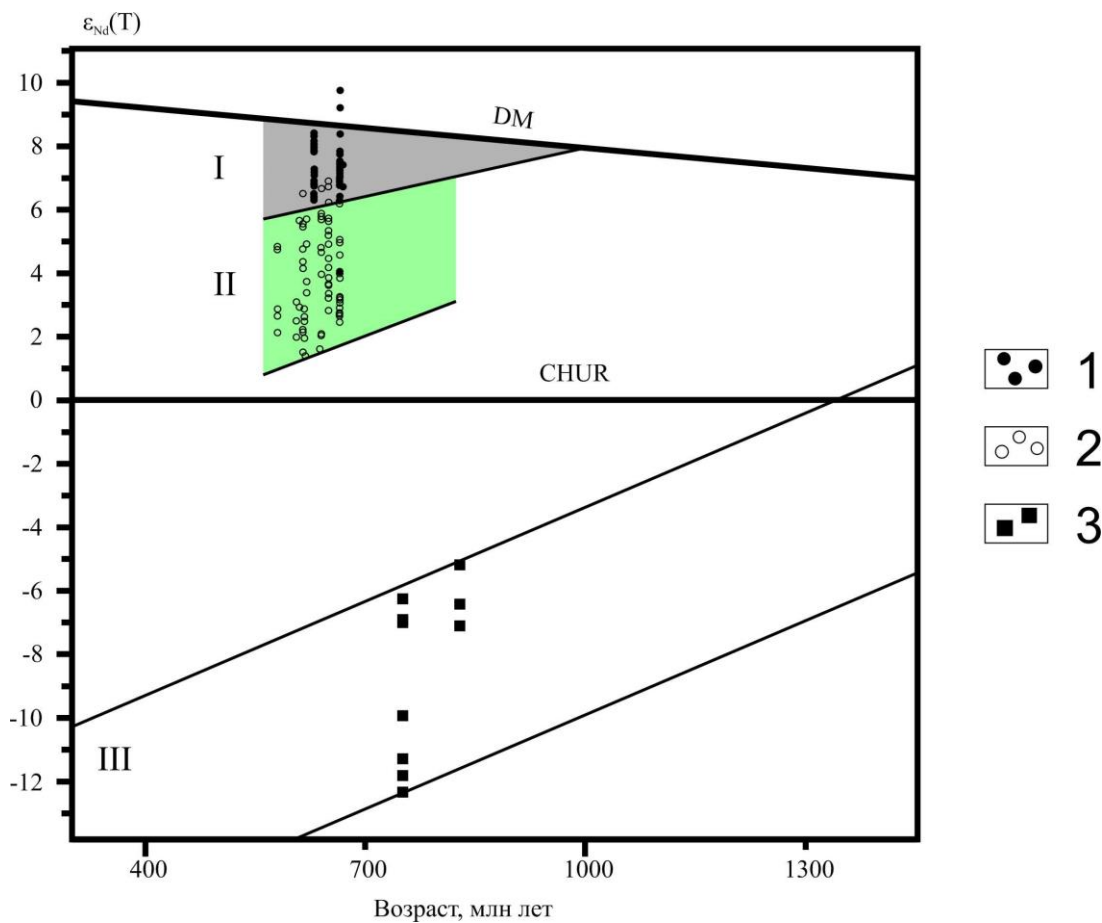


Рисунок 7.1. График  $\epsilon_{Nd}(T) - T$  для пород Кичерской зоны БМП.

1 – metabазиты, плагиомигматиты, трондьемиты нюрндукуканского комплекса центральной подзоны; 2 – нюрндукуканский комплекс: диорито-гнейсы центральной подзоны, metabазиты и метаморфические породы юго-западной подзоны; метавулканы и метаосадки кичерского комплекса; гнейсо-граниты и адакитовые граниты; 3 – гнейсо-граниты и эндербито-гнейсы раннебайкальского комплекса Горемыкского блока; I – ювенильная изотопная кора; II – ювенильная кора; III – раннебайкальская кора.

## **Глава 8. Корообразующие процессы, источники и геодинамические обстановки формирования неопротерозойских комплексов Кичерской зоны**

Благодаря полученным и обобщенным геологическим данным, включая геологическую съемку, показано, что Кичерская зона имеет латерально сегментированное строение. Большая часть ее центральной подзоны и Богучанской пластины юго-западной подзоны сложена породами мигматит-трондьемит-метабазитовго нюрндукуканского комплекса.

Подавляющая площадь, не перекрытой акваторией оз. Байкал, дневной поверхности юго-западной подзоны образована Горемыкским блоком. Он сложен гнейсо-гранитами, включающими тектонические линзы и ксенолиты амфиболитов, метагаббро, гранат-силлиманит-кордиерит-биотитовых сланцев и эндербито-гнейсов, представляющими собой реоморфизованный метаморфический комплекс ранних байкалит (раннепротерозойский). Полученные результаты изучения эндербито-гнейсов и гнейсо-гранитов свидетельствуют о том, что самые ранние структурно-метаморфические преобразования протолитов магматических пород Горемыкского блока с возрастом  $823 \pm 5$  млн лет проявились во временном интервале  $755 \pm 15$  -  $793 \pm 5$  млн лет. Позднее, на рубеже  $622 \pm 2$  млн лет, породы Горемыкского блока были охвачены позднебайкальской метаморфической ремобилизацией. Установленный возраст раннебайкальского метаморфического события уверенно коррелирует с опубликованными в работе (Kroner et al, 2015) значениями возраста метаморфического циркона древнекоровых эндербито-гнейсов (740-770 млн лет). Таким образом, новые изотопно-геохронологические данные указывают на два этапа высокотемпературных метаморфических преобразований магматических пород Горемыкского блока, отвечающим раннебайкальской (790-755 млн лет) и позднебайкальской ( $622 \pm 2$  млн лет) эпохам.

Согласно полученным данным, позднебайкальские (позднепротерозойские) комплексы Кичерской зоны были сформированы в

криогении и эдиакарии. Время становления протолитов нюрндукуканского мигматит-трондьемит-метабазитового комплекса определяется возрастом магматических ядер циркона плагиомигматитов ( $644\pm 11$  -  $650\pm 10$  млн лет), диорито-гнейсов ( $652\pm 6$  млн лет) и метадиоритов ( $641\pm 4$  млн лет). Данные оценки возраста нюрндукуканского комплекса коррелируют с возрастом протолитов позднебайкальских ювенильных комплексов Каралон-Мамаканской зоны БМП (Рыцк и др., 2001, Рыцк и др., 2018б).

Установленный период проявления высокотемпературного позднебайкальского метаморфического события в Кичерской зоне охватывает более 20 млн лет, а его средневзвешенная оценка возраста примерно совпадает с возрастом  $630\pm 7$  млн лет высокobarического метаморфизма в восточном сегменте БМП (Skuzovarov et al., 2019a). В центральной подзоне Кичерской зоны оценки возраста позднебайкальского метаморфизма метабазитов нюрндукуканского комплекса находятся в диапазоне  $630\pm 7$  -  $624\pm 7$  млн лет. Несмотря на относительно большие аналитические погрешности SHRIMP-II, можно полагать, что периоды позднебайкальского метаморфизма в центральной и юго-западной подзонах Кичерской зоны ( $630\pm 7$  -  $624\pm 7$  млн лет и  $632\pm 9$  -  $617\pm 9$  млн лет) совпадают друг с другом. Проявление локального гранулитового HT-LP метаморфизма базитов Богучанской пластины на рубеже  $640\pm 5$  млн лет (по Kröner et al., 2015), по-видимому, отвечает возрасту начального метаморфического эпизода. Завершение позднебайкальских высокотемпературных метаморфических событий в Кичерской зоне фиксируется ID-TIMS оценками возраста Kfs аллохтонных гнейсо-гранитов онколнокитского комплекса  $615\pm 3$  млн лет и жильных эндербитов  $617\pm 5$  млн лет.

Изложенный А.А. Цыганковым анализ представлений о докембрийских офиолитах Байкало-Муйского пояса (Цыганков, 2005) позволил судить о возможной принадлежности к офиолитам Кичерской зоны лишь метабазитов «нюрндукуканской толщи» и небольших тел «реститовых гипербазитов», а также возможно Среднемамаканского расслоенного массива (Переляев, 2003) дискуссионного происхождения и возраста (Рыцк и др., 2007; Kröner et al., 2015) вместе с фрагментами «кумулятивного комплекса» и мантийных тектонитов

массива Каалу восточного сегмента БМП (Цыганков, 2005). Несмотря на редуцированный состав, отсутствие геологических предпосылок и геохимических индикаторов, эта ассоциация сопоставлялась с раннепротерозойскими офиолитами надсубдукционного типа (Цыганков, 2005; Гордиенко, 2019, 2021a). Ультрабазиты Парам-Шаманской зоны БМП, Шаманский и Парамский плутоны, характеризуются необычным для мантийных пород обогащением легких РЗЭ (Цыганков, 2005), коровыми отношениями  $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$  (0.0906 - 0.1157) (Рыцк и др., 2000), а также значениями возраста единичных реликтовых цирконов в интервале 3000 – 500 млн лет (Леснов, 2018, 2019). Несвойственные для ультрабазитов геохимические и Nd-изотопные характеристики пород Парамского и Шаманского массивов принято объяснять рефертилизацией (Цыганков, 2005). Однако, можно предположить, принадлежность описываемых гипербазитов к древней субконтинентальной литосферной мантии (Рыцк и др., 2000), фрагменты которой были эксгумированы в верхние горизонты Парам-Шаманской сдвиго-надвиговой шовной зоны совместно с высокобарическими гранулитами и эклогитами на рубеже  $631 \pm 17$  млн лет (Шацкий и др., 2012; Шацкий и др., 2014).

Опираясь на вышеизложенные данные для пород нюрундуканского мигматит-трондьемит-метабазитового комплекса, формирование ювенильной коры проходило в промежутке 660-640 млн лет вследствие плавления деплетированной мантии при участии обогащенного плюмового компонента. Высокотемпературная метаморфическая переработка охватила период 640-615 млн лет и привела к образованию мигматитов и анатектических трондьемитов. В целом, полученные новые Nd-изотопные данные, а также геохимические маркеры метабазитов подобные базальтам спрединговых зон (центральная подзона) и внутриплитных обстановок (юго-западная подзона) могут указывать на любую традиционную геодинамическую модель тектонического развития БМП. Приведенные в работе данные, на наш взгляд, могут согласовываться с моделями сдвигового тектогенеза и рифтогенной деструкции древних континентальных окраин (Rosenbaum et al., 2008; Лиханов, 2020; Меланхолина, 2008; Geoffroy, 2005; Koormann et al., 2014). А при отсутствии большей части классического разреза

офиолитов, породы нюрндукуканского комплекса Кичерской палеорифтовой зоны могут рассматриваться как компоненты офиолитов окраинно-континентального типа (СМ тип) (Dilek, Furnes, 2011), ассоциирующие с фрагментами субконтинентальной литосферной мантии, которыми могут являться ультрабазитовые массивы БМП. Единственным отличием от СМ типа офиолитов по (Dilek, Furnes, 2011) является отсутствие лерцолитов, хотя учитывая практически полную серпентинизацию гипербазитов (Яршинский, Уктинский массивы), их первичный состав остается дискуссионным.

### **8.1. Реконструкция геодинамических обстановок формирования неопротерозойских комплексов Кичерской зоны БМП**

В настоящее время существуют различные взгляды на природу образования Байкало-Муйского пояса, ключевая роль в котором отведена Кичерской зоне. Первые представления о формировании БМП были сформулированы Л.И. Салопом, в которых ему отводилась роль раннепротерозойской эвгеосинклинальной складчатой области (Салоп, 1964; Салов, 1967), но в свете развития концепций плейт тектоники эта модель утратила свою актуальность. Последующие геологические работы в пределах Кичерской зоны позволили сопоставить породы нюрндукуканской свиты с офиолитами (Клитин и др., 1975). Данная идея была поддержана Н.Л. Доберцовым, который, на основании проведенных им исследований, предложил модель формирования БМП в условиях континентального рифтогенеза красноморского типа (Добрецов, 1983). Еще одна точка зрения предусматривает островодужную природу становления БМП, она рассмотрена в работах различных авторов (Конников и др., 1999; Цыганков, 2005; Гордиенко, 2019, 2021a) и обозначена детальнее в Главе 1. Согласно (Рыцк и др., 2007; Рыцк, 2020) ведущее значение в тектонической эволюции БМП принадлежит рифтогенному режиму и процессам сдвигового тектогенеза.

Полученные в настоящей работе новые геологические данные о составе, возрасте и изотопно-геохимических характеристиках пород Кичерской зоны позволили восстановить сложную последовательность проявления магматических

событий и последующих метаморфических преобразований (таблица 3.1), а также предложить свой вариант реконструкции обстановок формирования комплексов, сложенных ими (рисунок 8.1).

### ***8.1.1. Раннебайкальский этап***

Формирование раннебайкальских комплексов центральной и восточной частей ЦАОП связывается с палеоокеаническими обстановками (Ярмолюк, Дегтярев, 2019), в то время как раннебайкальский этап тектонического развития краевой области (северо-восточной) ЦАОП мы связываем с взаимодействием континентальной окраины Сибирского кратона и Анамакит-Муйского террейна, составной части Баргузино-Витимского супертеррейна.

В Северном Прибайкалье континентальная окраина кратона представлена континентальными вулканитами и высокочрезурными карбонатно-терригенными толщами рифтогенной системы ассиметричных прогибов и палеоподнятий Олокинской зоны с возрастом  $720 \leq 860$  млн лет (Ковач и др., 2020). Заложение палеорифтовой зоны связывается нами с эволюцией пологого сдвига и длительным растяжением литосферы. Накопление пород раннебайкальских карбонатно-терригенных и вулканогенно-карбонатно-терригенных комплексов с древнекоровыми источниками в эпиконтинентальных палеобассейнах БМП началось, вероятно, с начала тония (~1 млрд лет) и связывается с размывом древней континентальной коры кратона (рисунок 8.1а). В связи с малой изученностью ранних байкалит Северного Прибайкалья, невозможно исключение возможности обнаружения блоков ювенильной коры с возрастом 0.9-1 млрд лет.

При таком подходе Анамакит-Муйский террейн является фрагментом активной континентальной окраины, местоположение которой в Палеоазиатской области остается невыясненным. Метариолиты верховьев р. Учукчикта и нижнего течения р. Улюф, образованные 825-790 млн лет назад преимущественно за счет древнекоровых источников (Рыцк и др., 2013а), по своим геохимическим характеристикам сопоставляются с кислыми вулканитами современных островных дуг и являются индикатором активной континентальной окраины. Кроме того, по

своему составу, строению и источникам, породы Анамакит-Муйского террейна сходны с сархойской осадочно-вулканогенной серией Восточного Саяна, которую относят к вулканическому поясу андского типа (Кузьмичев, Ларионов, 2011).

Тектоническое совмещение Анамакит-Муйского террейна с континентальной окраиной Сибирского кратона происходило вдоль трансформной сдвиговой системы ЮЗ-СВ простирания (Кушев, 1977). Ранние байкалиды континентальной окраины сохранились и установлены в Горемыкском, Водораздельном и Умоликитском блоках Кичерской зоны БМП. Результат аккреционных событий отразился в высокотемпературном метаморфизме пород раннебайкальских комплексов на рубеже 790-755 млн лет, установленном в Муйской зоне БМП (Рыцк и др., 2007) и подтвержденном изучением эндербитогнейсов Горемыкского блока Кичерской зоны в настоящей работе. На рубеже ~0,75 млрд лет на месте Байкало-Муйского пояса был сформирован аккреционно-коллизийный ороген с рециклированной древней континентальной корой (рисунок 8.1б).

Вследствие растяжения и последующей «дезинтеграции» раннебайкальского орогена, в его тылу, на рубеже 720-700 млн лет, были сформированы бимодальные вулканы иньяптукской свиты и Довыренский расслоенный плутон с Nd-изотопными характеристиками древнего изотопно-аномального резервуара CLM (Amelin et al., 1996).

### ***8.1.2. Позднебайкальский этап***

Начало криогения (~0.7 млрд лет) знаменуется растяжением и последующим распадом Родинии под воздействием мантийного плюма (Кузьмин, Ярмолюк, 2016). Процессы континентального рифтогенеза раннебайкальского этапа начавшиеся в Олокитской зоне завершились к рубежу 660-640 млн лет локализацией растяжения в Кичерской зоне БМП, которое привело к образованию позднебайкальской ювенильной коры в рифтогенных структурах различной степени раскрытия (Рыцк и др., 2017; Рыцк, 2020) (рисунок 8.1в,г). Латерально сегментированная структура палеорифтовой области сдвигового растяжения

Кичерской зоны согласуется с моделью развития рифтов с интенсивным магматизмом, связанных с динамикой подъема астеносферной мантии и толеитовых магм (Казьмин, Бяков, 1997; Rosendahl, 1987; Wernicke, Tilke, 1989). Самый протяженный троговый прогиб с базитами MORB-типа, а также внедрение диоритовых и габбро-диоритовых плутонов контролировались магистральным сдвигом центральной подзоны Кичерской зоны. Участие древней коры нашло отражение в Nd-изотопном составе пород юго-западной подзоны Кичерской зоны (приложение 5). Становление metabазитов нюрундуканского комплекса с внутриплитной изотопно-геохимической спецификой (юго-западная подзона) происходило в результате смешения мантийных магм обогащенного плюмового источника с древней континентальной корой, которые были активизированы при общем растяжении Баргузино-Витимского супертеррейна.

С этого момента возможны два сценария последующего развития событий. Согласно первому, к рубежу 670-660 млн лет произошло зарождение Палеоазиатского океана, которое фиксируется офиолитами Баян-Хонгорской зоны (Коваленко и др., 2005; Ковач и др., 2005; Ярмолюк и др., 2005). Дальнейшее раскрытие палеоокеана привело к стагнации растяжения в Кичерской зоне БМП, а его дальнейшая эволюция к закрытию палеорифта. Коллизионные события на границе края Сибирского кратона и Баргузино-Витимского супертеррейна в период 640-615 млн лет отразились в интенсивных деформациях и метаморфизме ранне- и позднебайкальских комплексов Кичерской зоны (рисунок 8.1д). Постколлизионный этап развития региона маркируется адакитовыми гранитоидами нижнеангарского и богучанского комплексов (606-580 млн лет), а также накоплением молласовых толщ, которым может соответствовать терригенный комплекс Кичерской зоны.

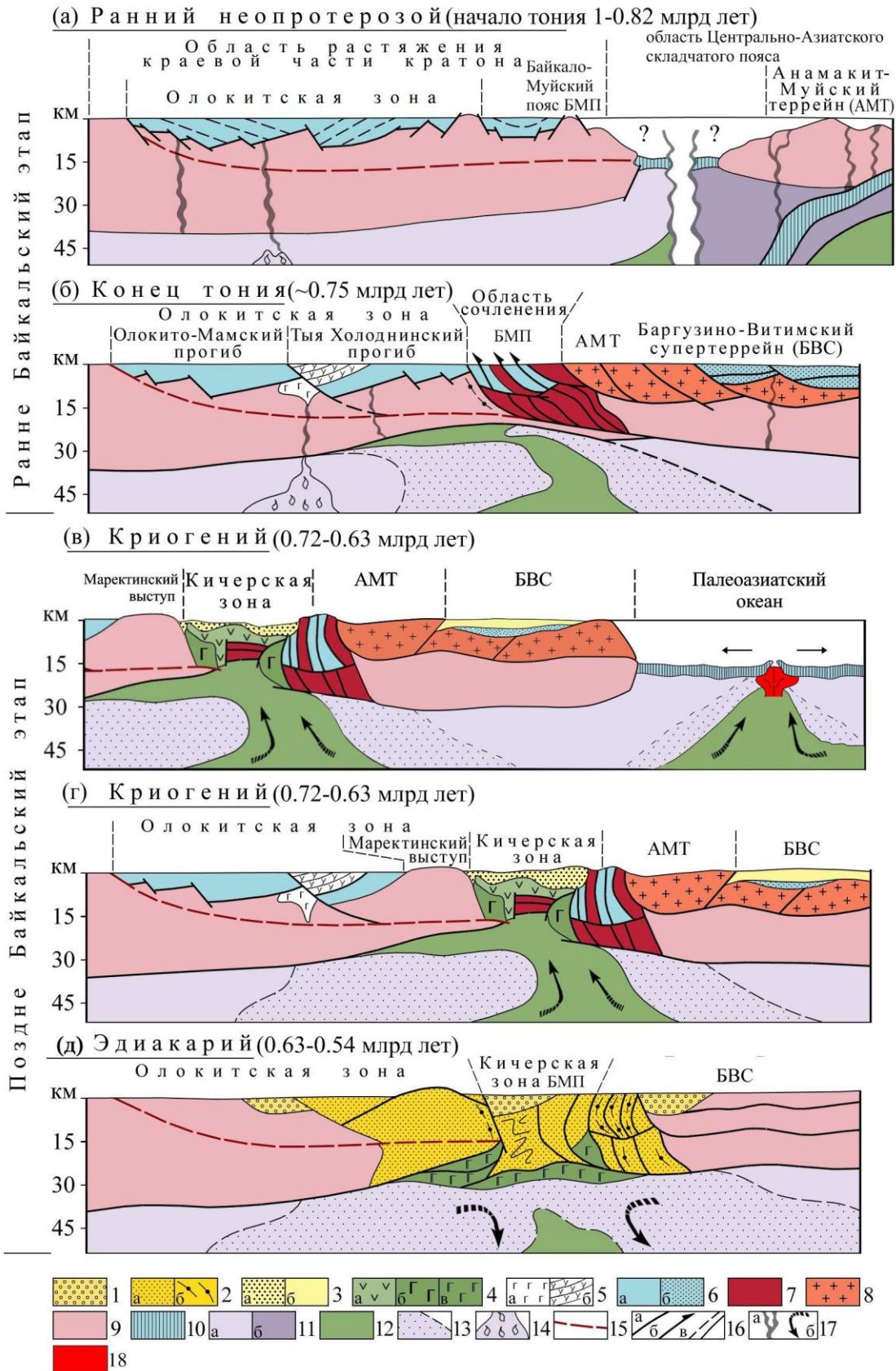


Рисунок 8.1. Схематическая модель эволюции тектонических обстановок Кичерской зоны БМП: область сочленения Сибирского кратона и Баргузино-Витимского супертеррейна ЦАОП.

**Позднебайкальские образования** (1 – 4): 1 – терригенный комплекс; 2 – область зонального метаморфического ореола (а), высокотемпературные бластомилониты (б); 3 - вулканогенно-

осадочные комплексы: кичерский (а), катерский (б); 4 – ювенильная кора (в том числе нюрндукуанский комплекс): толеиты различных типов (а), габбро и габбро-нориты (б), фрагменты нижней части разреза СМ-офиолитового комплекса (фрагменты субконтинентальной литосферной мантии) (в); **Раннебайкальские образования** (5 – 8). Иньяптуковский вулканоплутонический комплекс (5): Довыренский плутон (а), базальты (б); 6 – зрелые осадки и континентальные базальты рифтовых бассейнов Олоkitской зоны и БМП (а), осадочные серии Баргузино-Витимского супертеррейна (б); 7 – тектонические блоки рециклированной коры БМП; 8 - вулканоплутонический комплекс Анамакит-Муйского террейна; **Прочие обозначения** (9 – 16). 9 – континентальная кора; 10 – предполагаемая кора океанического типа; 11 – субконтинентальная мантия (а), литосферная мантия (б); 12 - астеносфера; 13 - измененная мантия; 14 - изотопно-аномальный резервуар; 15 - предполагаемый литосферный срыв; 16 – тектонические швы (а), надвиги (б) и границы, в том числе условные (в); 17 - предполагаемые магмаподводящие каналы (а), стрелки – направления потоков (б); 18 – близповерхностный магматический очаг.

Исходя из второго сценария, завершение активной фазы растяжения маркируется блокированием подводящих каналов вследствие кристаллизации базитовых расплавов на глубине (рисунок 8г). Проявления высокотемпературного метаморфизма и деформаций в конце криогения – начале эдиакария считаются классическим показателем коллизионно-аккреционных событий, завершающих тектоническое развитие БМП (Цыганков, 2005; Шацкий и др, 2012; Федотова и др., 2014; Kroner et al., 2015; Skuzovатов et al., 2019b). Тем не менее при невозможности оценить масштаб спрединга, совокупность процессов поступления в кору мантийных базитовых расплавов, ремобилизации вмещающих блоков древней континентальной коры, высокотемпературного метаморфизма и анатексиса базитов вполне соответствует условиям растяжения коры и аномального теплового потока в области рифтогенеза (рисунок 8.1д) (He et al., 2018; Zheng and Chen, 2021; Cao et al.). Образование пород нюрндукуанского комплекса происходило в условиях растяжения, а их эксгумация происходила на фоне низкотемпературных структурно-метаморфических преобразований верхней коры и охлаждения астеносферной мантии, завершение этого процесса маркируется адакитовыми гранитоидами «постколлизийного» геохимического типа на рубеже 590 млн лет.

Механизм эксгумации метаморфических пород обусловлен контрастным сочетанием блоков различной плотности (Перчук, 1997) – древней континентальной коры и метабазитов ювенильно коры, преобразование которых проходило в достаточно узкой зоне Кичерского палеорифта. Терригенный комплекс наложенных грабенов ( $\leq 580$  млн лет (неопубликованные авторские данные)) сформирован более чем через 30 млн лет после завершения высокотемпературного позднебайкальского метаморфизма. В восточном сегменте БМП на рубеже 590 млн лет сформирована падринская рифтогенная серия, перекрытая обломочной тощей падроканской свиты. Учитывая корреляцию падроканской свиты с терригенным комплексом холоднинской свиты западного сегмента БМП, есть основания предполагать, что образование палеорифтовых комплексов позднего эдиакария последовало после сводообразования, охватившего большую часть Байкальской складчатой области.

В целом, в геодинамической эволюции Кичерской зоны прослеживается цикл от начала рифтогенеза и формирования толеитов MORB-типа, до закрытия субокеанического бассейна (палеорифта) и метаморфизма, который может быть сопоставлен с редуцированным циклом Уилсона регионального масштаба.

## Заключение

Проведенные геологические, геохронологические и изотопно-геохимические исследования неопротерозойских образований Кичерской зоны Байкало-Муйского пояса, ранее в целом относимых к нюрндукуанскому комплексу, показали их возрастную и вещественную неоднородность. Среди них ограниченное распространение имеют раннебайкальские структуры, представленные блоками коры, сложенными преимущественно гнейсо-гранитами. Преобладающими в строении зоны являются позднебайкальские структуры, которые представлены, в первую очередь глубоко метаморфизованными породами основного состава. Они подразделяются на два комплекса. Один из них сложен породами плагиомигматит-трондьемит-метабазитовой ассоциации, другой наряду с породами основного состава содержит также метаосадочные породы. Первый из них доминирует и за ним сохраняется название нюрндукуанский комплекс, второй выделяется как кичерский комплекс. Наиболее поздними среди позднебайкальских образований являются массивы расслоенных габброидов и адакитов, которые прорывают породы нюрндукуанского комплекса.

Определены характеристические особенности пород нюрндукуанского комплекса. Комплекс сложен метабазами, которые формировались в диапазоне 660 – 640 млн лет и которые затем (в интервале 640-615 млн лет) были преобразованы в условиях гранулитовой и амфиболитовой фаций метаморфизма в амфиболиты, метагаббро, амфиболовые ортогнейсы и кристаллические сланцы. Геохимические и Nd-изотопные характеристики этих метабазитов указывают на их связь с различными ювенильными источниками. Так в центральной части Кичерской зоны формировались толеиты MORB-типа, связанные с деплетированным мантийным источником, а в юго-западной части зоны возникли толеиты с внутриплитной изотопно-геохимической спецификой. Эти данные позволили сделать вывод, что образование пород нюрндукуанского комплекса протекало в режиме рифтогенеза и завершилось закрытием субокеанического бассейна (палеорифта) и метаморфизмом пород ювенильной коры.

## Список основных работ по теме диссертации

1. Рыцк Е.Ю., Котов А.Б., Андреев А.А. и др. Структура и возраст Байкальского массива гранитоидов: новые свидетельства раннебайкальских событий в Байкало-Муйском подвижном поясе // Докл. АН. 2013. Т. 453. № 6. С. 662–665.
2. Андреев А.А., Рыцк Е.Ю., Великославинский С.Д. и др. Геодинамические обстановки формирования протолитов амфиболитов Кичерской зоны Байкало-Муйского складчатого пояса: результаты геохимических исследований // Докл. АН. 2015. Т. 460. № 6. С. 685–690.
3. Лебедева Ю.М., Рыцк Е.Ю., Андреев А.А. и др. Условия формирования основных гранулитов и высокоглиноземистых гнейсов Байкало-Муйского пояса (Северное Прибайкалье) // Докл. АН. 2018. Т. 479. № 1. С. 66–70.
4. Рыцк Е.Ю., Сальникова Е.Б., Ярмолюк В.В., Андреев А.А. и др. Раннекембрийский возраст и коровые источники гранитоидов Горячинского плутона (Северное Прибайкалье): геодинамические следствия // Докл. АН. 2019. Т. 484. № 4. С. 468–471.
5. Андреев А.А., Рыцк Е.Ю., Великославинский С.Д., Толмачева Е.В., Богомолов Е.С., Лебедева Ю.М., Федосеенко А.М. Возраст, состав и тектонические обстановки формирования позднебайкальских комплексов Кичерской зоны Байкало-Витимского пояса (Северное Прибайкалье): геологические, геохронологические (ID-TIMS, SIMS) и Nd-изотопные данные // Петрология. 2022. Т.30. № 4. С. 345-378.
6. Андреев А.А., Рыцк Е.Ю., Великославинский С.Д., Котов А.Б., Ковач В.П. Геохимические индикаторы обстановок формирования ранне и позднебайкальских комплексов Кичерской зоны (Байкало-Муйский складчатый пояс) // Тез. докл. «Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса». Иркутск, 2013. С. 17-18.
7. Рыцк Е.Ю., Великославинский С.Д., Богомолов Е.С., Андреев А.А., Толмачева Е.В. и др. Рифтогенная обстановка формирования гипербазит-

базитовых комплексов Северного Прибайкалья: новые геологические, геохимические и изотопные данные // Тез. докл. “Ультрамафит-мафитовые комплексы: геология, строение, рудный потенциал”. Материалы V Международной конференции. Улан-Удэ. 2017. С. 239–241.

8. Андреев А.А. Нюрндуканский метаморфический комплекс Кичерской зоны Байкало-Муйского складчатого пояса: геологическое строение, возраст и геодинамические условия образования // Тез. докл. «Материалов Седьмой Российской молодежной научно-практической школы». Москва, 2017. С42-45.

9. Андреев А.А., Рыцк Е.Ю., Сальникова Е.Б., Толмачева Е.В., Великославинский С.Д., Лебедева Ю.М., Богомоллов Е.С., Плоткина Ю.В., Федосеенко А.М. О возрасте метабазитов раннебайкальского метаморфического комплекса (Кичерская зона, Байкало-Муйский пояс): U-Pb данные по циркону // Тез. докл. «Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса». Иркутск, 2018. С. 13-14.

10. Андреев А.А., Рыцк Е.Ю. Нюрндуканский комплекс (Кичерская зона, Северное Прибайкалье): геологические границы и возраст // Тез. Докл. «Этапы формирования и развития протерозойской земной коры: стратиграфия, метаморфизм, магматизм, геодинамика». Санкт-Петербург, 2019. С. 21-22.

## Список Литературы

1. Авдейко Г.П., Палуева А.А., Кувикас О.В. Адакиты в хонах субдукции Тихоокеанского кольца: обзор и анализ геодинамических условий образования // Вестник КРАУНЦ. Серия: Науки о Земле. 2011. Т. 17. № 1. С. 45-60.
2. Амелин Ю.В., Рыцк Е.Ю., Крымский Р.Ш. и др. Вендский возраст эндербитов гранулитового комплекса Байкало-Муйского офиолитового пояса (Северное Прибайкалье): U-Pb и Sm-Nd изотопные свидетельства // Докл. АН. 2000. Т. 371. № 5. С. 652–654.
3. Андреев А.А., Рыцк Е.Ю., Великославинский С.Д. и др. Геодинамические обстановки формирования протолитов амфиболитов Кичерской зоны Байкало-Муйского складчатого пояса: результаты геохимических исследований // Докл. АН. 2015. Т. 460. № 6. С. 685–690.
4. Андреев А.А., Рыцк Е.Ю., Сальникова Е.Б., Толмачева Е.В., Великославинский С.Д., Лебедева Ю.М., Богомолов Е.С., Плоткина Ю.В., Федосеенко А.М. О возрасте метабазитов раннебайкальского метаморфического комплекса (Кичерская зона, Байкало-Муйский пояс): U-Pb данные по циркону // Тез. докл. "Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса". Иркутск, 2018. С. 13-14.
5. Андреев А.А., Рыцк Е.Ю., Великославинский С.Д., Толмачева Е.В., Богомолов Е.С., Лебедева Ю.М., Федосеенко А.М. Возраст, состав и тектонические обстановки формирования позднебайкальских комплексов Кичерской зоны Байкало-Витимского пояса (Северное Прибайкалье): геологические, геохронологические (ID-TIMS, SIMS) и Nd-изотопные данные // Петрология. 2022. Т.30. № 4. С. 345-378.
6. Бухаров А.А., Глазунов В.О., Рыбаков Н.М. Байкало-Витимский нижнепротерозойский зеленокаменный пояс // Геология и геофизика. 1995. № 1. С. 31-38.

7. Великославинский С.Д. Геохимическая типизация кислых магматических пород ведущих геодинамических обстановок // Петрология. 2003. Т. 11. № 4. С. 363–380.
8. Великославинский С.Д., Глебовицкий В.А. Новая дискриминантная диаграмма для классификации островодужных и континентальных базальтов на основе петрохимических данных // ДАН. 2005. Т. 401. № 2. С. 213-217.
9. Великославинский С.Д., Котов А.Б., Крылов Д.П., Ларин А.М. Геодинамическая типизация адакитовых гранитоидов по геохимическим данным // Петрология. 2018. Т. 26. № 3. С. 1–10.
10. Великославинский С.Д., Крылов Д.П. Геодинамическая типизация магматических пород среднего состава по геохимическим данным // Петрология. 2015. Т. 23. № 5. С. 451–458.
11. Врублевская Т.Т., Цыганков А.А. О петротипе муйских гранитоидов (Байкальская горная область) // Геология и геофизика. 1997. Т. 38. № 9. С. 1454–1489.
12. Врублевская Т.Т., Цыганков А.А., Орсов Д.А. Контактво-реакционные процессы в Нюрундуканском ультрамафит-мафитовом массиве (Северное Прибайкалье) // Геология и геофизика. 2003. Т. 44. № 3. С. 207–223.
13. Гордиенко И.В. Роль островодужно-океанического, коллизионного и внутриплитного магматизма в формировании континентальной коры Монголо-Забайкальского региона: по структурно-геологическим, геохронологическим и Sm-Nd изотопным данным // Геодинамика и тектонофизика. 2021а. № 12. С. 1-47.
14. Гордиенко И.В. Связь субдукционного и плюмового магматизма на активных границах литосферных плит в зоне взаимодействия Сибирского континента и Палеоазиатского океана в неопротерозое и палеозое // Геодинамика и тектонофизика. 2019. № 10. С. 405–457.
15. Гордиенко И.В., Орсов Д.А., Булгатов А.Н. Магматизм и геодинамика нюрундуканской островодужной системы Байкало-Муйского пояса (Северное Прибайкалье) // Тез. докл. "Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса". Иркутск, 2021б. Вып. 19. С. 43-45.

16. Гребенников А.В. Гранитоиды А-типа: проблемы диагностики, формирования и систематики // Геология и геофизика. 2014. Т. 55. № 9. С. 1356–1373.
17. Гусев Г.С., Песков А.И., Соколов С.К. Палеогеодинамика Муйского сегмента протерозойского Байкало-Витимского пояса // Геотектоника. 1992. № 2. С. 72-86.
18. Дедюхин П.Б. Государственная геологическая карта СССР. Масштаб 1:200000. Серия Прибайкальская. Лист N-49-II. Объяснительная записка. М.: Недра, 1965. 68 с.
19. Добрецов Н.Л. Офиолиты и проблемы Байкало-Муйского офиолитового пояса // Магматизм и метаморфизм зоны БАМ и их роль в формировании полезных ископаемых. Новосибирск: Наука, 1983. С. 11–19.
20. Добрецов Н.Л., Конников Э.Г., Медведев В.Н. Офиолиты и олистостромы Восточного Саяна // Рифейско-нижнепалеозойские офиолиты Северной Евразии. Новосибирск: Наука. 1985. С. 34-57.
21. Добржинецкая Л.Ф. Петрохимия и геохимия вулканогенных и плутонических базит-гипербазитовых пород Байкало-Витимского зеленокаменного пояса раннего протерозоя // Геохимия. 1985. № 7. С. 930-945.
22. Ефремов С.В., Дриль С.И., Сандиминова Г.П. Образование гранитоидов с адакитовой геохимической характеристикой в коллизионных орогенах на примере раннепалеозойских гранитоидов хребта Мунку-Сардык (Восточный Саян) // Геохимия. 2016. № 7. С. 633-640.
23. Казьмин В.Г., Бяков А.Ф. Континентальные рифты: структурный контроль магматизма и раскол континентов // Геотектоника. 1997. № 1. С. 20–31.
24. Клитин К.А., Домнина Е.А., Риле Г.В. Строение и возраст офиолитового комплекса Байкало-Витимского поднятия // Бюл. МОИП. Нов. Сер. 1975. Т. XXX. Отдел геол. № 1. С. 82-94.
25. Коваленко В.И., Ярмолюк В.В., Ковач В.П., Будников С.В., Журавлев Д.З., Козаков И.К., Котов А.Б., Рыцк Е.Ю., Сальникова Е.Б. Корообразующие

магматические процессы при формировании Центрально-Азиатского складчатого пояса: Sm-Nd изотопные данные // Геотектоника. 1999. № 3. С. 21-41.

26. Коваленко В.И., Ярмолюк В.В., Ковач В.П., Котов А.Б., Козаков И.К., Сальникова Е.Б. Источники фанерозойских гранитоидов Центральной Азии: Sm-Nd изотопные данные // Геохимия. 1996. № 8. С. 699-712.

27. Коваленко В.И., Ярмолюк В.В., Томуртого О., Антипин В.С., Ковач В.П., Котов А.Б., Кудряшова Е.А., Сальникова Е.Б., Загорная Н.Ю. Геодинамика и корообразующие процессы ранних каледонид Баянхонгорской зоны (Центральная Монголия) // Геотектоника. 2005. № 4. С. 55–76.

28. Ковач В.П., Джен П., Ярмолюк В.В., Козаков И.К., Лю Д., Терентьева Л.Б., Лебедев В.И., Коваленко В.И. Магматизм и геодинамика ранних стадий формирования Палеоазиатского океана: результаты геохронологических и геохимических исследований офиолитов Баян-Хонгорской зоны // Доклады РАН. 2005. Т. 404. № 2. С. 229–234.

29. Ковач В.П., Рыцк Е.Ю., Великославинский С.Д. и др. Возраст детритовых цирконов и источники сноса терригенных пород Олокитской зоны (Северное Прибайкалье) // Докл. АН. 2020. Т. 493. № 2. С. 36–40.

30. Конников Э.Г. Дифференцированные гипербазит-базитовые комплексы докембрия Забайкалья (петрология и рудообразование). Новосибирск: Наука, 1986. 227 с.

31. Конников Э.Г. К проблеме офиолитов Байкало-Муйского пояса // Геология и геофизика. 1991. № 3. С. 119-129.

32. Конников Э.Г., Цыганков А.А., Врублевская Т.Т. Байкало-Муйский вулcano-плутонический пояс: структурно-вещественные комплексы и геодинамика. М.: ГЕОС. 1999. 163 с.

33. Кориковский С.П. Эволюция зонально-метаморфических комплексов на прогрессивном и ретроградном этапах // Закономерности метамагматизма, метасоматизма и метаморфизма. М.: Наука, 1987. С. 160–188.

34. Кузьмин М.И., Ярмолук В.В. Тектоника плит и мантийные плюмы – основа эндогенной тектонической активности Земли последние 2 млрд лет // Геология и геофизика. 2016. Т. 57. № 1. С. 11–30.
35. Кузьмичев А.Б., Ларионов А.Н. Сархойская серия Восточного Саяна: неопротерозойский (~770–800 млн лет) вулканический пояс андийского типа // Геология и геофизика. 2011. Т. 52. № 7. С. 875–895.
36. Кушев В.Г. Развитие территории Байкальской горной области в позднем протерозое–кембрии // Геология и геофизика. 1977. № 9. С. 23–37.
37. Легенда Баргузино-Витимской серии листов Госгеолкарты РФ масштаба 1:200000 (издание второе) / В.И. Давыдов. Улан-Удэ: ГФУП «Бурятгеоцентр». 1999.
38. Леснов Ф.П. Изотопный возраст цирконов из ультрабазитов Шаманского массива (Восточное Забайкалье) // Материалы VII Российской конференции “Методы и геологические результаты изучения изотопно-геохронологических систем минералов и пород”. М., 2018. С. 191–193.
39. Леснов Ф.П., Капитонов И.Н., Сергеев С.А. Lu-Hf изотопная систематика реликтовых цирконов из реститогенных ультрамафитов Шаманского массива (Восточное Забайкалье) // Геосферные исследования. 2019. № 3. С. 42-49.
40. Лиханов И.И. Метаморфические индикаторы геодинамических обстановок коллизии, растяжения и сдвиговых зон земной коры // Петрология. 2020. Т. 28. № 1. С. 4-22.
41. Макрыгина В.А., Конев А.А., Пискунова Л.Ф. О гранулитах в нюрундуканской серии Северного Прибайкалья // Докл. АН СССР. 1989. Т. 307. № 1. С. 195–201.
42. Макрыгина В.А., Конников Э.Г., Неймарк Л.А. и др. О возрасте гранулит-чарнокитового комплекса в нюрундуканской свите Северного Прибайкалья (парадокс геохронологии) // Докл. АН. 1993. Т. 332. № 4. С. 486–489.
43. Меланхолина Е.Н. Тектонотип вулканических пассивных окраин в Норвежско-Гренландском регионе // Геотектоника. 2008. № 3. С. 73-96.

44. Митрофанова Н.Н., Болдырев В.И., Коробейников Н.К. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Серия Алдано-Забайкальская. Лист О-49-Киренск. Объяснительная записка. СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2010. 648 с.

45. Митрофанова Н.Н., Булдыгеров В.В., Филиппов А.Г. Сводная легенда Муйской серии листов Госгеолкарты РФ масштаба 1:200000 / ВостСибНИИГГиМС, Иркутск. 1996. ФГУ «ТФИ по республике Бурятия».

46. Неймарк Л.А., Рыцк Е.Ю., Гороховский Б.М. и др. Изотопный состав свинца и генезис Pb-Zn оруденения Олоkitской зоны Северного Прибайкалья // Геология рудн. месторождений. 1991. № 6. С. 34–49.

47. Неймарк Л.А., Рыцк Е.Ю., Гороховский Б.М. и др. О возрасте “муйских” гранитов Байкало-Витимского офиолитового пояса // Докл. АН. 1995. Т. 343. № 5. С. 673–675.

48. Орлова А.В., Аносова М.О., Азимов П.Я., Разумовский А.А., Ревяко Н.М., Костицын Ю.А., Фдетова А.А., Хаин Е.В., Некрасов Г.Е. Неопротерозойские двупироксеновые гнейсы и чарнокитоиды Северного Прибайкалья: новые данные о происхождении и возрасте // Тез. Докл. «XII Всеросс. Петрограф. Совещ.». Петрозаводск. 2015. С. 208-209.

49. Орлова А.В., Аносова М.О., Ревяко Н.М. Геохронология и изотопные характеристики источников вещества метаморфических пород и гранитоидов Кичерской зоны Байкало-Муйского пояса // Тез. Докл. «4-е Яншинские чтения; современные вопросы геологии. Материалы молодежной конференции.» М.: ГЕОС, 2011. С. 144-146.

50. Переляев В.И. Ультрамафит-мафитовые комплексы западной части Средневитимской горной страны. Дисс. ... канд. геол.-мин. наук. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2003. 159 с.

51. Перчук Л.Л. Геотермобарометрия и перемещение кристаллических пород в коре и верхней мантии Земли // Соровский образовательный журнал. 1997. № 7. С. 64–72.

52. Половинкина Ю.И. Структуры и текстуры изверженных и метаморфических горных пород. М.: Недра. 1966. Т. 2. 272 с.
53. Рундквист Д.В. Особенности геологического развития байкалид // Основные проблемы рудообразования и металлогении. М., 1990. С. 44-65.
54. Рыцк Е.Ю. Байкало-Муйский пояс: структура и этапы тектонической эволюции // Тез. докл. "Геодинамика и минерагения Северной и Центральной Азии". Улан-Удэ, 2018а. С. 320-332.
55. Рыцк Е.Ю. Тектоническая зональность Байкальской складчатой области и этапы ее формирования // Фундаментальные проблемы тектоники и геодинамики. Материалы LII Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2020. Т. 2. С. 256–259.
56. Рыцк Е.Ю., Амелин Ю.В., Ризванова Н.Г. и др. Возраст пород Байкало-Муйского складчатого пояса // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2001. Т. 9. № 4. С. 3–15.
57. Рыцк Е.Ю., Беляцкий Б.В., Шалаев В.С. О возрасте метаморфизма и субконтинентальном происхождении гипербазитов Парамского массива (Байкало-Муйский пояс) // Изотопное датирование геологических процессов: новые методы и результаты. Тез. докл. I Российской конференции по изотопной геохронологии. М.: ГЕОС, 2000. С. 313–315.
58. Рыцк Е.Ю., Великославинский С.Д., Алексеев И.А. и др. Геологическое строение Каралонского золоторудного поля (Средневитимская горная страна) // Геология рудн. месторождений. 2018б. Т. 60. № 4. С. 342–370.
59. Рыцк Е.Ю., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Великославинский С.Д., Ковач В.П., Андреев А.А., Богомоллов Е.С., Федосеенков А.М. Гнейсо-граниты “мамско-оронского” комплекса в Северном Прибайкалье: геологическая позиция и возраст (U-Pb по циркону, TIMS) // Материалы VII Российской конференции по изотопной геохронологии. М., 2018в. С. 300–302.
60. Рыцк Е.Ю., Великославинский С.Д., Богомоллов Е.С. и др. Рифтогенная обстановка формирования гипербазит-базитовых комплексов Северного Прибайкалья: новые геологические, геохимические и изотопные данные // Тез.

докл. “Ультрамафит-мафитовые комплексы: геология, строение, рудный потенциал”. Материалы V Международной конференции. Улан-Удэ. 2017. С. 239–241.

61. Рыцк Е.Ю., Великославинский С.Д., Ковач В.П. и др. Анамакит-Муйский террейн ранних байкалид: изотопно-геохимические свидетельства неопротерозойской активной континентальной окраины // Тез. докл. "Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса". Иркутск, 2013а. Вып. 11. С. 196–197.

62. Рыцк Е.Ю., Великославинский С.Д., Сальникова Е.Б., Толмачева Е.В., Андреев А.А., Котов А.Б., Ларионов А.Н., Богомолов Е.С., Лебедева Ю.М., Федосеенко А.М. Возрастные рубежи формирования нюрундуканского комплекса (Байкало-Муйский пояс): результаты U-Pb (циркон, ID-TIMS, SIMS) и Nd-изотопных исследований // Тез. докл. "Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса". Иркутск, 2019а. С. 225-226.

63. Рыцк Е.Ю., Ковач В.П., Ярмолюк В.В. и др. Изотопная структура и эволюция континентальной коры Восточно-Забайкальского сегмента Центрально-Азиатского складчатого пояса // Геотектоника. 2011. № 5. С. 17–51.

64. Рыцк Е.Ю., Ковач В.П., Ярмолюк В.В., Коваленко В.И. Структура и эволюция континентальной коры Байкальской складчатой области // Геотектоника. 2007. № 6. С. 23–51.

65. Рыцк Е.Ю., Котов А.Б., Андреев А.А. и др. Строение и возраст Байкальского массива гранитоидов: новые свидетельства раннебайкальских событий в Байкало-Муйском подвижном поясе // Докл. АН. 2013б. Т. 453. № 6. С. 662–665.

66. Рыцк Е.Ю., Сальникова Е.Б., Ярмолюк В.В. и др. Раннекембрийский возраст и коровые источники гранитоидов Горячинского плутона (Северное Прибайкалье): геодинамические следствия // Докл. АН. 2019б. Т. 484. № 4. С. 468–471.

67. Салоп Л.И. Геология Байкальской горной области. М.: Недра. 1964. Т. 1. 515 с.

68. Салоп Л.И. Геология Байкальской горной области. М.: Недра. 1967. Т. 2. 700 с.
69. Скублов С.Г. Нюрндукуканский мафический комплекс северо-западного Прибайкалья: состав, структура, петрогенезис. Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. СПб.: ИГГД РАН, 1994. 21 с.
70. Тетяев М.М. Северо-западное Прибайкалье, бассейн р. Тыи. П.: Труды геологического комитета. 1915. 108 с.
71. Тетяев М.М. Северо-западное Прибайкалье, область села Горемыки (работы 1914 год). П.: Труды геологического комитета. 1916. 124 с.
72. Федоровский В.С., Владимиров А.Г., Хаин Е.В., Каргополов С.А., Гибшер А.С., Изох А.Э. Тектоника, метаморфизм и магматизм коллизионных зон каледонид Центральной Азии // Геотектоника. 2005. № 3. С. 3-22.
73. Федотова А.А., Разумовский А.А., Хаин Е.В., Аносова М.О., Орлова А.В. Этапы формирования магматических комплексов позднего неопротерозоя запада Байкало-Муйского пояса // Геотектоника. 2014. № 4. С. 44–66.
74. Фишев Н.А., Шелгачев К.М., Игнатович В.И., Гусев Ю.П. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Серия Алдано-Забайкальская. Лист N-49-Чита. Объяснительная записка. СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2011. 604 с.
75. Цыганков А.А. Генезис Нюрндукуканского ультрамафит-мафитового плутона (Байкальская горная область) // Петрология. 2002. Т. 10. № 1. С. 60-87.
76. Цыганков А.А. Магматическая эволюция Байкало-Муйского вулканоплутонического пояса в позднем докембрии. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. 303 с.
77. Цыганков А.А. Минералогия и термометрия гранулит-чарнокитового комплекса Северного Прибайкалья // Записки ВМО. 1996. № 6. С. 38-48.
78. Цыганков А.А. Петрология, контактовые процессы и оруденение Чайского гипербазит-базитового массива (Северное Прибайкалье) // Автореф. Дис. Канд. Геол. Минерал. Наук. Улан-Удэ:Изд-во БНЦ СО РАН. 1991. 22 с.

79. Цыганков А.А., Врублевская Т.Т., Конников Э.Г., Посохов В.Ф. Геохимия и генезис гранитоидов муйского интрузивного комплекса (Восточная Сибирь) // Геология и геофизика. 1998. Т. 39. № 3. С. 361-374.
80. Цыганков А.А., Врублевская Т.Т., Посохов В.Ф. Гиперстенсодержащие аляскитовые гнейсограниты Северного Прибайкалья: геохронология и петрогенезис // Геохимия. 2000. № 6. С. 599–609.
81. Шарпенко Л.Н., Костин А.Е., Кухаренко Е.А. TAS-диаграмма сумма щелочей–кремнезем для химической классификации и диагностики плутонических пород // Региональная геология и металлогения. 2013. № 56. С. 40–50.
82. Шацкий В.С., Ситникова Е.С., Томиленко А.А. и др. Эклогит-гнейсовый комплекс Муйской глыбы (Восточная Сибирь): возраст, минералогия, геохимия, петрология // Геология и геофизика. 2012. Т. 53. № 6. С. 657–682.
83. Шацкий В.С., Скузоватов С.Ю., Рагозин А.Л., Дриль С.И. Свидетельства неопротерозойской континентальной субдукции в Байкало-Муйском поясе // Докл. АН. 2014. Т. 459. № 2. С. 228–231.
84. Ярмолук В.В., Дегтярев К.Е. Докембрийские террейны Центрально-Азиатского орогенного пояса: сравнительная характеристика, типизация и особенности тектонической эволюции // Геотектоника. 2019. № 1. С. 3–43.
85. Ярмолук В.В., Коваленко В.И., Ковач В.П., Будников С.В., Козаков И.К., Котов А.Б., Сальникова Е.Б. Nd-изотопная систематика коровых магматических протолитов Западного Забайкалья и проблема рифейского корообразования // Геотектоника. 1999. № 4. С. 3-20.
86. Ярмолук В.В., Коваленко В.И., Ковач В.П., Рыцк Е.Ю., Козаков И.К., Котов А.Б., Сальникова Е.Б. Ранние стадии формирования Палео-Азиатского океана: результаты геохронологических, изотопных и геохимических исследований позднерифейских и венд-кембрийских комплексов Центрально-Азиатского складчатого пояса // Докл. АН. 2006. Т. 410. № 5. С. 1-7.
87. Ярмолук В.В., Коваленко В.И., Сальникова Е.Б., Никифоров А.В., Котов А.Б., Владыкин Н.В. Позднерифейский рифтогенез и распад Лавразии: данные геохронологических исследований щелочно-ультраосновных комплексов

южного обрамления Сибирской платформы // Доклады Академии Наук. 2005. Т. 404. № 3. С. 400-406.

88. Ярмолук В.В., Ковач В.П., Коваленко В.И. и др. Состав, источники и механизмы формирования континентальной коры Озерной зоны каледонид Центральной Азии: I. Геологические и геохронологические данные // Петрология. 2011. Т. 19. № 1. С. 83–107.

89. Amelin Y.V., Neymark L.A., Ritsk E.Y., Nemchin A.A. Enriched Nd-Sr-Pb isotopic signatures in the Dovyren layered intrusion (eastern Siberia, Russia): Evidence for source contamination by ancient upper-crustal material // Chemical Geol. 1996. V. 129. P. 39–69.

90. Amelin Y.V., Ritsk E Y., Neymark L.A. Effects of interaction between ultramafic tectonite and mafic magma on Nd-Pb-Sr isotopic systems in the Neoproterozoic Chaya massif, Baikal-Muya ophiolite belt // Earth Planet. Sci. Lett. 1997. V. 148. P. 299–316.

91. Aranovich L.Ya., Berman R.G. // Contribs. Mineral. And Petrol. 1996. V. 126. P. 25-37.

92. Berman R.G. // Canad. Mineral. 1991. V.29. P. 833-855.

93. Black L.P. Kamo S.L., Allen C.M. Temora 1: A new zircon standart for Phanerozoic U-Pb geochronology // Chemical Geol. 2003. V. 200. P. 155–170.

94. Bonev N., Stampfli G.M. Gabbro, plagiogranite and associated dykes in the suprasubduction zone Evros ophiolites, NE Greece // Geol. Mag. 2009. V. 146. P. 72–91.

95. Cao D.D., Wang Y.C., Yin L., Xu B. Metamorphic patterns and zircon U-Pb dating of the Xilingol complex in Inner Mongolia, China: Implications for rifting metamorphism and tectonic evolution in eastern Central Asian Orogenic Belt // Lithos. 2022. V. 428-429. P. doi.org/10.1016/j.lithos.2022.106826

96. Castillo P.R., Janney P.E., Solidum R.U. Petrology and geochemistry of Camiguin island, southern Phillippines: insights to the source of adakites and other lavas in a complex arc setting // Contrib. to Mineralogy and Petrology. 1999. V. 134. P. 33-51.

97. Chiu H.Y., Chung S.L., Wu F.Y. Zircon U-Pb and Hf isotopic constraints from eastern Transhimalayan batholiths on the precollisional magmatic and tectonic evolution in southern Tibet // *Tectonophysics*. 2009. V. 477. № 1-2. P. 3-19.
98. Corfu F., Hanchar J.M., Hoskin P.W.O., Kinny P. Atlas of Zircon Textures // *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*. 2003. V. 53. P. 469-500.
99. Defant M.J., Drummond M.S. Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere // *Nature*. 1990. V. 347. P. 662-665.
100. Dilek Y., Furnes H. Ophiolite genesis and global tectonics: Geochemical and tectonic fingerprinting of ancient oceanic lithosphere // *Geol. Soc. Amer. Bull.* 2011. V. 123. P. 387–411.
101. Dobretsov N.L., Berzin N.A., Buslov M.M. Opening and tectonic evolution of the Paleo-Asian ocean // *Int. Geol. Rev.* 1995. V. 37. P. 335–360.
102. Ernst R.E., Wingate M.T.D., Buchan K. L., Li Z. X. Global record of 1600-700 Ma Large Igneous Provinces (LIPs): Implications for the reconstruction of the proposed Nuna (Columbia) and Rodinia supercontinents // *Precambrian Research*. 2008. V. 160 (1-2). P. 159-178
103. Geoffroy L. Volcanic passive margins // *C.R. Geoscience*. 2005. V. 337. P. 1395-1408.
104. Gladkochub D.P., Donskaya T.V., Stanevich A.M., Pisarevsky S.A., Zhang S., Motova Z.L., Mazukabzov A.M., Li H. U-Pb detrital zircon geochronology and provenance of Neoproterozoic sedimentary rocks in southern Siberia: New insights into breakup of Rodinia and opening of Paleo-Asian Ocean // *Gondwana Research*. 2019. V. 65. P. 1–16.
105. Goldstein S.J., Jacobsen S.B. Nd and Sr isotopic systematics of rivers water suspended material: implications for crustal evolution // *Earth Planet. Sci. Lett.* 1988. V. 87. P. 249-265.
106. Irvine T.N., Baragar W.R. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks // *Can. J. Earth. Set.* 1971. V. 8. P. 523.

107. Jackson S.E., Pearson N.J., Griffin W.L., Belousova E.A. The application of laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry to in situ U-Pb zircon geochronology // *Chemical Geology*. 2004. V. 211. P. 47-69.
108. Jacobsen S.B., Wasserburg G.J. Sm-Nd evolution of chondrites and achondrites // *Earth Planet. Sci. Lett.* 1984. V. 67. P. 137-150.
109. Jensen L.S. A new cation plot for classifying subalkalic volcanic rocks // *Ontario Div. Mines, Misk.* 1976. Pap. 66. P. 22.
110. Koopmann H., Brune S., Franke D., Breuer S. Linking rift propagation barriers to excess magmatism at volcanic rifted margins // *Geology*. 2014. V. 42. № 12. P. 1071-1074.
111. Krogh T.E. A low-contamination method for hydrothermal decomposition of zircon and extraction of U and Pb for isotopic age determination // *Geochim. Cosmochim. Acta*. 1973. V. 37. P. 485–494.
112. Kröner A, Fedotova A.A., Khain E.V. et al. Neoproterozoic ophiolite and related high-grade rocks of the Baikal-Muya belt, Siberia: geochronology and geodynamic implications // *J. Asian Earth Sci.* 2015. V. 111. P. 138–160.
113. Le Maitre R.W. *Igneous Rocks. A Classification and Glossary of Terms*. 2nd Edition. // Cambridge: Cambridge University Press. 2002. 236 p.
114. Ludwig K.R. Isoplot 3.74b. A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel // *Berkeley Geochronol. Center Spec. Publ.* 2007. V. 4.
115. Ludwig K.R. Isoplot V. 4.15: A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel // *Berkley Geochronology Center. Sp. Pub.* 2008. № 4. 76 p.
116. Ludwig K.R. ISOPLOT/Ex.Version 2.06. A geochronological toolkit for Microsoft Excel // *Berkeley Geochronology Center Sp. Publ.* 1999. № 1a. 49 p.
117. Ludwig K.R. PbDat for MS-DOS, version 1.21 // *U.S. Geol. Survey Open-File Rept.* 88-542. 1991. 35 p.
118. Ludwig K.R. SQUID 2: A User's Manual // *Berkeley Geochronol. Center Spec. Publ.* 2009. № 5.
119. Ludwig K.R. SQUID: 1.13. A user Manual. A Geochronological Toolkit for MS Excel // *Berkeley Geochronol. Center Spec. Publ.* 2001.

120. Mattinson J.M. A study of complex discordance in zircons using step-wise dissolution techniques // *Contrib. Mineral. Petrol.* 1994. V. 116. P. 117–129.
121. Pedersen R., Malpas J. The origin of oceanic plagiogranites from the Karmoy ophiolite, western Norway // *Contrib. Mineral. Petrol.* 1984. V. 88. P. 36–52.
122. Powell R. & Holland T.J.B. // *Amer. Mineral.* 1994. V. 79. P. 120-133.
123. Powell R. & Holland T.J.B. // *J. Metamorph. Geol.* 1988. V. 6. P. 173-204.
124. Qiang H., Zhang S-B., Zheng Y-F. Evidence for regional metamorphism in a continental rift during the Rodinia breakup // *Precambrian Research.* 2018. V. 314. P. 414-427.
125. Richards J.R., Kerrich R. Special paper: Adakite-like rocks: their diverse origins and questionable role in metallogenesis // *Economic Geology.* 2007. V. 102 (4). 537-576.
126. Rosenbaum G., Weinberg R.F., Regenauer-Lieb K. The geodynamics of lithospheric extension // *Tectonophysics.* 2008. V. 458. P. 1-8.
127. Rosendahl B.R. Architecture of Continental Rifts with Special Reference to East Africa // *Annual Review of Earth and Planetary Sciences.* 1987. V. 15. P. 445-503.
128. Skuzovatov S.Yu., Kuo-Lung Wang, Dril S. et al. Geochemistry, zircon U-Pb and Lu-Hf systematics of high-grade metasedimentary sequences from the South Muya block (northeastern Central Asian Orogenic Belt): Reconnaissance of polymetamorphism and accretion of Neoproterozoic exotic blocks in southern Siberia // *Precambrian Res.* 2019b. V. 321. P. 34–53.
129. Skuzovatov S.Yu., Shatsky V.S., Kuo-Lung Wang. Continental subduction during arc-microcontinent collision in the southern Siberian craton: Constraints on protoliths and metamorphic evolution of the North Muya complex eclogites (Eastern Siberia) // *Lithos.* 2019a. V. 342–343. P. 76–96.
130. Slama J., Kosler J., Condon D.J., Crowley J.L. Plesovice zircon – a new natural reference material for U-Pb and Hf isotopic microanalysis // *Chemical Geology.* 2008. V. 249. P. 1-35.
131. Stacey J.S., Kramers I.D. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model // *Earth Planet. Sci. Lett.* 1975. V. 26. № 2. P. 207–221.

132. Steiger R.H., Jager E. Subcommission of Geochronology: conversion of the use of decay constants in geo- and cosmochemistry // *Earth Planet. Sci. Lett.* 1976. V. 36. № 2. P. 359–362.
133. Sun S.S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes // *Geol. Soc. London Spec. Publ.* 1989. V. 42. P. 313–345.
134. Taylor S.R., McLennan S.M. *The continental crust: its composition and evolution.* Oxford: Blackwell Sci. Publ., 1985. 312 p.
135. Van Achterbergh E., Ryan C.G., Jackson S.E., Griffin W.L. Data reduction software for LA-ICP MS in the Earth Sciences: Principles Applications. Mineralogical Association of Canada Short Course Series. 2001. V. 29. P. 239-243.
136. Wernicke B., Tilke P.G. Extensional tectonic framework of the U.S. Central Atlantic passive margin // *Extensional tectonics and stratigraphy of the North Atlantic margins* / Eds. Tankard A.J. et al. AAPG Memoir. 1989. P. 7-21.
137. Whattam S., Gazel E. et al. Origin of plagiogranites in oceanic complexes: A case study of the Nicoya and Santa Elena terranes, Costa Rica // *Lithos.* 2016. V. 262. P. 75–87.
138. Whitney D.L. and Evans B.W. Abbreviations for names of rock-forming minerals // *Amer. Mineral.* 2010. V. 95. P. 185–187.
139. Wiedenbeck M.P.A., Corfu F., Griffin W.L. Three natural zircon standards for U-Th-Pb, Lu-Hf, trace element and REE analyses // *Geostandards and Geoanalytical Research.* 1995. V. 19. P. 1-23.
140. Williams I.S. U-Th-Pb Geochronology by Ion Microprobe // *Rev. Econom. Geol.* 1998. V. 7. P. 1–35.
141. Wood D.A. The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province // *Earth and Planetary Science Letters.* 1980. V. 50. P. 11-30.

142. Zheng Y.-F., Chen R.-X. Extreme metamorphism and metamorphic facies series at convergent plate boundaries: implications for supercontinent dynamics // *Geosphere*. 2021. V. 17. № 6. P. 1647-1685.

Приложение 1. Результаты U-Pb геохронологических исследований циркона (ID-TIMS) пород Кичерской зоны БМП.  
 гнейсо-гранит БК-2/04: 1-3; ортогнейс 28/96: 4-6; амфиболит 5-1/12: 7-9; метадiorит 16-4/11: 10-11; метагаббро 4-1/11: 12-13; гнейсо-гранит 20-2/12: 14-17; адакитовый гранит ТМ-1/13: 18-20; субщелочное габбро ПК-2: 21-22; адакитовый гранит НА: 23-25; адакитовый гранит R15-4/3: 26-29; мусковитовый пегматит 1-1/12: 30-32;

Номер навески	Размерная фракция (мкм) и характеристика циркона	Навеска, мг	Pb, мкг/г	U, мкг/г	Изотопные отношения					Rho	Возраст, млн. лет		
					$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}^a$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}^a$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
1	60-85	0.52	53.1	417	2258	0.0643±1	0.1655±1	1.0456±21	0.1180±2	0.89	727±2	719±2	750±1
2	85-100	0.29	40.8	303	639	0.0643±1	0.1715±1	1.0401±24	0.1174±2	0.7	724±3	716±2	750±4
3	>100	0.65	42.9	326	2076	0.0646±1	0.1679±1	1.0798±22	0.1213±2	0.9	738±2	744±2	760±1
4	>100	1.05	18.7	142	2297	0.0649±1	0.1281±1	1.1283±22	0.1260±3	0.83	767±2	765±2	772±2
5	<60, А 10%	0.51	17.9	131	1295	0.0652±1	0.1527±1	1.1337±23	0.1262±3	0.8	770±2	766±2	780±2
6	>100, А 50%	0.79	15.9	115	1796	0.0667±1	0.1567±1	1.1798±24	0.1284±3	0.81	791±2	779±2	827±2
7													
8													
9													
10	85-100, 15 зер.	0.18	31.5	269	1631	0.0610±1	0.2311±1	0.8664±29	0.1030±2	0.8	634±2	632±2	639±4
11	100-150, 12 зер.	0.36	44	379	5842	0.0601±1	0.2445±1	0.8653±12	0.1027±2	0.92	633±1	631±1	642±1
12	100-150, 10 зер.	0.54	40.3	345	3852	0.0605±1	0.2667±1	0.8440±13	0.1012±1	0.87	621±1	621±1	621±2
13	>150, 7 зер	0.68	35.6	307	2936	0.0604±1	0.2556±1	0.8385±21	0.1006±1	0.59	618±2	618±1	620±4
14	85-100, 20 зер.	0.16	41.8	394	1169	0.0601±1	0.2477±1	0.7964±15	0.0961±1	0.73	595±1	591±1	608±3
15	50-85, 40 зер.	0.19	34.6	319	1193	0.0602±1	0.1787±1	0.8105±16	0.0977±1	0.74	603±1	601±1	611±3
16	50-85, 15 зер.	0.15	37	346	2918	0.0604±1	0.2149±1	0.8162±10	0.0980±1	0.88	606±1	602±1	619±1
17	>100, кисл.обр.=2.0	.*	U/Pb=9.48		14227	0.0604±1	0.1703±1	0.8318±10	0.0999±1	0.9	615±1	613±1	618±1
18	85-100, 50 крист.	0.32	33.6	296	3157	0.0598±1	0.3097±1	0.7854±11	0.0952±1	0.82	589±1	586±1	599±2
19	100-150, кисл.обр.=3.0	.*	U/Pb=9.86		27365	0.0600±1	0.2978±1	0.7998±10	0.0951±1	0.92	597±1	595±1	605±1
20	>150, кисл.обр.=3.0	.*	U/Pb=9.63		15265	0.0601±1	0.2758±1	0.8078±9	0.0975±1	0.96	601±1	600±1	608±1
21	85-100, 10 зер.	0.66	4.4	40	2228	0.0598±1	0.2613±1	0.8034±20	0.0974±1	0.67	599±2	599±1	597±4
22	100-150, 10 зер.	0.4	5.5	45	478	0.0604±2	0.2775±1	0.8096±37	0.0973±1	0.48	602±3	599±1	616±9
23	<50	.*	U/Pb=7.75		362	0.0595±2	0.1752±1	0.7706±23	0.0939±2	0.57	580±2	579±2	585±6
24	50-85	0.12	65.8	540	1184	0.0595±2	0.3974±1	0.7761±23	0.0947±2	0.57	583±2	583±1	584±5
25	>85	0.09	57.7	479	608	0.0599±2	0.3135±1	0.7936±25	0.0960±2	0.59	593±2	591±2	602±5

## Приложение 1. Продолжение.

Номер навески	Размерная фракция (мкм) и характеристика циркона	Навеска, мг	Pb, мкг/г	U, мкг/г	Изотопные отношения					Rho	Возраст, млн. лет		
					$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}^a$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}^a$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
26	>150, кисл.обр.=2.0	-*	U/Pb=8.14	368	0.0637±1	0.0781±1	0.9418±50	0.1072±3	0.98	674±4	656±3	733±2	
27	50-75, кисл.обр.=2.0	-*	U/Pb=10.3	855	0.0602±1	0.0608±1	0.7787±15	0.0938±1	0.85	585±1	578±1	611±2	
28	75-100, кисл.обр.=1.5	-*	U/Pb=11.2	8619	0.0598±1	0.0564±1	0.7651±18	0.0927±1	0.98	577±1	572±1	598±1	
29	85-100, 4 крист.	-*	U/Pb=10.6	216	0.0591±4	0.0704±1	0.7262±60	0.0892±2	0.5	554±5	551±2	569±16	
30	>150, 8 зер., A=20%	-*	U/Pb=11.67	4171	0.0596±1	0.0111±1	0.7537±9	0.0918±1	0.93	570±1	566±1	588±1	
31	>150, 9 зер., A=10%	-*	U/Pb=11.48	5999	0.0596±1	0.0163±1	0.7711±9	0.0939±1	0.93	580±1	578±1	588±1	
32	>150, 3 зер., A=30%	-*	U/Pb=11.37	13498	0.0595±1	0.0120±1	0.7845±10	0.0956±1	0.88	588±1	588±1	587±1	

Примечания: <sup>a</sup> – изотопные отношения, скорректированные на бланк и обычный свинец; Rho – коэффициент корреляции ошибок отношений  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U} - ^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ; \* – навеска циркона не определялась; кисл. обр.=2.0 – кислотная обработка циркона с заданной экспозицией (часы); A 50% - количество вещества, удаленного в процессе аэробразивной обработки циркона. Величины ошибок (2σ) соответствуют последним значащим цифрам.

Приложение 2. Результаты U-Pb геохронологических исследований циркона (SHRIMP-II) пород Кичерской зоны БМП.

№	Точка	$^{206}\text{Pb}^c$ %	U, ppm	Th, ppm	$^{232}\text{Th}/$ $^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}_{\text{rad}}$ ppm	$^{206}\text{Pb}/$ $^{238}\text{U}$ Age	$^{207}\text{Pb}/$ $^{206}\text{Pb}$ Age	D,%	$^{238}\text{U}/$ $^{206}\text{Pb}$	Err, %	$^{207}\text{Pb}/$ $^{206}\text{Pb}$	Err, %	$^{207}\text{Pb}/$ $^{235}\text{U}$	Err, %	$^{206}\text{Pb}/$ $^{238}\text{U}$	Err, %	Rho	Обл. измерения
<b>R14-22-2</b>																			
1	5.2	0,11	82	41	0,52	7.18	626±9	596±79	-5	9,79	1,5	0,0598	3,7	0,842	4	0,1021	1,5	0,3822	о.
2	2.2	0,00	42	4	0,10	3.71	627±9	676±60	8	9,79	1,6	0,062	2,8	0,874	3,2	0,1022	1,6	0,5084	о.
3	2.1	0,11	73	44	0,62	6.51	634±9	659±54	4	9,66	1,5	0,0616	2,5	0,878	3	0,1035	1,5	0,5128	я.
4	3.1	0,44	118	79	0,69	10.5	636±10	687±100	8	9,65	1,7	0,0624	4,7	0,891	5	0,1036	1,7	0,3335	я.
5	6.1	0,00	54	27	0,51	4.98	652±9	624±91	-4	9,39	1,6	0,0606	4,2	0,89	4,5	0,1065	1,6	0,3502	я.
<b>23-6-11</b>																			
6	2.1	0,16	273	3	0,01	23.8	623±8	615±31	-1	9,84	1,4	0,06032	1,4	0,845	2	0,1016	1,4	0,7048	о.
7	8.1	0,14	378	249	0,68	33.2	625±8	619±26	-1	9,81	1,4	0,06042	1,2	0,849	1,8	0,102	1,4	0,7544	о.
8	7.1	0,19	171	94	0,57	15.2	632±8	656±38	4	9,7	1,4	0,0615	1,8	0,874	2,3	0,1031	1,4	0,6244	о.
9	1.1	0,05	200	118	0,61	18.1	646±8	646±30	0	9,49	1,4	0,06118	1,4	0,889	2	0,1054	1,4	0,7091	я.
10	7.2	0,08	197	14	0,07	18	651±8	608±33	-7	9,41	1,4	0,06011	1,5	0,881	2,1	0,1063	1,4	0,6905	я.
11	6.1	0,04	376	118	0,32	34.5	654±8	670±22	2	9,36	1,4	0,06187	1	0,911	1,7	0,1068	1,4	0,7983	я.
<b>9-10/02</b>																			
12	6.1	0,24	68	5	0,08	5.89	621,7±9	584±65	-6	9,88	1,6	0,0595	3	0,83	3,4	0,1012	1,6	0,4644	я.
13	5.1	0,00	62	2	0,03	5.42	624,4±9	655±53	5	9,83	1,6	0,0614	2,5	0,862	2,9	0,1017	1,6	0,5401	я.
14	8.1	0,00	46	5	0,12	4.03	627±10	642±62	2	9,79	1,8	0,0611	2,9	0,86	3,4	0,1021	1,8	0,5199	я.
15	1.1	0,04	194	29	0,15	17.1	628,7±8	629±31	0	9,76	1,4	0,06071	1,4	0,858	2	0,1024	1,4	0,6987	я.
16	3.1	0,11	150	5	0,03	13.3	634±8	636±41	0	9,68	1,5	0,0609	1,9	0,868	2,4	0,1033	1,5	0,6102	я.
17	8.2	0,00	203	51	0,26	18.1	635,5±8	612±30	-4	9,65	1,4	0,06024	1,4	0,861	2	0,1036	1,4	0,724	я.
18	2.1	0,26	117	12	0,11	10.5	640,1±8	582±54	-9	9,58	1,5	0,0594	2,5	0,855	2,9	0,1044	1,5	0,5047	я.

## Приложение 2. Продолжение.

№	Точка	$^{206}\text{Pb}^c$ %	U, ppm	Th, ppm	$^{232}\text{Th}/$ $^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}_{\text{rad}}$ ppm	$^{206}\text{Pb}/$ $^{238}\text{U}$ Age	$^{207}\text{Pb}/$ $^{206}\text{Pb}$ Age	D,%	$^{238}\text{U}/$ $^{206}\text{Pb}$	Err, %	$^{207}\text{Pb}/$ $^{206}\text{Pb}$	Err, %	$^{207}\text{Pb}/$ $^{235}\text{U}$	Err, %	$^{206}\text{Pb}/$ $^{238}\text{U}$	Err, %	Rho	Обл. измерения
<b>R14-25-1</b>																			
19	7.1	0	54	35	0,67	4.84	643±15		2	9.54	2.4.	0.0614	6	0.888	6.5	0.1048	2,4	0,375	я.
20	7.2	0,38	96	79	0,85	9.04	666±12		3	9.18	1.9.	0.0623	5.5	0.936	5.8	0.1089	1,9	0,319	я.
21	9.1	0,54	108	67	0,64	10.1	660±10		5	9.27	1.6	0.0625	6.9	0.93	7.1	0.1078	1,6	0,228	я.
22	16.1	0	91	31	0,35	8.47	666±11		1	9.19	1.7	0.062	4.6	0.929	4.9	0.1088	1,7	0,354	я.
23	23.1	0,31	89	72	0,84	8.04	639±8		-8	9.58	1.4	0.0596	3.3	0.858	3.6	0.1044	1,4	0,384	я.
24	24.1	0,81	95	29	0,31	8.48	634±8		-9	9.66	1.4	0.0592	4.9	0.845	5.1	0.1035	1,4	0,273	я.
25	27.1	0	67	32	0,5	6.13	653±8		2	9.37	1.4	0.0618	2.8	0.909	3.1	0.1068	1,4	0,451	я.
26	28.1	0,11	389	371	0,99	35.5	649±7		-4	9.43	1.2	0.06055	1.4	0.885	1.8	0.106	1,2	0,656	я.
27	29.1	0,21	48	20	0,43	4.56	669±10		-7	9.14	1.6	0.0606	3.8	0.914	4.1	0.1094	1,6	0,382	я.
28	30.1	0,05	516	585	1,17	46.3	641±6		4	9.565	1	0.06171	1.1	0.89	1.5	0.1045	0,99	0,671	я.
29	31.1	1	351	407	1,2	32.6	656±6		-1	9.325	1	0.0614	2.3	0.907	2.5	0.1072	1	0,407	я.
30	33.1	0,37	44	18	0,41	4.11	658±10		3	9.3	1.7	0.0621	5.2	0.92	5.4	0.1075	1,7	0,305	я.
31	34.1	0,32	115	112	1	10.7	660±7		-6	9.27	1.2	0.0604	2.9	0.898	3.1	0.1078	1,2	0,398	я.
32	36.1	0,75	290	225	0,8	25.4	621±6		-6	9.88	1.1	0.0595	2.9	0.83	3.1	0.1011	1.1	0,344	о.
33	37.1	0,37	66	39	0,61	5.85	631±8		0	9.72	1.4	0.0607	3.6	0.86	3.9	0.1028	1,4	0,37	о.
34	11.1	0,19	741	9	0,01	64.9	624±4		-4	9.824	0.8	0.0599	2.1	0.84	2.2	0.1018	0.81	0,361	о.

## Приложение 2. Продолжение.

№	Точка	$^{206}\text{Pb}^c$ %	U, ppm	Th, ppm	$^{232}\text{Th}/$ $^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}_{\text{rad}}$ ppm	$^{206}\text{Pb}/$ $^{238}\text{U}$ Age	$^{207}\text{Pb}/$ $^{206}\text{Pb}$ Age	D,%	$^{238}\text{U}/$ $^{206}\text{Pb}$	Err, %	$^{207}\text{Pb}/$ $^{206}\text{Pb}$	Err, %	$^{207}\text{Pb}/$ $^{235}\text{U}$ %	Err, %	$^{206}\text{Pb}/$ $^{238}\text{U}$	Err, %	Rho	Обл. измерения
<b>52-1/17</b>																			
35	1.1	0	607	625	53	1.064	624±17	618±23	-1	9.83	2.9	0.06	1	0.847	3.1	0.1017	2.9	0.94	я.
36	4.1	0.1	265	239	23.4	0.933	630±13	625±45	-1	9.74	2.1	0.06	2.1	0.858	3	0.1027	2.1	0.71	я.
37	11.1	0.12	803	55.4	71	0.071	632±16	604±27	-5	9.71	2.6	0.06	1.2	0.852	2.9	0.103	2.6	0.9	я.
38	3.1	0.13	383	417	33.2	1.125	620±16	589±37	-6	9.89	2.7	0.059	1.7	0.83	3.2	0.101	2.7	0.84	я.
39	2.1	0.13	296	145	25.5	0.505	616±24	597±44	-3	9.97	4	0.059	2	0.827	4.5	0.1003	4	0.89	о.
40	6.1	0.06	393	348	34	0.915	617±13	612±34	-1	9.94	2.2	0.06	1.6	0.835	2.7	0.1005	2.2	0.82	о.
41	7.1	0.04	305	161	26.1	0.545	611±14	629±39	2.9	10	2.5	0.06	1.8	0.832	3.1	0.0994	2.5	0.81	о.
42	8.1	0.06	660	197	56.7	0.308	614±13	642±26	4.7	10.01	2.2	0.061	1.2	0.841	2.5	0.0999	2.2	0.88	о.
43	9.1	0.06	378	211	32.7	0.578	620±14	609±34	-2	9.91	2.3	0.06	1.6	0.837	2.8	0.1009	2.3	0.83	о.
44	10.1	0.02	764	218	65.6	0.294	614±16	624±21	1.7	10.01	2.7	0.06	1	0.834	2.9	0.0999	2.7	0.94	о.
45	12.1	0.09	461	162	40.3	0.363	624±11	628±31	0.7	9.84	1.8	0.06	1.4	0.85	2.3	0.1016	1.8	0.78	о.
46	15.1	0.04	588	166	51	0.291	621±20	629±94	1.4	9.89	3.5	0.06	4.4	0.846	5.6	0.1011	3.5	0.62	о.
47	16.1	0.1	383	220	33.1	0.594	617±14	661±36	7	9.95	2.4	0.061	1.7	0.854	2.9	0.1005	2.4	0.82	о.
48	17.1	0.14	350	226	30.7	0.666	626±18	606±39	-4	9.79	3	0.06	1.8	0.845	3.5	0.1021	3	0.85	о.
49	18.1	0.07	330	243	27.7	0.76	602±30	606±38	0.6	10.21	5.2	0.06	1.7	0.811	5.5	0.0979	5.2	0.95	о.

## Приложение 2. Продолжение.

№	Точка	$^{206}\text{Pb}^c$ %	U, ppm	Th, ppm	$^{232}\text{Th}/$ $^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}_{\text{rad}}$ ppm	$^{206}\text{Pb}/$ $^{238}\text{U}$ Age	$^{207}\text{Pb}/$ $^{206}\text{Pb}$ Age	D,%	$^{238}\text{U}/$ $^{206}\text{Pb}$	Err, %	$^{207}\text{Pb}/$ $^{206}\text{Pb}$	Err, %	$^{207}\text{Pb}/$ $^{235}\text{U}$	Err, %	$^{206}\text{Pb}/$ $^{238}\text{U}$	Err, %	Rho	Обл. измерения
<b>12-8/16</b>																			
50	7.1	0.05	169	89	0.54	19.7	822±4	808±29	-2	7.35	0.6	0.066	1.4	1.238	1.5	0.1359	0.6	0.38	я.
51	18.1	0.2	101	63	0.65	11.9	821±7	825±48	0	7.35	0.9	0.066	2.3	1.248	2.5	0.1359	0.88	0.36	я.
52	20.2	0.2	183	101	0.57	21.6	828±5	779±43	-6	7.29	0.7	0.065	2.1	1.231	2.2	0.137	0.68	0.31	я.
53	22.1	0.21	101	58	0.6	11.9	824±7	852±49	3	7.32	0.9	0.067	2.4	1.27	2.5	0.1365	0.91	0.35	я.
54	24.2	0.16	135	83	0.64	15.7	817±8	829±42	1	7.39	0.8	0.066	2	1.244	2.2	0.1353	0.78	0.36	я.
55	2.1	0.17	108	61	0.58	12.1	786±6	805±44	2	7.71	0.8	0.065	2.1	1.179	2.2	0.1296	0.8	0.36	а.
56	4.1	0	158	89	0.58	17.6	789±5	757±30	-4	7.68	0.7	0.064	1.4	1.157	1.6	0.1302	0.7	0.43	а.
57	13.2	0.17	109	60	0.57	12.3	796±5	808±44	2	7.61	0.7	0.066	2.1	1.196	2.2	0.1314	0.7	0.32	а.
58	11.2	0	131	86	0.68	14.9	797±5	745±37	-7	7.59	0.7	0.064	1.8	1.163	1.9	0.1316	0.73	0.38	а.
59	13.3	0.11	169	94	0.57	19.1	796±5	816±35	3	7.61	0.7	0.066	1.7	1.201	1.8	0.1314	0.66	0.37	а.
60	19.1	0.28	110	70	0.66	11.9	764±6	775±55	1	7.94	0.9	0.065	2.6	1.129	2.8	0.1259	0.88	0.31	а.
61	20.1	0.08	979	670	0.71	107	772±3	769±16	0	7.86	0.4	0.064	0.8	1.137	0.9	0.1272	0.35	0.41	а.
62	21.1	0	135	69	0.52	14.7	766±6	742±41	-3	7.91	0.8	0.064	1.9	1.115	2.1	0.1263	0.79	0.38	а.
63	3.2	0.2	131	77	0.61	14.4	773±5	740±45	-4	7.85	0.7	0.063	2.1	1.123	2.2	0.1273	0.74	0.33	а.
64	6.2	0.15	152	91	0.62	16.6	772±5	789±37	2	7.85	0.7	0.065	1.8	1.149	1.9	0.1272	0.68	0.35	а.
65	3.1	0.06	147	75	0.53	16.2	778±5	782±33	1	7.79	0.7	0.065	1.6	1.153	1.7	0.1282	0.7	0.41	а.
66	14.1	0.03	544	173	0.33	47.1	618±3	609±20	-2	9.93	0.4	0.06	0.9	0.835	1	0.1007	0.4	0.42	о.
67	5.1	0.09	111	79	0.74	9.64	621±4	596±46	-4	9.88	0.7	0.059	2.1	0.834	2.2	0.1011	0.7	0.32	о.
68	10.2	0.07	172	117	0.71	15	624±4	604±37	-3	9.84	0.6	0.06	1.7	0.84	1.8	0.1016	0.6	0.33	о.
69	11.1	0.04	207	146	0.73	18	624±3	602±32	-3	9.83	0.6	0.06	1.5	0.841	1.6	0.1017	0.6	0.35	о.
70	10.1	0.04	259	97	0.39	22.6	625±3	620±29	-1	9.82	0.5	0.06	1.4	0.848	1.4	0.1018	0.5	0.35	о.
71	1.1	0.14	432	451	1.08	37.8	625±3	637±33	2	9.81	0.5	0.06	1.5	0.856	1.6	0.1018	0.5	0.3	о.
72	25.1	0	68	59	0.89	5.91	618±7	665±66	8	9.95	1.2	0.061	3.1	0.856	3.3	0.1005	1.2	0.35	о.

Примечание: Погрешности единичных анализов приведены на уровне 1σ, погрешности возрастов 2σ. Pb<sub>c</sub> и Pb<sub>rad</sub> указывают на обычную и радиогенную части свинца, соответственно. Ошибка в стандартной калибровке составила 0.35%. Общий Pb скорректирован с использованием измеренного изотопа  $^{204}\text{Pb}$ . Rho – коэффициент корреляции ошибок отношений, D – дискордантность. Уран-Свинцовые отношения нормализовались на значение 0.0668, соответствующее стандарту TEMORA. я. - ядро; о. - оболочка; а. - анатектический.

Приложение 3. Результаты U-Pb геохронологических исследований циркона (LA ICP-MS) пород Кичерской зоны БМП.

№	Точка	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	Err, %	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	Err, %	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	Err, %	Rho	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	Err, %	$^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$	Err, %	Rho	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	D, %	Обл. измерения
<b>3/4-11</b>																			
1	708-3-3	0.0606	0.0006	0.863	0.0195	0.1033	0.0021	0.90	0.034	0.0011	1.79	0.01	0.9	624±21	632±11	634±12	671±22	1.6	а.
2	708-3-3B	0.0605	0.0006	0.872	0.0207	0.1045	0.0022	0.86	0.034	0.0012	1.88	0.01	0.9	622±22	636±11	641±13	683±24	3.1	а.
3	710-2-2	0.0613	0.0006	0.867	0.0186	0.1026	0.0021	0.90	0.034	0.0009	5.57	0.01	0.9	650±19	634±10	630±12	675±17	-3.1	а.
4	710-2-4	0.0605	0.0006	0.847	0.0187	0.1016	0.0021	0.90	0.033	0.0009	5.39	0.01	0.9	622±20	623±10	624±12	661±18	0.3	а.
5	710-2-5	0.0609	0.0006	0.873	0.0193	0.1039	0.0021	0.90	0.033	0.0009	2.74	0.01	0.9	636±20	637±10	637±12	648±17	0.2	а.
<b>4-2/11</b>																			
6	720-2-12	0.0606	0.0006	0.842	0.0178	0.1008	0.0021	0.90	0.033	0.0007	1.01	0.01	0.9	625±19	620±10	619±12	648±14	-1.0	о.
7	720-2-14	0.0618	0.0006	0.858	0.0192	0.1007	0.0021	0.90	0.034	0.0008	2.01	0.01	0.9	667±20	629±11	618±12	670±15	-7.3	о.
8	720-2-15	0.0608	0.0006	0.875	0.0193	0.1044	0.0021	0.90	0.035	0.0009	4.65	0.01	0.9	632±20	638±10	640±12	687±18	1.3	я.
9	720-2-16	0.0613	0.0006	0.863	0.019	0.1022	0.0021	0.90	0.033	0.0008	1.16	0.01	0.9	649±20	632±10	627±12	665±16	-3.4	о.
10	720-2-17	0.0605	0.0006	0.867	0.0189	0.104	0.0021	0.90	0.033	0.0008	1.23	0.01	0.9	620±20	634±10	638±12	662±16	2.9	я.
11	720-2-18	0.0605	0.0006	0.849	0.0183	0.1018	0.0021	0.90	0.033	0.0008	1.12	0.01	0.9	621±20	624±10	625±12	655±16	0.6	о.
12	720-2-19	0.0604	0.0006	0.861	0.0205	0.1035	0.0021	0.86	0.034	0.0009	1.62	0.01	0.9	617±22	631±11	635±12	684±18	2.9	я.
13	721-3-1	0.0603	0.0006	0.846	0.0188	0.1017	0.0021	0.90	0.032	0.0008	9.7	0.01	0.9	614±20	622±10	624±13	635±16	1.6	о.
14	721-3-1A	0.0613	0.0006	0.859	0.0189	0.1016	0.0021	0.90	0.034	0.0008	3.83	0.01	0.9	650±20	630±10	624±12	671±16	-4.0	о.
15	721-3-2	0.06	0.0006	0.839	0.0202	0.1013	0.0022	0.88	0.032	0.0008	3.19	0.01	0.9	605±22	618±11	622±13	627±16	2.8	о.
16	721-3-3	0.0606	0.0006	0.848	0.0182	0.1016	0.0021	0.90	0.033	0.0008	8.48	0.01	0.9	624±19	624±10	624±12	655±16	0.0	о.
17	721-3-3A	0.0601	0.0006	0.844	0.0182	0.1019	0.0021	0.90	0.032	0.0008	9.84	0.02	0.9	607±20	622±10	625±12	641±16	3.0	о.
18	721-3-4	0.0609	0.0006	0.84	0.0183	0.1	0.0021	0.90	0.032	0.0008	4.07	0.01	0.9	636±20	619±10	614±12	629±15	-3.5	о.
19	721-3-5	0.0614	0.0006	0.856	0.0183	0.1011	0.0021	0.90	0.032	0.0008	4.81	0.01	0.9	652±19	628±10	621±12	642±16	-4.8	о.

Примечание: Погрешности приведены на уровне 1σ. Rho – коэффициент корреляции ошибок отношений, D – дикордантность. я. – ядро; о. – оболочка; а. – анатектический.

Приложение 4. Содержания петрогенных (мас.%) и редких (ppm) элементов в породах Кичерской зоны БМП.

<b>Раннебайкальский комплекс</b>						
<b>Образец</b>	47-3//12	47-4//12	47-5//12	43-9/12	БК-3/06	АН-26-2
<b>Порода</b>	амфиболит	амфиболит	амфиболит	габбро-амиболит	амфиболит	амфиболит
<b>SiO<sub>2</sub></b>	50.88	48.82	47.26	53.31	49.8	47.88
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0.59	0.93	1.07	0.91	1.32	1.42
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	15.63	14.63	14.63	16.54	16.3	16.9
<b>FeO*</b>	10.01	14.12	14.89	7.86	10.4	11.35
<b>MnO</b>	0.155	0.244	0.249	0.109	0.165	0.173
<b>MgO</b>	6.89	6.23	6.27	5.82	6.58	5.81
<b>CaO</b>	8.61	9.26	10.18	7.73	9.1	9.91
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	2.26	2.48	2.56	3.81	3.43	3.21
<b>K<sub>2</sub>O</b>	2.5	0.9	0.66	1.5	1.56	1.14
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.11	0.18	0.2	0.4	0.24	0.2
<b>V</b>	212	447	477	198	248	238
<b>Cr</b>	159	62.6	31.6	135	111	46.8
<b>Co</b>	32.3	36.3	34.3	24.4	36.9	41.6
<b>Ni</b>	57.8	15.2	11.5	75.6	35.8	41.7
<b>Cu</b>	28.3	40.6	38.1	65.5	43.2	75.9
<b>Zn</b>	79.6	108	102	78.9	235	85.7
<b>Ga</b>	14.1	17.2	19.2	19.2	18.8	19.1
<b>Rb</b>	28.6	10.3	7.86	32.8	15.5	20
<b>Sr</b>	241	530	587	598	399	645
<b>Y</b>	24.3	21.1	18.4	26.7	28.1	43
<b>Zr</b>	90	118	55.3	185	124	131
<b>Nb</b>	3.62	3.18	2.1	5.8	4.99	3.72
<b>Ba</b>	637	196	151	609	413	203
<b>La</b>	19.1	11.3	10.2	25.2	13.6	11.3
<b>Ce</b>	37.9	24.5	21.8	52.6	30.9	26.9
<b>Pr</b>	4.77	3.41	2.92	7.09	4.44	4.02
<b>Nd</b>	18.5	14.8	12.3	32.4	18.8	17.2
<b>Sm</b>	3.9	3.22	2.67	7.17	4.24	4.58
<b>Eu</b>	1.13	1.01	1.2	1.91	1.61	1.72
<b>Gd</b>	4.37	3.62	2.96	6.67	4.95	5.09
<b>Tb</b>	0.67	0.63	0.52	0.96	0.83	0.81
<b>Dy</b>	4.18	4.14	3.29	5.34	5.24	5.45
<b>Ho</b>	0.8	0.75	0.67	1	1.1	1.09
<b>Er</b>	2.4	2.38	1.99	2.96	3.29	3.24
<b>Tm</b>	0.36	0.32	0.3	0.38	0.4	0.48
<b>Yb</b>	2.51	2.15	2.12	2.37	3.28	3.02
<b>Lu</b>	0.38	0.32	0.27	0.33	0.4	0.46
<b>Hf</b>	2.1	3.01	1.35	4.6	3.23	2.9
<b>Ta</b>	0.16	0.21	0.12	0.37	0.3	0.23
<b>Pb</b>	8.12	11.3	8.21	10.9	5.24	3.92
<b>Th</b>	0.68	0.29	0.19	1.02	0.74	0.62
<b>U</b>	0.15	0.13	0.11	0.39	0.15	0.17

## Приложение 4. Продолжение.

<b>Раннебайкальский комплекс</b>						
<b>Образец</b>	08-6/12*	AN-04	R15-39/1	БК-1/06	БК-4/06	БК-5/06
<b>Порода</b>	амфиболит	амфиболит	амфиболит	амфиболит	амфиболит	амфиболит
<b>SiO<sub>2</sub></b>	47.07	48.77	52.03	50.8	52	52
<b>TiO<sub>2</sub></b>	1.5	1.13	1.06	1.28	1.27	0.78
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	16	17.07	14.43	16.4	16	15.5
<b>FeO*</b>	11.03	14.13	12.54	10	9.67	9.12
<b>MnO</b>	0.155	0.263	0.2	0.172	0.188	0.198
<b>MgO</b>	7.48	2.82	5.66	6.25	5.58	5.2
<b>CaO</b>	10.15	10.67	8.57	8.76	9.45	9.5
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	2.73	3.65	2.59	3.69	3.8	3.68
<b>K<sub>2</sub>O</b>	1.72	0.53	0.52	1.22	0.44	0.59
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.3	0.22	0.22	0.26	0.25	0.37
<b>V</b>	228	314	274	248	221	166
<b>Cr</b>	150	49.2	113	115	104	118
<b>Co</b>	35.6	36.6	38.4	33.5	26.4	19.9
<b>Ni</b>	68.1	31.9	35.8	34.7	27.2	29.2
<b>Cu</b>	36.9	16.9	75.2	67.3	46.9	35.6
<b>Zn</b>	92.4	131	126	90.5	97.5	89.6
<b>Ga</b>	16.2	17.7	20.3	18.2	18.8	19.7
<b>Rb</b>	30.7	6.05	4.18	14.3	3.21	16.2
<b>Sr</b>	402	412	341	372	395	476
<b>Y</b>	34	23	37.5	39.6	59.7	35.4
<b>Zr</b>	109	105	185	120	160	150
<b>Nb</b>	3.81	8	4.73	6.33	10	6.54
<b>Ba</b>	354	225	452	267	178	263
<b>La</b>	13.5	14.1	30.1	16.7	20.5	21.6
<b>Ce</b>	30.9	27.4	69.6	39.4	49.9	48.5
<b>Pr</b>	4.4	3.51	8.98	5.85	7.34	6.94
<b>Nd</b>	19.8	14.8	36.9	24.8	32.5	30.2
<b>Sm</b>	4.57	3.21	7.51	5.37	7.26	5.91
<b>Eu</b>	1.62	1.23	1.98	1.66	1.63	1.73
<b>Gd</b>	5.03	3.6	7.26	6.1	8.55	6.7
<b>Tb</b>	0.73	0.58	1.18	1.09	1.46	1.08
<b>Dy</b>	4.48	3.64	7.07	7.33	10.6	6.86
<b>Ho</b>	0.91	0.72	1.49	1.47	2.25	1.29
<b>Er</b>	2.62	2.07	4.21	5.09	7.35	4.01
<b>Tm</b>	0.35	0.32	0.62	0.65	0.99	0.63
<b>Yb</b>	2.35	2.31	4.08	4.46	7.02	4.26
<b>Lu</b>	0.38	0.32	0.61	0.57	1.02	0.58
<b>Hf</b>	2.45	2.5	4	3.07	3.7	3.3
<b>Ta</b>	0.22	0.24	0.19	0.3	0.41	0.3
<b>Pb</b>	6.98	20.4	4.87	9.61	10.9	10.2
<b>Th</b>	0.26	1.32	0.16	0.51	0.34	0.57
<b>U</b>	0.1	0.27	0.1	0.13	0.1	0.13

## Приложение 4. Продолжение.

Раннебайкальский комплекс						
Образец	AN-17-2	07-1/12*	07-3/12*	7-3/126	AN-24-1	08-11/12*
Порода	чарнокито-гнейс	чарнокито-гнейс	чарнокито-гнейс	чарнокито-гнейс	чарнокито-гнейс	чарнокито-гнейс
SiO2	61.94	61	63.65	61.38	66.95	63.56
TiO2	0.86	0.88	0.75	0.85	0.55	0.74
Al2O3	16.15	16.38	16.23	15.37	15.43	15.2
FeO*	7.13	7.25	5.93	7.8	4.85	6.73
MnO	0.153	0.154	0.135	0.179	0.113	0.165
MgO	1.76	1.91	1.47	2.09	1.01	1.74
CaO	5.36	4.26	5.02	6.14	3.61	5.11
Na2O	4.4	4.42	4.44	4.41	4.78	4.25
K2O	1.12	1.13	1.14	0.99	1.42	1.07
P2O5	0.4	0.29	0.35	0.39	0.27	0.33
V	58.6	55.1	51	72.3	44.1	53.2
Cr	12.1	14.9	11.3	12	17	11
Co	9.24	9.78	7.65	11.9	6.45	7.58
Ni	10.7	11.3	10.1	6.95	12.6	10.5
Cu	7.51	18.1	20.2	9.49	11.7	7.06
Zn	77.1	81.6	76.1	102	59.8	70.8
Ga	16.7	16.5	15.9	19.7	14.8	15.6
Rb	8	21	9	9.8	19	10.7
Sr	320	351	320	364	253	295
Y	49	49	41	40.5	31	40.3
Zr	176	200	175	252	167	157
Nb	10	10	8	10.4	11	8.63
Ba	482	584	552	557	887	414
La	21.1	23.9	19.4	25.4	23	20.3
Ce	46.1	49.2	41.3	53.4	44.1	44.4
Pr	6.3	6.43	5.51	6.87	5.31	5.9
Nd	26.9	28	23.9	29.3	20.3	25
Sm	6.3	6.27	5.48	6.67	4.68	5.9
Eu	1.8	1.74	1.7	2.06	1.47	1.88
Gd	6.95	6.39	5.92	6.51	4.96	6.31
Tb	1.01	0.98	0.85	1.12	0.73	1.02
Dy	6.5	6.08	5.23	6.65	4.52	6.66
Ho	1.44	1.41	1.21	1.47	0.95	1.35
Er	4.14	3.9	3.35	4.34	2.91	4.17
Tm	0.63	0.55	0.47	0.7	0.45	0.61
Yb	3.77	3.68	3.07	4.33	2.6	4.18
Lu	0.6	0.61	0.49	0.64	0.46	0.66
Hf	4.64	4.98	4.24	6.25	4.57	3.82
Ta	0.41	0.34	0.37	0.44	0.23	0.33
Pb	4.68	4.23	3.85	7.13	5.43	6.06
Th	0.22	0.22	0.2	0.27	0.43	0.16
U	0.1	0.1	0.1	0.12	0.12	0.1

## Приложение 4. Продолжение.

Раннебайкальский комплекс						
Образец	08-1/12*	03-2/13*	08-02/12*	08-04/12*	08-7/12*	08-09/12*
Порода	чарнокито-гнейс	чарнокито-гнейс	чарнокито-гнейс	чарнокито-гнейс	чарнокито-гнейс	чарнокито-гнейс
SiO2	61.27	64.04	65.92	65.04	61.8	59.72
TiO2	0.89	0.7	0.62	0.6	0.87	0.85
Al2O3	16.49	16.58	15.63	15.46	16.38	16.61
FeO*	7.07	5.81	5.21	5.87	6.99	7.27
MnO	0.173	0.15	0.132	0.138	0.17	0.157
MgO	1.65	1.48	1.5	1.45	1.83	1.84
CaO	5.52	4.3	4.06	3.82	5.22	6
Na2O	4.58	4.12	4.65	4.79	4.1	4.86
K2O	1.09	1.28	0.95	1.37	1.35	0.96
P2O5	0.36	0.21	0.25	0.24	0.3	0.34
V	61.1		43.6	42.4	58.6	55.7
Cr	12.2		11.9	10.5	24.1	11.3
Co	9.33		6.57	7	8.88	8.89
Ni	11.6		11.6	10.4	10.4	10.2
Cu	18.4		14.5	15.3	21.5	16.8
Zn	93.1		67.1	70.9	84.4	83.6
Ga	17.5		15.3	14.8	17.1	15.9
Rb	9		9	18	13	7.7
Sr	331		304	284	324	306
Y	58		36	38	53	34.3
Zr	196		190	173	177	252
Nb	10.3		10	10	11.1	9.57
Ba	529		543	777	571	359
La	24		21	24.5	25.2	20.8
Ce	51.6		42.6	48.1	53.5	43.7
Pr	7.01		5.41	5.73	6.92	5.58
Nd	30.9		22.8	22.8	29.6	23.4
Sm	7.32		5.31	5.08	6.92	5.43
Eu	1.79		1.67	1.39	1.8	1.77
Gd	8.01		5.52	5.47	7.63	5.99
Tb	1.22		0.75	0.79	1.12	0.87
Dy	7.54		5.02	4.73	7.08	5.78
Ho	1.67		1.11	1.04	1.49	1.19
Er	4.5		3.01	3.03	4.24	3.46
Tm	0.68		0.44	0.46	0.64	0.49
Yb	4.25		3.09	3.14	4.36	3.48
Lu	0.74		0.44	0.53	0.65	0.56
Hf	4.42		4.36	5.31	4.72	6.61
Ta	0.42		0.22	0.3	0.47	0.4
Pb	5.44		4.98	6.64	6.9	5.29
Th	0.24		0.26	0.19	0.83	0.17
U	0.12		0.1	0.13	0.1	0.18

## Приложение 4. Продолжение.

Раннебайкальский комплекс						
Образец	12-5/16*	12-8/16*	06-03/12*	08-05/12*	54-4/17-3	30-1/11*
Порода	эндербито-гнейс	эндербито-гнейс	эндербито-гнейс	эндербито-гнейс	эндербито-гнейс	гнейсо-гранит
SiO <sub>2</sub>	66.24	60.22	58.04	59.12	52.61	68.57
TiO <sub>2</sub>	0.02	0.31	0.84	0.53	0.73	0.45
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.95	20.93	22.16	19.6	19.96	15.71
FeO*	1.13	2.72	5.29	4.76	7.17	3.19
MnO	0.03	0.04	0.06	0.151	0.15	0.075
MgO	1.45	1.66	1.54	0.97	4.33	1.5
CaO	3.66	4.5	0.6	4.87	5.25	2.76
Na <sub>2</sub> O	5.95	6.06	3.04	6.58	4.92	5.21
K <sub>2</sub> O	1.58	2.19	5.52	1.65	2.39	0.72
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.09	0.12	0.19	0.25	0.08	0.27
V	8.9	32.7	25.6	39.4	113	34.3
Cr	16	6.79	14.3	12.4	127	21.3
Co	1.14	2.41	5.78	6.94	20.2	6.71
Ni	8.01	4.03	12.6	11.1	50.3	13.8
Cu	7.45	8.88	9.58	14.1	7.51	31.6
Zn	18.7	23.7	90.2	67.3	113	41.4
Ga	13.9	16.8	23	18	17.1	17
Rb	15.5	35.5	113	19	51	5
Sr	259	337	147	380	325	403
Y	9.57	12.9	73	64	21.2	14
Zr	26.4	187	395	154	120	129
Nb	0.56	5.4	20.2	7.98	7.06	5
Ba	623	723	2148	663	1030	796
La	21	41	63.6	33.4	17.9	27.4
Ce	34.2	67.8	122	70.2	34.3	51.2
Pr	3.59	6.78	15.5	8.68	4.38	5.77
Nd	12.3	22.3	59.2	34.2	17.5	21.8
Sm	2.33	3.39	12.5	7.52	3.79	3.91
Eu	0.77	1.09	2.82	1.76	1.25	1.36
Gd	2.07	2.82	12.3	8.06	3.64	3.31
Tb	0.32	0.4	1.63	1.15	0.59	0.45
Dy	1.84	2.31	9.39	7.17	3.7	2.31
Ho	0.36	0.45	2.03	1.56	0.77	0.38
Er	0.92	1.33	5.64	4.51	2.34	1.18
Tm	0.14	0.21	0.79	0.63	0.37	0.17
Yb	0.84	1.36	4.89	4.56	2.46	1.14
Lu	0.12	0.21	0.83	0.69	0.36	0.21
Hf	0.71	4.92	10.6	4.94	3	3.78
Ta	0.1	0.31	1.03	0.39	0.32	0.14
Pb	8.04	7.59	13.2	10	10.2	6.96
Th	0.64	4.19	19	1.83	0.36	0.71
U	0.17	0.53	0.63	0.42	0.1	0.18

## Приложение 4. Продолжение.

<b>Раннебайкальский комплекс</b>						
<b>Образец</b>	30-4/13*	45-01/12	2/10-04*	AN-03	1/10-1*	AN-05-1
<b>Порода</b>	гнейсо-гранит	гнейсо-гранит	гнейсо-гранит	гнейсо-гранит	гнейсо-гранит	гнейсо-гранит
<b>SiO2</b>	65.78	75.88	73.9	73.64	71.9	71.24
<b>TiO2</b>	0.53	0.17	0.35	0.32	0.39	0.37
<b>Al2O3</b>	16.02	12.32	11.9	13.55	13.2	14.24
<b>FeO*</b>	4.9	2.16	3.27	2.36	2.94	3.18
<b>MnO</b>	0.11	0.048	0.059	0.066	0.057	0.1
<b>MgO</b>	1.1	0.11	0.82	0.41	1.23	0.76
<b>CaO</b>	3.8	0.93	3.62	1.98	2.99	1.88
<b>Na2O</b>	4.27	3.3	3.51	4.83	4.17	4.32
<b>K2O</b>	1.32	4.17	1.07	1.32	1.63	2.59
<b>P2O5</b>	0.19	0.02	0.19	0.13	0.1	0.15
<b>V</b>	33.7	5.47	34.5	15.9	28.3	17.4
<b>Cr</b>	17.9	15.9	13	14.1	17.2	15.8
<b>Co</b>	5.87	1.09	4.74	2.16	5.12	3.12
<b>Ni</b>	16.6	11	12.7	12.9	14.8	12.9
<b>Cu</b>	5.97	8.86	13	7.3	33.4	5.53
<b>Zn</b>	47.4	26.7	34.4	59.5	46	61.8
<b>Ga</b>	16	13.8	12.4	13.7	13.4	14.5
<b>Rb</b>	14.9	57	10.2	26	15.9	38
<b>Sr</b>	442	122	314	209	325	184
<b>Y</b>	21.5	64	23	34	11.8	21
<b>Zr</b>	215	231	210	184	183	183
<b>Nb</b>	4.78	10	7.3	8	5.67	10
<b>Ba</b>	1230	2536	644	517	1130	1123
<b>La</b>	21.6	66.2	18.4	34.1	28	27.5
<b>Ce</b>	42.4	122	37.9	69.9	50.2	51.2
<b>Pr</b>	5.12	12.8	4.48	8.31	5.28	5.93
<b>Nd</b>	22.2	43.6	17.7	31.8	19.2	22.9
<b>Sm</b>	4.55	8.73	3.63	6.48	3.13	4.54
<b>Eu</b>	1.53	2.06	1.02	1.26	1.22	1.38
<b>Gd</b>	3.87	10	3.39	6.66	2.77	4.46
<b>Tb</b>	0.65	1.6	0.64	0.92	0.42	0.57
<b>Dy</b>	4.01	10.7	3.88	5.33	2.14	3.39
<b>Ho</b>	0.76	2.37	0.84	1.12	0.45	0.69
<b>Er</b>	2.21	6.93	2.43	2.98	1.25	2.05
<b>Tm</b>	0.34	1.05	0.36	0.45	0.17	0.31
<b>Yb</b>	2.1	6.43	2.41	3.04	1.15	2.06
<b>Lu</b>	0.33	0.99	0.39	0.48	0.21	0.37
<b>Hf</b>	4.57	6.8	5.19	4.32	4.39	5.82
<b>Ta</b>	0.16	0.2	0.18	0.38	0.12	0.1
<b>Pb</b>	5.94	13.4	6.31	14.4	13.7	10.4
<b>Th</b>	0.32	15	0.76	11	3.15	7
<b>U</b>	0.15	0.71	0.23	0.58	0.15	0.34

## Приложение 4. Продолжение.

Раннебайкальский комплекс							
Образец	AN-34-1	06-5/12*	AN-27-1	AN-01-3	БК-2/04	AN-26-1	AN-17-1
Порода	гнейсо-гранит	гнейсо-гранит	гнейсо-гранит	гнейсо-гранит	гнейсо-гранит	гнейсо-гранит	гнейсо-гранит
SiO2	70.5	70.21	69.63	67.91	75.5	74.79	73.53
TiO2	0.4	0.44	0.44	0.68	0.22	0.13	0.13
Al2O3	14.77	14.82	14.72	13.59	12.7	13.97	13.84
FeO*	3.24	2.87	3.97	5.51	2.03	1.11	1.94
MnO	0.067	0.06	0.077	0.113	0.047	0.011	0.083
MgO	0.66	0.41	0.73	1.52	0.37	0.21	0.76
CaO	1.35	1.72	2.22	3.3	1.33	0.32	1.53
Na2O	4.81	5.66	4.57	4.03	3.07	3.62	3.31
K2O	2.46	1.87	2.42	0.96	3.98	4.9	3.6
P2O5	0.14	0.12	0.15	0.3	0.07	0.02	0.06
V	18.2	21.1	20.1	55.5	17.1	7.95	5.36
Cr	16.7	11.3	14.5	14.9	16.9	9.08	10.3
Co	3.54	2.95	3.89	6.79	2.81	1.03	1.74
Ni	13.4	10.5	12.2	12.1	8.65	10.5	10.4
Cu	11.9	24.1	6.65	9.95	4.09	4.73	4.8
Zn	38.1	46.2	85.8	67.2	23.4	17.6	69
Ga	14.9	15	15.7	13	12.8	11.5	15.7
Rb	60	37	65	18	89.7	98	80
Sr	214	198	183	323	125	61	120
Y	33	29	24	36	24.8	16	24
Zr	194	246	191	195	122	97	150
Nb	11	6.66	11	5	7.19	7	11
Ba	816	1054	835	575	1200	932	937
La	30.5	33.7	22.9	30.2	42.4	36.2	52.1
Ce	60.9	62.3	44.1	55.3	85.7	67.7	99.7
Pr	6.92	7.33	5.21	6.12	9.25	7.23	10.9
Nd	26.3	26.1	19.8	23.4	33.2	23.5	38.8
Sm	5.82	5.5	4.55	4.53	5.62	4.43	7.37
Eu	1.35	1.58	1.53	1.42	0.79	0.55	0.95
Gd	5.91	5.28	4.7	5.12	5.25	4.21	6.82
Tb	0.86	0.67	0.68	0.77	0.83	0.52	0.82
Dy	5.43	3.77	4.02	5.29	4.64	2.61	3.96
Ho	1.05	0.83	0.77	1.09	0.9	0.47	0.8
Er	3.28	2.32	2.13	3.37	2.45	1.35	2.24
Tm	0.45	0.33	0.28	0.51	0.36	0.19	0.34
Yb	2.6	2.23	1.72	3.78	2.44	1.36	2.36
Lu	0.44	0.32	0.3	0.63	0.37	0.25	0.4
Hf	5.34	6.12	5.28	5.02	3.6	4.29	4.14
Ta	0.27	0.19	0.17	0.18	0.41	0.1	0.2
Pb	9.09	8.24	9.8	14.5	13.5	3.81	24.7
Th	6	5.93	2.25	1.08	11.9	10	20
U	0.33	0.29	0.18	0.31	0.52	0.51	0.31

## Приложение 4. Продолжение.

<b>Нюрндуканский комплекс Богучанской пластины</b>						
<b>Образец</b>	<b>R15-28/5</b>	<b>34-5/12</b>	<b>34-6/12</b>	<b>6/5-11*</b>	<b>R15-28/2</b>	<b>6/6-11*</b>
<b>Порода</b>	<b>Срх-Орх кр.сл.</b>	<b>Срх-Орх кр.сл.</b>	<b>Срх-Орх кр.сл.</b>	<b>метагаббро</b>	<b>амфиболит</b>	<b>амфиболит</b>
<b>SiO2</b>	47.14	47.9	48.37	46.16	48.11	47.66
<b>TiO2</b>	1.97	1.61	1.63	1.17	1.69	1.86
<b>Al2O3</b>	16.49	16.42	15.96	11.6	16.88	17.22
<b>FeO*</b>	10.458	10.233	10.17	11.781	9.846	9.576
<b>MnO</b>	0.17	0.171	0.182	0.2	0.16	0.2
<b>MgO</b>	7.25	7.18	7.25	17.64	8.24	6.66
<b>CaO</b>	9.76	9.9	9.85	7.19	9.98	10.57
<b>Na2O</b>	2.7	3.05	3.2	1.41	2.71	3.45
<b>K2O</b>	1.04	0.57	0.87	0.57	0.62	0.63
<b>P2O5</b>	0.36	0.29	0.3	0.19	0.28	0.37
<b>V</b>	255.00	249.00	237.00	161.00	196.00	265.00
<b>Cr</b>	163.00	145.00	114.00	595.00	141.00	153.00
<b>Co</b>	38.90	50.20	40.60	80.30	42.00	39.40
<b>Ni</b>	98.90	60.00	66.80	320.00	111.00	75.40
<b>Cu</b>	46.40	62.50	32.50	24.20	48.30	33.40
<b>Zn</b>	81.90	80.30	94.90	96.10	73.60	96.40
<b>Ga</b>	17.50	18.50	18.60	13.60	16.60	19.80
<b>Rb</b>	8.66	4.00	8.00	8.00	3.60	5.00
<b>Sr</b>	583.00	568.00	489.00	397.00	422.00	527.00
<b>Y</b>	30.40	33.00	37.00	21.00	24.90	32.00
<b>Zr</b>	108.00	126.00	140.00	107.00	105.00	125.00
<b>Nb</b>	7.99	7.00	8.00	9.00	7.81	11.00
<b>Ba</b>	362.00	254.00	270.00	230.00	171.00	236.00
<b>La</b>	16.60	19.10	17.80	11.50	13.50	17.30
<b>Ce</b>	37.00	39.30	38.60	28.30	31.20	42.20
<b>Pr</b>	5.44	5.54	5.49	3.91	4.33	5.71
<b>Nd</b>	23.80	25.50	24.10	17.30	18.90	25.00
<b>Sm</b>	5.33	5.49	5.58	3.72	4.46	5.77
<b>Eu</b>	1.81	1.67	1.65	1.09	1.48	1.78
<b>Gd</b>	5.67	5.58	5.67	3.52	4.75	5.80
<b>Tb</b>	0.94	0.85	0.90	0.62	0.80	0.94
<b>Dy</b>	5.77	5.36	5.62	3.86	4.72	5.77
<b>Ho</b>	1.14	1.05	1.12	0.78	0.97	1.20
<b>Er</b>	3.10	3.09	3.32	2.17	2.71	3.33
<b>Tm</b>	0.44	0.50	0.50	0.37	0.39	0.48
<b>Yb</b>	2.97	2.84	3.08	1.88	2.52	2.74
<b>Lu</b>	0.46	0.44	0.48	0.29	0.39	0.48
<b>Hf</b>	2.97	3.24	3.65	2.36	2.80	3.22
<b>Ta</b>	0.48	0.61	0.66	0.44	0.66	0.60
<b>Pb</b>	4.01	2.42	5.15	3.86	4.44	6.58
<b>Th</b>	0.12	0.28	0.55	0.57	0.60	0.25
<b>U</b>	0.12	0.14	0.19	0.14	0.25	0.13

## Приложение 4. Продолжение.

<b>Нюрндуканский комплекс Богучанской пластины</b>						
<b>Образец</b>	6/9-11*	6/10-11*	36-1/12	35-1/12	4-1/11*	АН-36-1
<b>Порода</b>	амфиболит	амфиболит	габбро-норит	метагаббро	метагаббро	амфиболит
<b>SiO<sub>2</sub></b>	46.54	49.06	46.2	46.92	48.22	49.15
<b>TiO<sub>2</sub></b>	1.87	1.24	2.16	2.24	1.72	1.74
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	16.82	14.09	15.71	15.39	16.48	16.22
<b>FeO*</b>	10.269	9.936	11.664	11.718	9.513	9.801
<b>MnO</b>	0.2	0.2	0.177	0.204	0.159	0.153
<b>MgO</b>	7.22	8.43	7.04	6.87	7.71	5.78
<b>CaO</b>	11.31	10.3	10.09	9.6	8.49	9.18
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	3.22	3	2.98	2.99	3.1	3.17
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0.39	0.64	0.4	0.7	2.06	1.56
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.38	0.25	0.45	0.46	0.28	0.3
<b>V</b>	285.00	226.00	334.00	278.00	325.00	258.00
<b>Cr</b>	149.00	137.00	172.00	135.00	53.90	133.00
<b>Co</b>	39.90	36.30	49.90	43.10	44.20	37.30
<b>Ni</b>	63.80	67.50	69.00	67.20	26.50	36.60
<b>Cu</b>	33.20	35.30	51.50	40.50	28.60	86.80
<b>Zn</b>	109.00	84.20	136.00	105.00	127.00	95.90
<b>Ga</b>	20.50	18.90	23.00	20.00	23.90	20.20
<b>Rb</b>	2.00	13.00	2.00	5.58	37.00	39.50
<b>Sr</b>	741.00	526.00	724.00	423.00	515.00	430.00
<b>Y</b>	28.00	32.00	39.00	36.10	40.70	28.30
<b>Zr</b>	130.00	114.00	227.00	214.00	154.00	174.00
<b>Nb</b>	7.00	9.00	6.39	9.39	12.00	12.30
<b>Ba</b>	344.00	269.00	396.00	317.00	175.00	185.00
<b>La</b>	17.50	16.00	20.50	18.90	28.40	17.80
<b>Ce</b>	40.90	37.00	50.20	42.90	64.00	38.60
<b>Pr</b>	5.73	5.03	7.71	6.11	8.39	5.21
<b>Nd</b>	26.40	21.90	34.50	28.60	35.90	23.00
<b>Sm</b>	5.94	4.79	7.73	7.20	8.05	5.34
<b>Eu</b>	2.03	1.48	2.53	2.31	2.37	1.83
<b>Gd</b>	6.19	5.04	8.21	6.70	7.95	5.62
<b>Tb</b>	0.98	0.72	1.21	1.06	1.20	0.92
<b>Dy</b>	6.06	4.91	7.46	6.43	7.56	5.32
<b>Ho</b>	1.16	1.03	1.43	1.27	1.49	1.09
<b>Er</b>	3.65	3.03	4.02	3.69	3.99	2.98
<b>Tm</b>	0.50	0.49	0.50	0.58	0.61	0.41
<b>Yb</b>	3.31	2.73	3.40	3.49	3.36	2.45
<b>Lu</b>	0.54	0.45	0.54	0.44	0.51	0.40
<b>Hf</b>	3.27	3.07	5.70	5.20	4.60	4.31
<b>Ta</b>	0.54	0.49	0.42	0.64	1.16	0.83
<b>Pb</b>	8.03	5.00	2.88	7.24	6.74	7.31
<b>Th</b>	0.10	0.30	0.10	0.18	1.69	1.83
<b>U</b>	0.14	0.12	0.10	0.14	0.66	0.57

## Приложение 4. Продолжение.

<b>Нюрундуканский комплекс Богучанской пластины</b>						
<b>Образец</b>	4/2-11*	5/4-11*	R15-33/1a	R15-33/1б	R15-33/1в	11-1//11
<b>Порода</b>	амфиболит	метагаббро	метагаббро	метагаббро	метагаббро	Вт-Амп гнейс
<b>SiO<sub>2</sub></b>	47.14	48.35	48.39	47.2	48.55	50.52
<b>TiO<sub>2</sub></b>	2.2	2.03	2.65	2.52	2.07	2.08
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	15.4	16.45	15.78	16.11	16.74	15.31
<b>FeO*</b>	10.575	9.864	11.466	10.926	10.413	10.296
<b>MnO</b>	0.2	0.2	0.19	0.2	0.17	0.189
<b>MgO</b>	6.46	6.53	5.98	6.28	6.76	6.04
<b>CaO</b>	8.45	8.28	7.96	8.12	8.84	8.13
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	3.29	3.13	3.34	3.12	3.09	3.43
<b>K<sub>2</sub>O</b>	1.55	2.01	1.87	1.71	1.42	1.28
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.35	0.29	0.38	0.34	0.26	0.43
<b>V</b>	256.00	223.00	269.00	252.00	248.00	285.00
<b>Cr</b>	62.90	47.30	28.90	29.10	59.80	67.60
<b>Co</b>	43.40	39.10	40.60	41.90	41.30	46.00
<b>Ni</b>	47.50	41.50	38.60	45.50	46.30	60.90
<b>Cu</b>	25.30	20.40	23.20	23.80	19.70	43.70
<b>Zn</b>	105.00	107.00	116.00	117.00	96.40	107.00
<b>Ga</b>	22.30	20.50	19.40	19.00	19.30	21.80
<b>Rb</b>	37.00	43.00	47.70	41.20	33.70	21.60
<b>Sr</b>	515.00	425.00	414.00	380.00	426.00	436.00
<b>Y</b>	25.00	28.00	32.40	31.20	31.60	31.00
<b>Zr</b>	200.00	158.00	152.00	165.00	150.00	156.00
<b>Nb</b>	14.80	11.50	13.50	13.40	10.50	17.40
<b>Ba</b>	175.00	287.00	274.00	256.00	226.00	515.00
<b>La</b>	22.10	17.60	19.50	17.60	16.50	17.30
<b>Ce</b>	49.80	39.40	43.20	39.90	37.90	38.80
<b>Pr</b>	6.67	5.11	5.78	5.39	5.13	5.62
<b>Nd</b>	28.80	22.30	25.10	23.40	21.90	24.90
<b>Sm</b>	6.22	4.71	5.77	5.61	5.16	6.31
<b>Eu</b>	2.25	1.64	1.96	1.91	1.71	2.10
<b>Gd</b>	6.31	4.93	6.20	5.94	5.57	6.05
<b>Tb</b>	0.98	0.82	1.01	0.96	0.93	1.02
<b>Dy</b>	6.07	4.64	6.06	5.83	5.68	5.81
<b>Ho</b>	1.18	0.90	1.21	1.18	1.16	1.12
<b>Er</b>	3.22	2.67	3.24	3.18	3.18	3.32
<b>Tm</b>	0.51	0.40	0.46	0.45	0.47	0.48
<b>Yb</b>	3.22	2.16	2.99	3.04	3.23	2.92
<b>Lu</b>	0.38	0.32	0.46	0.45	0.49	0.47
<b>Hf</b>	4.70	3.84	4.64	4.03	3.72	4.17
<b>Ta</b>	0.99	0.79	0.94	0.95	0.81	0.64
<b>Pb</b>	7.31	10.80	7.94	4.18	5.17	3.86
<b>Th</b>	2.17	1.46	2.31	1.34	1.23	0.79
<b>U</b>	0.83	0.48	0.77	0.66	0.61	0.26

## Приложение 4. Продолжение.

<b>Нюрундуканский комплекс Богучанской пластины</b>						
<b>Образец</b>	2-1//12	ПК-2-1	л70-2	л73-4	11-3//11	2-6//12
<b>Порода</b>	Нбл-Срх гнейс	Нур гнейс	Срх-Орх кр.сл.	Срх-Орх кр.сл.	метагаббро	Срх-Орх кр.сл.
<b>SiO<sub>2</sub></b>	49.06	50.57	50.09	54.22	50.04	47.15
<b>TiO<sub>2</sub></b>	2.53	2.56	2.73	2.45	1.92	2.44
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	14.93	15.86	14.5	15.31	17.82	14.31
<b>FeO*</b>	11.484	10.692	9.954	9.243	8.595	12.447
<b>MnO</b>	0.19	0.171	0.18	0.16	0.139	0.209
<b>MgO</b>	5.98	4.82	6.22	4.61	5.31	7
<b>CaO</b>	9.06	8.02	8.78	6.96	9.73	10.32
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	3.27	3.94	3.23	3.79	3.29	3.05
<b>K<sub>2</sub>O</b>	1.53	1.45	1.62	2.03	0.95	0.78
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.37	0.45	0.47	0.39	0.47	0.48
<b>V</b>	267.00	273.00	270.00	233.00	230.00	309.00
<b>Cr</b>	46.10	49.30	175.00	26.30	99.60	93.80
<b>Co</b>	37.70	37.60	32.60	28.90	38.50	44.90
<b>Ni</b>	27.30	20.50	47.40	11.70	45.80	44.40
<b>Cu</b>	31.40	62.40	45.50	16.70	28.30	43.30
<b>Zn</b>	110.00	122.00	93.20	79.60	87.70	122.00
<b>Ga</b>	20.80	23.00	19.40	19.20	21.20	23.10
<b>Rb</b>	26.20	24.00	29.00	22.00	14.50	3.22
<b>Sr</b>	419.00	464.00	374.00	426.00	467.00	440.00
<b>Y</b>	36.00	46.00	46.00	36.00	34.70	38.90
<b>Zr</b>	243.00	252.00	222.00	261.00	224.00	289.00
<b>Nb</b>	16.00	21.60	20.90	15.80	14.00	15.90
<b>Ba</b>	257.00	501.00	577.00	768.00	320.00	286.00
<b>La</b>	25.30	34.40	26.50	30.50	25.20	23.60
<b>Ce</b>	59.20	74.60	59.00	62.20	58.40	56.00
<b>Pr</b>	7.99	9.88	7.64	7.41	7.84	7.76
<b>Nd</b>	32.50	42.40	31.90	30.20	31.40	33.80
<b>Sm</b>	7.22	9.31	7.48	6.72	6.88	7.72
<b>Eu</b>	2.35	2.62	2.19	2.21	1.95	2.61
<b>Gd</b>	7.54	8.54	7.64	6.74	7.13	8.05
<b>Tb</b>	1.10	1.33	1.24	1.06	0.97	1.14
<b>Dy</b>	6.82	7.81	7.45	6.36	6.56	7.42
<b>Ho</b>	1.33	1.59	1.50	1.24	1.23	1.52
<b>Er</b>	3.58	4.48	3.91	3.21	3.59	4.03
<b>Tm</b>	0.54	0.66	0.57	0.45	0.52	0.66
<b>Yb</b>	3.45	3.76	3.69	2.93	3.04	3.59
<b>Lu</b>	0.56	0.55	0.55	0.44	0.46	0.54
<b>Hf</b>	6.24	6.42	5.80	5.90	5.00	6.84
<b>Ta</b>	1.05	1.51	1.32	0.91	0.79	0.99
<b>Pb</b>	4.83	7.55	4.56	5.98	7.17	2.12
<b>Th</b>	0.62	1.47	0.84	0.60	0.58	0.45
<b>U</b>	0.53	0.51	0.26	0.31	0.31	0.20

## Приложение 4. Продолжение.

<b>Нюрундуканский комплекс Богучанской пластины</b>						
<b>Образец</b>	2-7/12*	2-10/12*	ПК-1-1	ПК-1-3	3-2//11	л73-8
<b>Порода</b>	Срх-Орх кр.сл.	Срх-Орх кр.сл.	метагаббро	м.габбро-норит	Амф гнейс	Срх-Орх кр.сл.
<b>SiO2</b>	48.36	48.68	48.61	48.94	49.84	51.85
<b>TiO2</b>	1.91	1.92	2.26	2.17	2.94	2.46
<b>Al2O3</b>	16.64	16.61	16.74	15.58	16.86	15.02
<b>FeO*</b>	9.855	9.918	10.44	10.683	10.413	10.035
<b>MnO</b>	0.158	0.162	0.17	0.185	0.177	0.18
<b>MgO</b>	6.67	6.59	5.87	6.4	3.86	6.21
<b>CaO</b>	9.75	9.78	9.24	9.7	8.99	8.32
<b>Na2O</b>	3.48	3.45	3.55	3.3	3.87	3.4
<b>K2O</b>	0.93	0.89	0.63	0.6	0.78	1.08
<b>P2O5</b>	0.36	0.36	0.36	0.34	0.65	0.33
<b>V</b>	246.00	251.00	255.00	234.00	325.00	261.00
<b>Cr</b>	103.00	98.00	123.00	108.00	53.90	58.50
<b>Co</b>	42.70	43.60	34.60	32.60	44.20	35.30
<b>Ni</b>	40.10	38.10	36.40	29.80	26.50	26.20
<b>Cu</b>	42.90	38.70	39.90	42.20	28.60	24.20
<b>Zn</b>	92.00	95.80	104.00	99.40	127.00	89.00
<b>Ga</b>	21.20	21.30	20.70	18.60	23.90	19.10
<b>Rb</b>	6.06	6.00	2.89	2.37	6.31	16.60
<b>Sr</b>	487.00	482.00	500.00	440.00	419.00	377.00
<b>Y</b>	36.00	42.00	39.00	41.00	40.70	35.10
<b>Zr</b>	212.00	217.00	253.00	204.00	208.00	183.00
<b>Nb</b>	14.80	16.00	11.00	11.00	18.40	15.00
<b>Ba</b>	329.00	317.00	420.00	320.00	219.00	294.00
<b>La</b>	27.70	29.00	21.00	19.00	28.40	21.50
<b>Ce</b>	58.20	66.40	46.10	43.60	64.00	46.00
<b>Pr</b>	7.88	9.01	6.69	6.47	8.39	6.21
<b>Nd</b>	32.50	37.60	28.40	25.70	35.90	25.60
<b>Sm</b>	6.69	7.89	6.86	6.19	8.05	6.24
<b>Eu</b>	2.04	2.48	2.35	2.17	2.37	1.92
<b>Gd</b>	6.48	7.73	6.66	6.62	7.95	6.59
<b>Tb</b>	1.06	1.20	1.02	0.98	1.20	1.08
<b>Dy</b>	6.09	6.61	6.40	6.19	7.56	6.43
<b>Ho</b>	1.21	1.40	1.22	1.25	1.49	1.31
<b>Er</b>	3.30	4.04	3.41	3.42	3.99	3.46
<b>Tm</b>	0.47	0.54	0.48	0.49	0.61	0.52
<b>Yb</b>	3.09	3.52	2.96	2.92	3.36	3.40
<b>Lu</b>	0.46	0.51	0.45	0.46	0.51	0.51
<b>Hf</b>	4.69	5.59	6.20	4.65	5.10	4.67
<b>Ta</b>	0.95	1.01	0.78	0.69	1.16	1.05
<b>Pb</b>	4.87	5.52	4.22	5.55	6.74	5.60
<b>Th</b>	0.60	0.62	0.28	0.37	1.69	0.66
<b>U</b>	0.34	0.29	0.20	0.18	0.66	0.22

## Приложение 4. Продолжение.

<b>Нюрондуканский комплекс Богучанской пластины</b>						
<b>Образец</b>	<b>ПК-1-4</b>	<b>2-17/12*</b>	<b>11-1/12*</b>	<b>АН-35-1</b>	<b>R14-11-2</b>	<b>9-5/13*</b>
<b>Порода</b>	<b>Нур гнейс</b>	<b>Срх-Нур гнейс</b>	<b>амфиболит</b>	<b>амфиболит</b>	<b>амфиболит</b>	<b>амфиболит</b>
<b>SiO2</b>	53.62	49.2	50.52	45.96	46.96	46.06
<b>TiO2</b>	1.88	2.62	2.08	2.09	2.46	2.32
<b>Al2O3</b>	16.44	15.39	15.31	15.15	16.4	16.54
<b>FeO*</b>	8.289	11.511	10.296	11.25	11.808	11.673
<b>MnO</b>	0.132	0.198	0.189	0.167	0.19	0.181
<b>MgO</b>	3.86	5.31	6.04	7.49	6.53	6.58
<b>CaO</b>	6.88	8.5	8.13	9.66	7.81	9.12
<b>Na2O</b>	4.22	3.62	3.43	2.81	3.05	2.98
<b>K2O</b>	1.65	1.08	1.28	1.09	1.42	1.13
<b>P2O5</b>	0.31	0.38	0.43	0.35	0.36	0.35
<b>V</b>	196.00	289.00	285.00	266.00	247.00	295.00
<b>Cr</b>	39.10	56.10	67.60	75.20	58.60	18.80
<b>Co</b>	27.50	40.20	46.00	42.80	45.10	44.50
<b>Ni</b>	21.30	26.50	60.90	69.50	77.00	54.10
<b>Cu</b>	26.80	45.40	43.70	19.30	25.30	26.50
<b>Zn</b>	85.00	113.00	107.00	103.00	98.40	71.60
<b>Ga</b>	20.60	21.40	21.80	20.80	18.80	20.50
<b>Rb</b>	11.00	14.00	21.60	16.40	34.00	19.10
<b>Sr</b>	491.00	445.00	436.00	485.00	417.00	517.00
<b>Y</b>	32.00	40.00	31.00	30.60	39.00	35.60
<b>Zr</b>	216.00	185.00	156.00	203.00	181.00	212.00
<b>Nb</b>	14.00	18.20	9.71	14.20	11.40	14.40
<b>Ba</b>	1077.00	405.00	515.00	293.00	445.00	267.00
<b>La</b>	30.40	26.00	17.30	21.30	20.10	21.50
<b>Ce</b>	62.40	55.70	38.80	46.00	42.60	51.00
<b>Pr</b>	8.08	7.22	5.62	6.22	5.90	7.32
<b>Nd</b>	31.20	33.00	24.90	25.20	25.20	32.90
<b>Sm</b>	6.78	7.05	6.31	6.22	5.88	7.22
<b>Eu</b>	2.24	2.57	2.10	2.03	1.92	1.97
<b>Gd</b>	6.66	7.00	6.05	6.06	6.33	6.27
<b>Tb</b>	0.93	1.09	1.02	1.02	1.03	1.04
<b>Dy</b>	5.54	6.32	5.81	5.61	6.31	6.23
<b>Ho</b>	1.06	1.26	1.12	1.14	1.25	1.13
<b>Er</b>	2.69	3.63	3.32	3.27	3.34	3.42
<b>Tm</b>	0.41	0.51	0.48	0.46	0.47	0.47
<b>Yb</b>	2.34	3.23	2.92	2.89	3.10	3.02
<b>Lu</b>	0.39	0.49	0.47	0.43	0.48	0.45
<b>Hf</b>	5.31	5.00	4.17	4.72	4.20	4.89
<b>Ta</b>	0.95	1.14	0.64	0.88	0.71	0.84
<b>Pb</b>	5.85	4.11	3.86	4.81	5.33	7.81
<b>Th</b>	0.90	0.63	0.79	1.97	1.08	0.94
<b>U</b>	0.32	0.23	0.26	0.67	0.30	0.59

## Приложение 4. Продолжение.

<b>Нюрундуканский комплекс Богучанской пластины</b>						
<b>Образец</b>	10-1/13*	ПК-1	л73-5	ПК-1-2	2-11/12*	R15-36/2
<b>Порода</b>	амфиболит	м.габбро-норит	Срх-Орх кр.сл.	метагаббро	Срх-Орх гнейс	амфиболит
<b>SiO<sub>2</sub></b>	48.25	47.24	51.39	54.22	49.93	46.53
<b>TiO<sub>2</sub></b>	2.28	2.12	1.82	1.71	2.48	3.15
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	15.84	16.68	18.13	16.72	16.41	14.74
<b>FeO*</b>	11.232	11.826	8.073	8.451	10.701	13.419
<b>MnO</b>	0.189	0.183	0.15	0.194	0.182	0.25
<b>MgO</b>	6.85	6.81	5.82	4.39	5.32	5.71
<b>CaO</b>	9.35	8.98	8.85	7.09	7.73	9.97
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	3.09	3.11	3.61	4.46	3.8	2.41
<b>K<sub>2</sub>O</b>	1.12	0.85	0.87	1.03	1.11	0.56
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.35	0.3	0.38	0.27	0.23	0.65
<b>V</b>	265.00	216.00	182.00	164.00	254.00	372.00
<b>Cr</b>	99.00	28.70	99.80	41.30	29.20	101.00
<b>Co</b>	40.60	45.10	31.10	25.80	43.80	35.20
<b>Ni</b>	50.20	63.40	39.60	21.10	28.10	44.10
<b>Cu</b>	28.20	38.50	24.70	29.20	31.10	27.20
<b>Zn</b>	85.70	103.00	75.40	105.00	108.00	115.00
<b>Ga</b>	18.90	18.90	18.70	20.50	22.50	22.30
<b>Rb</b>	18.10	9.00	5.73	4.00	20.00	2.00
<b>Sr</b>	424.00	432.00	552.00	329.00	542.00	524.00
<b>Y</b>	31.60	34.00	27.80	32.00	27.00	50.50
<b>Zr</b>	151.00	147.00	168.00	209.00	259.00	300.00
<b>Nb</b>	9.56	8.00	11.90	15.00	20.00	19.40
<b>Ba</b>	193.00	245.00	287.00	342.00	394.00	232.00
<b>La</b>	17.50	16.70	21.50	23.90	18.80	29.30
<b>Ce</b>	38.80	37.70	43.10	48.80	39.10	71.40
<b>Pr</b>	5.37	5.32	5.63	6.18	5.10	9.80
<b>Nd</b>	23.80	21.50	23.30	25.30	21.60	42.20
<b>Sm</b>	5.55	5.19	5.24	5.27	4.65	9.54
<b>Eu</b>	1.90	1.76	1.75	2.28	2.03	2.75
<b>Gd</b>	6.09	5.78	5.44	5.56	4.88	9.73
<b>Tb</b>	1.01	0.78	0.85	0.75	0.78	1.61
<b>Dy</b>	6.11	5.10	5.04	4.92	4.67	9.49
<b>Ho</b>	1.20	1.01	1.01	1.00	0.95	1.95
<b>Er</b>	3.16	2.80	2.68	2.70	2.71	5.38
<b>Tm</b>	0.45	0.45	0.40	0.39	0.41	0.74
<b>Yb</b>	2.97	2.56	2.63	2.74	2.74	4.82
<b>Lu</b>	0.46	0.37	0.39	0.39	0.39	0.70
<b>Hf</b>	3.71	3.50	3.60	5.61	6.40	7.00
<b>Ta</b>	0.66	0.60	0.76	0.85	1.43	1.47
<b>Pb</b>	5.09	4.83	4.94	11.40	4.89	4.50
<b>Th</b>	1.33	0.76	0.49	0.59	0.59	0.11
<b>U</b>	0.42	0.27	0.33	0.31	0.31	0.17

## Приложение 4. Продолжение.

<b>Нюрундуканский комплекс Богучанской пластины</b>						
<b>Образец</b>	R15-36/4	R15-35/3	R15-28/11	R15-28/12	БЛ-2	БЛ-3
<b>Порода</b>	амфиболит	амфиболит	метагаббро	метагаббро	амфиболит	амфиболит
<b>SiO<sub>2</sub></b>	46.4	47.31	47.52	47.85	49.2	48.9
<b>TiO<sub>2</sub></b>	3.23	2.52	2.01	2.15	2.55	2.87
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	14.64	15.1	16.28	16.29	16.1	15.8
<b>FeO*</b>	13.5	12.087	10.737	10.944	11.52	12.15
<b>MnO</b>	0.22	0.2	0.18	0.18	0.2	0.2
<b>MgO</b>	5.64	6.37	7.2	6.87	5.1	4.47
<b>CaO</b>	10.18	9.61	10.07	9.83	7.74	7.85
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	2.37	2.99	3.05	2.95	3.4	3.51
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0.72	0.76	0.64	0.76	1.79	1.84
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.67	0.51	0.31	0.4	0.46	0.47
<b>V</b>	293.00	238.00	225.00	237.00	191.46	219.78
<b>Cr</b>	73.30	120.00	169.00	151.00	11.84	10.03
<b>Co</b>	34.00	33.80	34.40	40.70	33.00	29.22
<b>Ni</b>	38.70	52.40	71.30	71.20	21.29	12.63
<b>Cu</b>	22.30	37.30	74.60	50.30	15.49	12.85
<b>Zn</b>	94.70	102.00	81.20	88.90	52.96	50.22
<b>Ga</b>	19.30	18.90	17.80	18.50	17.81	17.96
<b>Rb</b>	3.44	11.00	3.36	3.96	27.13	16.06
<b>Sr</b>	538.00	543.00	504.00	514.00	383.64	340.91
<b>Y</b>	44.30	48.00	38.00	32.30	30.86	28.70
<b>Zr</b>	270.00	189.00	180.00	200.00	217.00	179.00
<b>Nb</b>	15.10	14.30	9.19	11.00	16.27	15.48
<b>Ba</b>	270.00	386.00	230.00	259.00	438.29	502.97
<b>La</b>	25.90	24.80	17.20	19.40	21.66	22.31
<b>Ce</b>	61.80	57.80	41.20	47.20	54.68	60.33
<b>Pr</b>	8.59	7.61	5.58	6.29	7.10	6.80
<b>Nd</b>	37.00	32.60	24.10	27.40	30.49	28.70
<b>Sm</b>	8.28	7.30	5.42	6.07	6.47	6.45
<b>Eu</b>	2.42	2.16	1.66	1.92	2.07	2.06
<b>Gd</b>	8.39	7.33	5.64	6.25	7.21	6.88
<b>Tb</b>	1.41	1.20	0.94	1.04	1.10	1.09
<b>Dy</b>	8.27	7.07	5.62	6.10	6.65	6.25
<b>Ho</b>	1.70	1.45	1.16	1.26	1.34	1.28
<b>Er</b>	4.62	3.94	3.24	3.49	3.64	3.49
<b>Tm</b>	0.65	0.56	0.47	0.50	0.48	0.41
<b>Yb</b>	4.18	3.61	2.96	3.22	3.23	2.86
<b>Lu</b>	0.62	0.53	0.44	0.48	0.49	0.49
<b>Hf</b>	6.50	4.40	4.50	4.60	4.91	4.73
<b>Ta</b>	1.16	1.12	0.73	0.91	1.09	1.23
<b>Pb</b>	3.75	4.37	3.97	4.56	6.62	7.44
<b>Th</b>	0.12	0.22	0.17	0.27	0.59	0.45
<b>U</b>	0.11	0.18	0.14	0.13	0.12	0.06

## Приложение 4. Продолжение.

<b>Нюрундуканский комплекс Богучанской пластины</b>						
<b>Образец</b>	БЛ-4	1-1/13*	1-2/13*	БЛ-1	36-1/12	26-2/13*
<b>Порода</b>	амфиболит	амфиболит	амфиболит	амфиболит	м.габбро-норит	метагаббро
<b>SiO<sub>2</sub></b>	48.4	45.93	44.63	47.7	46.2	46.3
<b>TiO<sub>2</sub></b>	2.73	2.71	2.79	2.38	2.16	2.02
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	15.6	15.59	16.63	16.2	15.71	15.56
<b>FeO*</b>	12.24	12.168	12.168	12.7	12.96	12.82
<b>MnO</b>	0.2	0.25	0.27	0.2	0.177	0.2
<b>MgO</b>	5.25	6.57	6.48	6.02	7.04	6.93
<b>CaO</b>	8.29	10.69	10.46	8.94	10.09	9.97
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	3.32	2.44	2.26	3.25	2.98	2.9
<b>K<sub>2</sub>O</b>	1.46	0.82	1.14	1.38	0.4	0.57
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.5	0.48	0.42	0.32	0.45	0.34
<b>V</b>	190.38	279.00	263.00	208.93	334.00	277.00
<b>Cr</b>	21.44	56.60	55.80	21.39	172.00	160.00
<b>Co</b>	27.82	39.60	46.00	34.08	49.90	40.60
<b>Ni</b>	12.93	54.80	57.20	25.69	69.00	59.50
<b>Cu</b>	15.07	5.94	47.50	20.03	51.50	21.50
<b>Zn</b>	48.87	95.90	91.70	42.34	136.00	68.70
<b>Ga</b>	15.23	20.40	20.10	17.21	23.00	19.50
<b>Rb</b>	14.86	7.27	11.60	16.23	2.00	3.40
<b>Sr</b>	337.88	432.00	520.00	374.54	820.00	554.00
<b>Y</b>	28.12	45.10	46.60	24.15	36.70	31.30
<b>Zr</b>	215.00	198.00	185.00	48.96	95.10	77.10
<b>Nb</b>	15.79	5.85	6.21	11.84	6.39	5.08
<b>Ba</b>	368.78	177.00	237.00	191.83	423.00	275.00
<b>La</b>	22.71	14.90	17.80	17.57	20.50	14.80
<b>Ce</b>	52.62	38.60	43.00	40.46	50.20	33.30
<b>Pr</b>	7.23	5.62	6.00	5.15	7.71	4.87
<b>Nd</b>	31.91	25.50	26.80	23.88	34.50	23.80
<b>Sm</b>	7.74	6.72	6.83	4.95	7.73	5.08
<b>Eu</b>	2.35	2.30	2.36	1.77	2.53	1.78
<b>Gd</b>	7.04	7.44	7.66	5.25	8.21	5.37
<b>Tb</b>	1.12	1.31	1.35	0.87	1.21	0.90
<b>Dy</b>	6.63	8.01	8.27	5.23	7.46	5.81
<b>Ho</b>	1.36	1.73	1.76	0.99	1.43	1.16
<b>Er</b>	3.34	4.89	4.93	2.87	4.02	3.21
<b>Tm</b>	0.48	0.72	0.72	0.35	0.50	0.45
<b>Yb</b>	2.77	4.81	4.70	2.62	3.40	3.37
<b>Lu</b>	0.52	0.73	0.71	0.35	0.54	0.43
<b>Hf</b>	4.90	5.00	4.95	1.75	3.19	2.29
<b>Ta</b>	1.31	0.46	0.44	0.82	0.42	0.33
<b>Pb</b>	6.23	7.31	9.71	6.33	2.88	3.78
<b>Th</b>	0.62	0.48	1.01	1.71	0.10	0.10
<b>U</b>	0.11	0.13	0.21	0.48	0.10	0.10

## Приложение 4. Продолжение.

<b>Нюрундуканский комплекс Богучанской пластины</b>						
<b>Образец</b>	2-10/12а	9-2/13*	27-1/13*	11-2/11*	ПК-1-5	2-18/12
<b>Порода</b>	Срх-Орх кр.сл.	метагаббро	габбро-норит	чарнокит	чарнокит	чарнокит
<b>SiO<sub>2</sub></b>	47.85	49.34	44.17	56.79	57.79	54.89
<b>TiO<sub>2</sub></b>	2.04	1.49	2.37	1.24	1.36	1.6
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	16.01	19.78	16.58	19.53	18.29	17.73
<b>FeO*</b>	11.83	8.27	13.91	6.24	7.35	9.12
<b>MnO</b>	0.17	0.12	0.191	0.132	0.125	0.162
<b>MgO</b>	6.52	4.17	7.84	1.39	1.57	2
<b>CaO</b>	9.77	8.66	10.89	3.83	3.4	4.64
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	3.3	3.4	2.92	4.75	4.99	4.69
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0.8	2.04	0.23	4.59	3.56	3.22
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.37	0.25	0.2	0.52	0.42	0.52
<b>V</b>		179.00	289.00	63.3	50.8	92.5
<b>Cr</b>		41.90	73.00	15	9.3	13.5
<b>Co</b>		29.30	53.80	11.8	10.9	14.8
<b>Ni</b>		34.10	69.00	10.3	5.69	9.13
<b>Cu</b>		12.10	18.80	12.2	17.6	40.3
<b>Zn</b>		55.40	71.40	97.6	78.5	111
<b>Ga</b>		20.40	19.80	24.3	23.7	24.1
<b>Rb</b>		40.30	2.00	31	15	21
<b>Sr</b>		520.00	373.00	476	479	503
<b>Y</b>		32.30	22.70	36.4	37	42
<b>Zr</b>		135.00	49.70	1419	1218	1298
<b>Nb</b>		13.10	3.94	27	29	30
<b>Ba</b>		335.00	70.30	3326	3189	2603
<b>La</b>		27.40	5.47	35.2	40	43.6
<b>Ce</b>		60.00	14.30	71.8	78	88.8
<b>Pr</b>		7.87	2.56	9.59	9.85	12
<b>Nd</b>		33.10	14.20	39.6	43	50.1
<b>Sm</b>		7.74	3.61	9.08	8.92	10.8
<b>Eu</b>		1.67	1.59	5.89	6.68	5.34
<b>Gd</b>		6.53	3.82	8.15	8.02	9.9
<b>Tb</b>		1.07	0.72	1.17	1.3	1.5
<b>Dy</b>		5.91	4.67	7.14	7.16	8.11
<b>Ho</b>		1.14	0.85	1.34	1.44	1.66
<b>Er</b>		3.13	2.34	4.32	3.94	4.69
<b>Tm</b>		0.52	0.32	0.66	0.68	0.76
<b>Yb</b>		2.74	2.36	3.73	3.85	4.69
<b>Lu</b>		0.46	0.28	0.66	0.68	0.7
<b>Hf</b>		3.25	1.71	35.4	35.4	32.5
<b>Ta</b>		0.82	0.30	1.27	1.25	1.63
<b>Pb</b>		13.40	1.03	11.3	19.3	10.7
<b>Th</b>		2.31	0.10	0.41	0.37	0.37
<b>U</b>		0.65	0.10	0.39	0.37	0.29

## Приложение 4. Продолжение.

<b>Нюрундуканский комплекс Богучанской пластины</b>						
<b>Образец</b>	2-2//12	2-14//12	Л72-18	Л73-3	Л72-17	2-16/12
<b>Порода</b>	чарнокит	чарнокит	чарнокит	чарнокит	чарнокит	жил.-эндербит
<b>SiO<sub>2</sub></b>	56.89	58.2	56.19	56.95	57.69	59.92
<b>TiO<sub>2</sub></b>	1.54	1.33	1.61	1.56	1.6	0.26
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	17.41	17.24	17.23	18.02	17.29	22.04
<b>FeO*</b>	8.54	8.01	8.67	8	7.55	2.62
<b>MnO</b>	0.174	0.132	0.14	0.15	0.13	0.162
<b>MgO</b>	1.7	1.43	2.40	2.21	2.31	2
<b>CaO</b>	5.27	4.52	4.21	4.24	3.86	4.64
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	4.92	4.66	4.44	4.72	4.08	4.69
<b>K<sub>2</sub>O</b>	2.24	3.17	3.75	3.04	4.86	3.22
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.61	0.56	0.48	0.46	0.48	14.7
<b>V</b>	65.8	69.6	80.1	60.2	88.9	9.86
<b>Cr</b>	11.1	12.4	11.1	4.44	6.58	6.14
<b>Co</b>	12.1	12.9	11.9	11.6	12.9	7
<b>Ni</b>	11	12.9	5.97	10.4	4.53	23.8
<b>Cu</b>	20.4	23.2	13.6	8.48	8.66	40.6
<b>Zn</b>	130	127	79.6	75.3	80.2	27.5
<b>Ga</b>	25.4	25.5	22.1	20.9	20.2	7
<b>Rb</b>	14	24.7	25	18	34.3	608
<b>Sr</b>	513	512	364	507	445	5
<b>Y</b>	43.4	43	37.6	30.7	35.5	139
<b>Zr</b>	2160	2430	12	7.92	9.68	6
<b>Nb</b>	31.1	27.8	28.6	24.4	26.6	829
<b>Ba</b>	2070	2880	2330	2220	3010	23.7
<b>La</b>	42.3	41.7	35.6	29.5	32.9	34.6
<b>Ce</b>	91.3	86.6	73.8	59.6	69.8	3.36
<b>Pr</b>	12.2	11.9	9.38	7.51	8.85	11.9
<b>Nd</b>	48.2	49.1	39.6	31.5	36.9	2.22
<b>Sm</b>	10.4	11.3	8.68	6.81	8.03	3.75
<b>Eu</b>	5.88	6.71	4.13	4.81	3.85	1.81
<b>Gd</b>	10.2	10.5	8.39	6.87	7.91	0.24
<b>Tb</b>	1.46	1.41	1.29	1.01	1.21	1.17
<b>Dy</b>	8.62	8.7	7.5	5.93	7	0.22
<b>Ho</b>	1.73	1.77	1.48	1.14	1.35	0.67
<b>Er</b>	4.78	5.08	3.78	2.98	3.51	0.11
<b>Tm</b>	0.79	0.84	0.52	0.4	0.49	0.61
<b>Yb</b>	4.8	4.87	3.33	2.54	3.13	0.093
<b>Lu</b>	0.75	0.82	0.52	0.41	0.48	3.13
<b>Hf</b>	39.1	45.1	0.27	0.18	0.22	0.16
<b>Ta</b>	1.46	1.33	1.23	1.26	0.91	7.34
<b>Pb</b>	9.24	8.21	10.5	8.62	13.2	0.19
<b>Th</b>	0.32	0.41	0.2	0.2	0.32	0.1
<b>U</b>	0.39	0.45	0.1	0.13	0.11	

## Приложение 4. Продолжение.

<b>Нюрндуканский комплекс Богучанской пластины</b>					
<b>Образец</b>	2-4/11*	12-2/11*	52-1/17	17-3/12*	БТ-61
<b>Порода</b>	жил.-эндербит	жил.-эндербит	метадиорит агматита	метадиорит агматита	метадиорит агматита
<b>SiO<sub>2</sub></b>	55.84	59.43	59.13	54.73	57.5
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0.5	0.64	0.29	0.28	0.97
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	22.41	20.7	14.27	14.98	19.2
<b>FeO*</b>	3.78	3.74	5.77	4.509	7.506
<b>MnO</b>	0.055	0.072	0.12	0.094	0.19
<b>MgO</b>	2.09	0.93	5.86	8.33	1.84
<b>CaO</b>	6.66	3.54	8.19	11.34	6.61
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	6.07	4.64	3.84	3.13	4.67
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0.89	5.22	0.86	0.72	0.75
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	45.5	75.2	0.03	0.04	0.38
<b>V</b>	17.1	13.5	91.30	110.00	45.50
<b>Cr</b>	10	10.9	384.00	190.00	16.20
<b>Co</b>	14	12.5	22.60	29.00	10.40
<b>Ni</b>		11.4	72.90	42.80	14.30
<b>Cu</b>	37.6	56.7	36.30	88.40	13.20
<b>Zn</b>	25.5	22.8	55.00	40.80	93.80
<b>Ga</b>	11	54	16.50	17.30	18.60
<b>Rb</b>	782	555	14.80	9.31	2.00
<b>Sr</b>	8	14	333.00	164.00	365.00
<b>Y</b>	124	489	21.30	10.80	24.40
<b>Zr</b>	6	13	73.70	55.40	135.00
<b>Nb</b>	421	3100	5.74	3.69	8.74
<b>Ba</b>	19.4	19.8	264.00	179.00	392.00
<b>La</b>	33.7	33	20.60	25.20	17.80
<b>Ce</b>	4.08	3.79	46.70	42.40	36.20
<b>Pr</b>	14.4	14.1	5.88	3.91	4.61
<b>Nd</b>	2.45	2.47	23.50	12.20	18.70
<b>Sm</b>	2.05	3.52	3.97	2.08	3.94
<b>Eu</b>	2.32	2.31	0.81	0.45	1.76
<b>Gd</b>	0.31	0.3	4.24	1.98	4.30
<b>Tb</b>	1.9	2.02	0.54	0.28	0.69
<b>Dy</b>	0.36	0.38	3.74	1.70	4.33
<b>Ho</b>	0.85	1.21	0.81	0.34	0.92
<b>Er</b>	0.14	0.19	2.14	1.11	2.82
<b>Tm</b>	1.05	1.55	0.32	0.17	0.39
<b>Yb</b>	0.12	0.21	2.23	1.24	2.26
<b>Lu</b>	2.14	14.7	0.35	0.20	0.41
<b>Hf</b>	0.32	0.5	2.43	1.73	2.90
<b>Ta</b>	6.66	16.6	0.51	0.39	0.37
<b>Pb</b>	0.18	0.72	45.00	11.50	
<b>Th</b>	0.13	0.9	8.87	11.30	0.26
<b>U</b>			0.41	0.44	0.10

## Приложение 4. Продолжение.

<b>Нюрндуканский комплекс Богучанской пластины</b>				
<b>Образец</b>	17-4/12*	16-1/12*	17-1/12*	
<b>Порода</b>	метадиорит агматита	метадиорит агматита	метадиорит агматита	
<b>SiO2</b>	59.26	64.4	66	
<b>TiO2</b>	0.56	0.22	0.55	
<b>Al2O3</b>	15.83	19.33	14.92	
<b>FeO*</b>	5.445	1.854	3.51	
<b>MnO</b>	0.1	0.028	0.068	
<b>MgO</b>	4.5	1.22	2.95	
<b>CaO</b>	7.49	4.55	4.96	
<b>Na2O</b>	3.39	5.45	3.65	
<b>K2O</b>	0.99	1.76	1.91	
<b>P2O5</b>	0.18	0.04	0.21	
<b>V</b>	121.00	27.50	81.00	
<b>Cr</b>	120.00	10.60	42.30	
<b>Co</b>	17.90	5.80	13.00	
<b>Ni</b>	47.30	9.96	23.40	
<b>Cu</b>	24.80	15.90	7.92	
<b>Zn</b>	53.70	29.80	52.80	
<b>Ga</b>	15.50	19.30	19.00	
<b>Rb</b>	14.20	41.60	50.00	
<b>Sr</b>	403.00	670.00	519.00	
<b>Y</b>	18.10	7.57	17.40	
<b>Zr</b>	114.00	128.00	155.00	
<b>Nb</b>	3.13	3.11	6.47	
<b>Ba</b>	257.00	551.00	1280.00	
<b>La</b>	10.70	14.30	27.00	
<b>Ce</b>	21.50	24.40	53.70	
<b>Pr</b>	2.71	2.99	6.51	
<b>Nd</b>	11.20	11.70	25.50	
<b>Sm</b>	2.84	2.28	5.54	
<b>Eu</b>	0.94	0.79	1.32	
<b>Gd</b>	2.98	1.68	4.46	
<b>Tb</b>	0.49	0.25	0.61	
<b>Dy</b>	3.11	1.33	3.20	
<b>Ho</b>	0.63	0.25	0.58	
<b>Er</b>	1.82	0.65	1.76	
<b>Tm</b>	0.28	0.11	0.22	
<b>Yb</b>	1.76	0.83	1.59	
<b>Lu</b>	0.25	0.13	0.25	
<b>Hf</b>	3.06	2.87	4.16	
<b>Ta</b>	0.30	0.24	0.30	
<b>Pb</b>	9.86	13.60	10.80	
<b>Th</b>	0.71	0.54	2.41	
<b>U</b>	0.27	0.18	0.17	

## Приложение 4. Продолжение.

<b>Нюрндуканский комплекс Слюдинско-Курлинской и Гасан-Дякитской пластин</b>						
<b>Образец</b>	13/7-11*	SN-5-3	14-6/12*	13/6-11*	Sn-2-2	Sn-3-5
<b>Порода</b>	амфиболит	амфиболит	амфиболит	амфиболит	амфиболит	амфиболит
<b>SiO<sub>2</sub></b>	50.74	50.4	48.88	50.79	50.09	51.18
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0.86	0.51	0.91	0.82	0.49	0.24
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	13.73	15.89	15.3	13.61	13.4	14.22
<b>FeO*</b>	10.89	10.179	9.36	12.231	10.26	8.37
<b>MnO</b>	0.309	0.158	0.138	0.14	0.184	0.163
<b>MgO</b>	7.65	8.19	8.73	6.58	9.11	9.83
<b>CaO</b>	10.24	8.88	11.1	8.76	11.26	10.1
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	3.15	3.56	3.01	4.58	2.58	2.95
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0.15	0.27	0.33	0.34	0.41	0.45
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.06	0.02	0.05	0.05	0.05	0.02
<b>V</b>	329.00	258.00	268.00	349.00	257.00	204.00
<b>Cr</b>	114.00	73.70	257.00	72.30	810.00	357.00
<b>Co</b>	37.90	34.20	38.80	36.00	58.50	42.90
<b>Ni</b>	39.40	28.80	98.80	38.60	210.00	57.70
<b>Cu</b>	7.32	64.90	42.30	9.77	48.70	25.80
<b>Zn</b>	92.70	62.50	35.30	41.30	102.00	52.80
<b>Ga</b>	16.80	13.30	15.20	16.30	14.10	11.70
<b>Rb</b>	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	5.71
<b>Sr</b>	99.10	115.00	93.40	96.10	103.00	65.50
<b>Y</b>	18.30	11.40	19.70	20.90	10.60	6.32
<b>Zr</b>	34.60	16.70	45.80	34.30	18.80	12.30
<b>Nb</b>	0.88	0.50	0.61	0.75	0.50	0.50
<b>Ba</b>	21.20	32.20	23.60	50.10	56.00	40.30
<b>La</b>	1.46	0.87	2.01	1.81	1.05	0.49
<b>Ce</b>	4.04	2.15	5.09	4.47	2.39	1.32
<b>Pr</b>	0.72	0.36	0.84	0.86	0.41	0.22
<b>Nd</b>	4.03	2.49	5.04	4.39	2.57	1.25
<b>Sm</b>	1.79	0.87	2.00	1.74	0.96	0.51
<b>Eu</b>	0.71	0.33	0.80	0.84	0.44	0.20
<b>Gd</b>	2.20	1.22	2.48	2.18	1.13	0.56
<b>Tb</b>	0.41	0.22	0.50	0.42	0.22	0.14
<b>Dy</b>	2.73	1.67	3.39	3.13	1.69	0.98
<b>Ho</b>	0.63	0.44	0.71	0.76	0.37	0.22
<b>Er</b>	1.83	1.11	2.11	2.21	1.15	0.66
<b>Tm</b>	0.33	0.16	0.33	0.33	0.19	0.11
<b>Yb</b>	1.95	1.17	2.35	2.11	1.16	0.72
<b>Lu</b>	0.34	0.18	0.32	0.35	0.15	0.10
<b>Hf</b>	1.08	0.66	1.51	0.98	0.54	0.35
<b>Ta</b>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
<b>Pb</b>	2.34	3.03	1.46	4.29	7.96	6.73
<b>Th</b>	0.12	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
<b>U</b>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10

## Приложение 4. Продолжение.

<b>Нюрундуканский комплекс Слюдинско-Курлинской и Гасан-Дякитской пластин</b>						
<b>Образец</b>	<b>Sn-1-5</b>	<b>Sn-4-1</b>	<b>Sn-1-4</b>	<b>14-3/12*</b>	<b>SN-3-2</b>	<b>SN-7-4</b>
<b>Порода</b>	Grt амфиболит	амфиболит	Grt амфиболит	амфиболит	амфиболит	амфиболит
<b>SiO<sub>2</sub></b>	51.85	49	50.03	51.93	49.47	49.89
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0.51	0.82	0.6	1.34	1.27	1.51
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	16.85	14.99	14.51	14.09	15.22	14.68
<b>FeO*</b>	10.197	8.955	9.666	13.221	11.07	13.518
<b>MnO</b>	0.255	0.194	0.172	0.187	0.202	0.199
<b>MgO</b>	6.09	9.53	8.54	3.71	6.17	4.84
<b>CaO</b>	6.89	10.38	10.37	8.49	9.3	8.57
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	3.35	2.72	2.83	3.36	4.63	4.25
<b>K<sub>2</sub>O</b>	1.04	1.05	1.09	0.99	0.22	0.21
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.04	0.13	0.06	0.12	0.15	0.16
<b>V</b>	292.00	259.00	247.00	401.00	321.00	385.00
<b>Cr</b>	23.10	569.00	658.00	15.20	133.00	40.90
<b>Co</b>	39.80	46.80	57.00	35.90	44.90	41.50
<b>Ni</b>	28.60	154.00	204.00	16.70	38.60	20.50
<b>Cu</b>	94.40	21.50	26.10	51.40	72.10	22.70
<b>Zn</b>	403.00	71.90	75.10	72.70	84.80	61.20
<b>Ga</b>	15.70	15.10	14.90	20.50	17.50	20.50
<b>Rb</b>	16.30	17.00	14.00	8.33	3.79	2.00
<b>Sr</b>	96.20	160.00	140.00	69.20	94.50	152.00
<b>Y</b>	11.90	18.30	13.80	46.90	26.50	53.20
<b>Zr</b>	18.20	40.90	38.50	102.00	84.30	162.00
<b>Nb</b>	0.50	0.50	0.76	1.36	1.77	5.26
<b>Ba</b>	325.00	87.70	199.00	89.10	45.60	42.30
<b>La</b>	1.02	1.73	1.64	2.79	3.32	4.89
<b>Ce</b>	2.62	5.18	4.21	9.06	10.10	14.20
<b>Pr</b>	0.51	0.93	0.79	1.70	1.81	2.68
<b>Nd</b>	2.37	5.21	4.54	9.74	9.80	14.30
<b>Sm</b>	1.13	1.95	1.49	3.90	3.11	5.14
<b>Eu</b>	0.48	0.72	0.63	1.55	1.12	1.64
<b>Gd</b>	1.30	2.22	1.61	5.06	3.48	6.49
<b>Tb</b>	0.28	0.46	0.34	1.14	0.66	1.37
<b>Dy</b>	2.03	3.19	2.35	7.43	4.40	8.75
<b>Ho</b>	0.43	0.64	0.49	1.72	0.88	1.98
<b>Er</b>	1.35	1.97	1.47	5.36	2.74	6.13
<b>Tm</b>	0.21	0.30	0.23	0.80	0.40	0.85
<b>Yb</b>	1.20	1.84	1.63	5.53	2.53	5.33
<b>Lu</b>	0.20	0.28	0.19	0.84	0.37	0.80
<b>Hf</b>	0.65	1.35	1.02	3.04	2.27	4.60
<b>Ta</b>	0.10	0.10	0.10	0.12	0.15	0.33
<b>Pb</b>	13.80	8.51	6.95	2.40	5.50	4.69
<b>Th</b>	0.10	0.10	0.10	0.26	0.14	0.10
<b>U</b>	0.10	0.10	0.10	0.22	0.10	0.12

## Приложение 4. Продолжение.

<b>Нюрундуканский комплекс Слюдинско-Курлинской и Гасан-Дякитской пластин</b>						
<b>Образец</b>	13-4/11*	15/1-11*	32/2-11	SN-8-1	32/3-11	R-14-12-3
<b>Порода</b>	амфиболит	амфиболит	Grt амфиболит	Grt амфиболит	амфиболит	метагаббро
<b>SiO<sub>2</sub></b>	51.77	47.42	48.98	46.68	48.48	54.13
<b>TiO<sub>2</sub></b>	1.37	1.74	1.71	2.43	2.06	0.67
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	15.29	12.93	15.01	13.89	12.72	12.23
<b>FeO*</b>	10.584	15.543	12.546	14.571	13.626	10.179
<b>MnO</b>	0.211	0.238	0.139	0.24	0.2	0.19
<b>MgO</b>	4.81	5.67	5	5.93	6.84	8.9
<b>CaO</b>	8.51	9.18	10.11	10.34	9.61	9.19
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	4.61	3.58	4.02	2.98	3.46	2.36
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0.56	0.17	0.38	0.51	0.57	0.33
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.37	0.23	0.11	0.16	0.22	0.05
<b>V</b>	233.00	485.00	311.00	439.00	374.00	227.00
<b>Cr</b>	115.00	26.70	223.00	90.40	120.00	743.00
<b>Co</b>	29.70	41.50	51.60	42.60	42.90	34.90
<b>Ni</b>	44.80	23.30	80.70	40.50	58.80	110.00
<b>Cu</b>	21.10	8.22	81.60	69.70	75.80	13.20
<b>Zn</b>	98.80	80.40	81.90	118.00	105.00	93.50
<b>Ga</b>	19.90	21.20	20.20	19.90	19.60	15.00
<b>Rb</b>	5.11	2.00	2.92	8.86	13.90	2.40
<b>Sr</b>	105.00	118.00	175.00	198.00	202.00	98.60
<b>Y</b>	41.90	51.80	25.70	42.80	40.10	16.20
<b>Zr</b>	141.00	98.30	120.00	142.00	130.00	93.50
<b>Nb</b>	5.38	5.77	2.82	4.75	3.73	0.51
<b>Ba</b>	129.00	38.90	25.90	51.40	67.40	61.60
<b>La</b>	7.04	5.59	4.86	6.71	5.51	1.36
<b>Ce</b>	20.20	16.80	13.70	18.40	16.00	4.48
<b>Pr</b>	3.36	2.85	2.28	3.12	2.65	0.80
<b>Nd</b>	16.80	15.40	11.30	16.40	14.30	4.26
<b>Sm</b>	5.16	5.01	3.64	5.07	4.89	1.45
<b>Eu</b>	2.00	1.61	1.44	1.79	1.70	0.51
<b>Gd</b>	6.20	6.51	4.50	6.34	5.62	1.96
<b>Tb</b>	1.05	1.16	0.76	1.17	0.98	0.38
<b>Dy</b>	7.42	7.73	4.91	7.70	6.43	2.51
<b>Ho</b>	1.47	1.85	0.99	1.57	1.41	0.58
<b>Er</b>	4.09	5.44	2.73	4.69	3.85	1.73
<b>Tm</b>	0.70	0.85	0.39	0.62	0.58	0.26
<b>Yb</b>	3.96	5.27	2.53	3.91	4.07	1.59
<b>Lu</b>	0.65	0.83	0.35	0.69	0.57	0.25
<b>Hf</b>	3.82	2.86	3.17	4.34	3.96	2.68
<b>Ta</b>	0.38	0.24	0.18	0.30	0.23	0.10
<b>Pb</b>	2.40	14.60	1.43	4.51	5.25	0.50
<b>Th</b>	0.71	0.10	0.25	0.31	0.27	9.27
<b>U</b>	0.28	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10

## Приложение 4. Продолжение.

<b>Нюрундуканский комплекс Слюдинско-Курлинской и Гасан-Дякитской пластин</b>						
<b>Образец</b>	R-14-12	R-14-22-1	R-14-12-1	91/052-4	91/052-6	91/052-2
<b>Порода</b>	Grt ортогнейс	Grt амфиболит	метагаббро	амфиболит	амфиболит	амфиболит
<b>SiO<sub>2</sub></b>	49.15	52.85	48.56	51.2	55.1	46.7
<b>TiO<sub>2</sub></b>	1.59	1.43	2.23	0.603	0.594	0.789
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	14.74	14.29	13.87	15.3	13.7	17.2
<b>FeO*</b>	15.858	13.941	13.959	9.17	9.69	10.3
<b>MnO</b>	0.38	0.25	0.27	0.205	0.168	0.211
<b>MgO</b>	4.1	4.07	5.71	9.27	8.51	9.95
<b>CaO</b>	8.54	8.61	9.5	8.45	8.38	11
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	1.86	2.29	2.77	3.88	2.49	2.44
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0.4	0.23	0.5	0.389	0.227	0.337
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.6	0.1	0.33	0.05	0.05	0.05
<b>V</b>	136.00	379.00	320.00	143.32	182.20	168.31
<b>Cr</b>	22.80	12.00	66.50	311.18	78.69	316.85
<b>Co</b>	21.00	34.30	37.10	32.91	31.53	44.20
<b>Ni</b>	31.70	29.50	39.50	97.96	59.67	124.51
<b>Cu</b>	16.10	32.90	13.60	27.03	35.34	27.45
<b>Zn</b>	100.00	91.70	86.90	48.52	45.76	63.62
<b>Ga</b>	16.70	16.10	16.90	11.07	10.98	12.40
<b>Rb</b>	5.73	2.00	5.24	4.25	1.30	3.22
<b>Sr</b>	113.00	118.00	127.00	98.02	75.90	112.22
<b>Y</b>	40.10	25.30	28.20	13.75	22.97	12.86
<b>Zr</b>	23.50	47.40	58.10	7.31	12.79	6.37
<b>Nb</b>	1.64	0.50	0.76	0.41	1.26	0.52
<b>Ba</b>	65.80	54.80	99.00	48.14	25.73	56.45
<b>La</b>	4.21	1.51	3.43	1.50	2.01	0.92
<b>Ce</b>	12.50	5.38	10.20	3.57	4.67	3.39
<b>Pr</b>	2.21	0.86	1.64	0.70	1.28	0.52
<b>Nd</b>	13.10	5.77	9.03	4.20	5.73	3.27
<b>Sm</b>	5.06	2.32	3.76	1.45	2.10	1.13
<b>Eu</b>	1.79	0.78	1.24	0.60	0.71	0.62
<b>Gd</b>	6.18	2.94	4.07	2.11	2.84	1.75
<b>Tb</b>	1.01	0.55	0.77	0.31	0.60	0.40
<b>Dy</b>	7.43	4.17	4.88	2.53	4.22	2.23
<b>Ho</b>	1.55	0.92	1.05	0.45	0.85	0.51
<b>Er</b>	4.29	2.81	2.94	1.51	2.58	1.45
<b>Tm</b>	0.62	0.38	0.40	0.26	0.42	0.19
<b>Yb</b>	3.82	2.96	2.90	1.31	2.63	1.28
<b>Lu</b>	0.56	0.37	0.42	0.23	0.39	0.24
<b>Hf</b>	0.83	1.21	1.87	0.34	0.50	0.37
<b>Ta</b>	0.13	0.10	0.10	0.05	0.10	0.07
<b>Pb</b>	17.30	12.70	5.29	0.32	0.71	0.86
<b>Th</b>	0.13	0.10	0.28	0.10	0.29	0.05
<b>U</b>	0.10	0.10	0.10	0.08	0.09	0.03

## Приложение 4. Продолжение.

<b>Нюрундуканский комплекс Слюдинско-Курлинской и Гасан-Дякитской пластин</b>						
<b>Образец</b>	13/12-11*	N-30	N-18	N-17	30а/07	30б/07
<b>Порода</b>	амфиболит	амфиболит	амфиболит	амфиболит	амфиболит	амфиболит
<b>SiO<sub>2</sub></b>	49.69	51.42	52.64	57.26	47	51.2
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0.47	1.15	1.35	1.07	0.82	0.41
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	14.2	16.49	15.11	16.02	12.2	11.1
<b>FeO*</b>	10.93	2.86	3.81	3.8	11.25	8.37
<b>MnO</b>	0.174	0.22	0.22	0.22	0.21	0.19
<b>MgO</b>	9.81	6.38	5.48	4.99	10.7	12.5
<b>CaO</b>	9.42	5.88	6.54	3.94	12.2	10.5
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	4.18	3.78	4.17	1.26	1.77	2.19
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0.19	1.18	0.48	0.31	1.01	1.19
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.02	0.11	0.08	0.11	0.13	0.103
<b>V</b>	87.20	354.00	434.00	393.00	264.00	151.00
<b>Cr</b>	14.00	32.50	22.90	35.90	564.00	1310.00
<b>Co</b>	12.40	28.30	39.70	40.30	56.60	57.40
<b>Ni</b>	10.10	24.80	26.90	44.40	139.00	319.00
<b>Cu</b>	10.70	31.60	87.40	38.00	23.10	12.30
<b>Zn</b>	43.10	82.20	82.50	88.50	84.30	80.00
<b>Ga</b>	13.80	16.90	18.50	17.30	13.90	11.10
<b>Rb</b>	2.00	18.90	9.48	8.97	16.00	20.10
<b>Sr</b>	81.80	198.00	115.00	96.30	252.00	564.00
<b>Y</b>	28.40	26.00	28.90	25.30	16.80	13.80
<b>Zr</b>	103.00	73.00	64.40	61.30	50.00	66.70
<b>Nb</b>	1.25	1.50	1.12	1.13	1.96	1.57
<b>Ba</b>	51.00	843.00	65.10	105.00	131.00	228.00
<b>La</b>	2.42	5.51	2.98	3.43	8.35	8.90
<b>Ce</b>	7.19	15.70	8.71	10.20	14.10	21.30
<b>Pr</b>	1.24	2.27	1.49	1.54	2.29	2.89
<b>Nd</b>	6.93	11.10	7.73	7.24	11.00	13.10
<b>Sm</b>	2.46	3.52	3.01	2.71	2.91	2.97
<b>Eu</b>	0.59	1.08	0.88	0.96	0.85	0.87
<b>Gd</b>	3.03	3.53	3.17	3.16	2.78	2.62
<b>Tb</b>	0.54	0.64	0.74	0.60	0.48	0.40
<b>Dy</b>	4.35	4.30	4.78	4.14	2.90	2.48
<b>Ho</b>	0.89	0.98	1.15	0.97	0.58	0.51
<b>Er</b>	2.86	3.02	3.26	2.95	1.65	1.54
<b>Tm</b>	0.48	0.51	0.53	0.48	0.23	0.22
<b>Yb</b>	3.36	2.95	3.23	2.82	1.36	1.40
<b>Lu</b>	0.54	0.43	0.52	0.46	0.23	0.20
<b>Hf</b>	3.09	2.07	1.83	1.81	1.51	1.56
<b>Ta</b>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.12	0.14
<b>Pb</b>	2.60	6.06	3.73	4.23	2.97	3.84
<b>Th</b>	0.27		0.14	0.47	0.46	0.69
<b>U</b>	0.16		0.10	0.10	0.15	0.32

## Приложение 4. Продолжение.

<b>Нюрундуканский комплекс Слюдинско-Курлинской и Гасан-Дякитской пластин</b>						
<b>Образец</b>	30в/07	266/07	29/07*	38/6-11	38/10-11	38/5-11
<b>Порода</b>	амфиболит	амфиболит	амфиболит	амфиболит	Апр гнейс	амфиболит
<b>SiO<sub>2</sub></b>	50.5	49.5	47.6	47.72	48.72	50.22
<b>TiO<sub>2</sub></b>	1.15	0.94	1.31	1.58	1.36	1.32
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	15.8	14.5	17.2	13.67	13.53	15.56
<b>FeO*</b>	12.15	11.07	8.865	13.365	12.42	9.81
<b>MnO</b>	0.23	0.18	0.15	0.195	0.185	0.163
<b>MgO</b>	4.13	4.5	7.94	6.21	6.87	5.83
<b>CaO</b>	8.53	11.1	8.96	9.31	9.27	8.32
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	3.48	3.01	2.59	3.03	2.66	3.78
<b>K<sub>2</sub>O</b>	1.29	1.92	2.21	1.46	1.74	1.8
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.26	0.29	0.14	0.2	0.18	0.28
<b>V</b>	279.00	325.00	169.00	325.00	280.00	229.00
<b>Cr</b>	6.42	142.00	40.00	144.00	180.00	99.10
<b>Co</b>	33.80	35.20	40.30	41.20	37.70	28.80
<b>Ni</b>	13.80	77.00	52.40	60.40	59.90	32.30
<b>Cu</b>	65.00	101.00	25.40	41.50		20.20
<b>Zn</b>	112.00	87.30	72.80	119.00	115.00	95.80
<b>Ga</b>	17.90	16.00	15.50	19.00	18.50	19.20
<b>Rb</b>	16.40	30.90	46.90	38.00	48.80	51.40
<b>Sr</b>	578.00	807.00	301.00	218.00	224.00	376.00
<b>Y</b>	25.20	16.20	24.10	18.40	16.70	29.10
<b>Zr</b>	93.00	56.40	129.00	72.40	55.70	210.00
<b>Nb</b>	3.47	1.83	2.78	2.74	2.41	4.57
<b>Ba</b>	217.00	251.00	406.00	167.00	258.00	351.00
<b>La</b>	9.64	9.13	7.95	6.15	5.09	13.70
<b>Ce</b>	20.40	19.60	19.70	16.60	14.10	32.00
<b>Pr</b>	3.29	2.91	2.99	2.52	2.18	4.72
<b>Nd</b>	16.10	13.90	13.70	12.20	10.10	20.60
<b>Sm</b>	4.28	3.47	3.80	3.21	2.99	5.31
<b>Eu</b>	1.28	1.00	1.13	1.32	1.24	1.54
<b>Gd</b>	4.05	3.12	4.00	3.51	3.01	5.11
<b>Tb</b>	0.72	0.48	0.66	0.61	0.54	0.85
<b>Dy</b>	4.41	2.90	4.23	3.36	3.11	5.12
<b>Ho</b>	0.92	0.67	0.87	0.70	0.62	1.04
<b>Er</b>	2.76	1.75	2.55	1.82	1.67	2.95
<b>Tm</b>	0.42	0.26	0.39	0.26	0.22	0.42
<b>Yb</b>	2.28	1.57	2.38	1.70	1.32	2.97
<b>Lu</b>	0.38	0.22	0.36	0.21	0.20	0.35
<b>Hf</b>	2.46	1.63	3.00	2.53	1.67	4.78
<b>Ta</b>	0.26	0.13	0.20	0.17	0.13	0.28
<b>Pb</b>	3.72	4.63	5.22	3.63	3.62	7.94
<b>Th</b>	1.00	1.06	1.00	0.77	0.38	2.59
<b>U</b>	0.28	0.28	0.29		0.17	

## Приложение 4. Продолжение.

<b>Нюрундуканский комплекс Слюдинско-Курлинской и Гасан-Дякитской пластин</b>						
<b>Образец</b>	38/1-11	R-14-12-8	R-14-12-4	18/3-11*	R-14-13-1	R-14-13-4
<b>Порода</b>	метагаббро	метагаббро	метагаббро	метагаббро	амфиболит	метагаббро
<b>SiO<sub>2</sub></b>	51.3	51.25	48.32	46.23	49.41	52.23
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0.98	0.85	0.73	2.4	3.57	1.91
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	12.1	17	15.41	15.91	16.17	17.48
<b>FeO*</b>	9.585	8.937	9.495	11.295	11.457	9.387
<b>MnO</b>	0.17	0.17	0.19	0.155	0.18	0.141
<b>MgO</b>	9.29	6.46	9.86	6.99	3.93	3.94
<b>CaO</b>	10.42	9.89	10.94	10.35	7.76	7.75
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	2.72	3.4	2.63	3.14	3.71	3.64
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0.66	0.31	0.41	0.18	1.35	1.79
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.11	0.2	1.1	0.11	0.18	0.45
<b>V</b>	179.00	196.00	219.00	328.00	521.00	191.00
<b>Cr</b>	25.60	79.20	462.00	30.80	7.09	52.50
<b>Co</b>	30.20	27.60	48.10	48.90	34.60	22.80
<b>Ni</b>	27.60	47.40	135.00	36.20	32.40	33.40
<b>Cu</b>	21.60	14.90	9.03	20.20	18.30	18.60
<b>Zn</b>	78.40	83.30	80.60	105.00	96.50	81.60
<b>Ga</b>	18.70	15.80	13.70	20.80	19.30	17.50
<b>Rb</b>	35.40	2.34	2.26	2.01	20.30	36.70
<b>Sr</b>	313.00	202.00	127.00	580.00	376.00	452.00
<b>Y</b>	23.00	30.70	17.10	18.00	20.60	21.90
<b>Zr</b>	101.00	58.30	38.70	57.90	84.20	135.00
<b>Nb</b>	3.07	1.16	1.20	2.18	2.61	4.94
<b>Ba</b>	231.00	63.00	83.90	130.00	196.00	399.00
<b>La</b>	7.76	6.67	4.59	4.29	8.34	13.30
<b>Ce</b>	18.10	16.90	10.80	11.50	18.10	32.40
<b>Pr</b>	2.66	2.63	1.51	1.93	2.53	4.31
<b>Nd</b>	11.90	12.90	7.26	9.78	12.30	19.20
<b>Sm</b>	3.43	3.60	2.06	2.36	3.30	4.18
<b>Eu</b>	1.20	1.06	0.68	1.17	1.34	1.32
<b>Gd</b>	3.28	4.02	2.23	3.17	3.45	4.22
<b>Tb</b>	0.60	0.73	0.42	0.51	0.57	0.73
<b>Dy</b>	3.78	5.02	2.74	3.26	3.80	4.34
<b>Ho</b>	0.84	1.06	0.61	0.69	0.82	0.83
<b>Er</b>	2.37	3.21	1.67	1.70	2.23	2.36
<b>Tm</b>	0.35	0.46	0.26	0.30	0.32	0.33
<b>Yb</b>	2.20	3.00	1.83	1.60	2.04	2.04
<b>Lu</b>	0.35	0.43	0.26	0.24	0.30	0.33
<b>Hf</b>	2.50	2.00	1.34	1.79	1.81	3.09
<b>Ta</b>	0.17	0.10	0.13	0.12	0.34	0.48
<b>Pb</b>	5.61	8.96	0.50	6.76	12.80	7.73
<b>Th</b>	2.12	0.35	2.56	0.12	0.95	0.95
<b>U</b>	0.52	0.10	0.68	0.10	0.26	0.37

## Приложение 4. Продолжение.

Нюрндуканский комплекс Слюдинско-Курлинской и Гасан-Дякитской пластин							
Образец	R-14-13-3	84548-10	84548-23	91/055-4	91/055-3	91/055-5	R-14-23-4
Порода	Grт-Vt-Amp гн	метабазаыт	метабазаыт	амфиболит	амфиболит	амфиболит	Amp-Grт гн
SiO <sub>2</sub>	46.73	49.66	47.07	48.1	48	50.1	44.36
TiO <sub>2</sub>	3.07	1.2	1.5	1.25	0.694	0.483	2.49
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.21	14.44	15.67	15.7	16.3	15.1	17.53
FeO*	14.238	11.09	12.38	11.9	11	10.6	18.94
MnO	0.242	0.16	0.22	0.219	0.195	0.143	0.339
MgO	3.65	7.72	8.24	8.12	9.13	8.1	3.46
CaO	8.69	9	9.29	9.76	10.1	10	7.79
Na <sub>2</sub> O	3.13	4.32	3.65	3.28	3.22	3.2	3.11
K <sub>2</sub> O	0.94	0.43	0.58	0.281	0.261	0.25	0.87
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.32	0.21	0.21	0.0962	0.05	0.104	0.9
V	288.00	281.00	271.00	244.30	216.86	214.31	144.00
Cr	220.00	349.00	185.00	195.35	174.67	152.21	4.28
Co	47.30	64.90	43.50	36.95	36.35	30.33	26.40
Ni	93.90	118.00	79.70	68.56	73.53	47.47	2.61
Cu	26.90	91.00	35.40	0.13	16.61	25.07	18.60
Zn	102.00	88.90	113.00	72.71	40.46	33.61	165.00
Ga	19.40	12.90	15.90	14.50	12.72	10.75	24.60
Rb	12.60	10.50	7.87	0.80	0.86	0.64	15.40
Sr	329.00	108.00	179.00	124.99	144.41	179.89	431.00
Y	23.60	21.00	26.20	22.62	13.37	10.43	91.90
Zr	107.00	72.70	76.10	5.61	5.46	10.56	19.20
Nb	6.01	2.88	2.01	4.75	0.49	2.61	12.80
Ba	163.00	168.00	119.00	65.94	65.92	116.71	185.00
La	9.27	6.11	4.62	4.89	2.19	10.80	29.10
Ce	21.70	15.20	12.70	10.59	2.73	22.58	77.70
Pr	3.21	2.42	2.06	1.78	0.77	3.77	11.20
Nd	16.30	10.90	12.00	8.93	4.24	15.76	53.00
Sm	4.46	2.83	3.38	2.66	1.16	3.22	13.70
Eu	1.43	0.99	1.19	0.82	0.48	0.88	3.58
Gd	4.52	3.23	3.57	3.43	1.65	2.82	15.70
Tb	0.73	0.58	0.67	0.57	0.33	0.35	2.68
Dy	4.61	3.77	4.60	4.21	2.43	2.00	16.80
Ho	0.94	0.83	0.85	0.82	0.47	0.35	3.46
Er	2.47	2.47	2.84	2.22	1.31	1.03	9.30
Tm	0.32	0.35	0.40	0.37	0.22	0.18	1.34
Yb	2.18	2.15	2.33	1.98	1.31	0.93	8.82
Lu	0.25	0.32	0.38	0.33	0.21	0.14	1.35
Hf	2.96	2.39	2.20	0.32	0.28	0.33	0.94
Ta	0.56	0.24	0.15	0.28	0.04	0.14	0.65
Pb	8.00	1.13	2.86	3.61	3.11	9.35	2.38
Th	0.42	1.01	0.25	0.39	0.11	1.66	0.42
U	0.14	0.29	0.10	0.23	0.11	0.29	0.21

## Приложение 4. Продолжение.

<b>Нюрундуканский комплекс Слюдинско-Курлинской и Гасан-Дякитской пластин</b>						
<b>Образец</b>	14-2/11*	14-3/11*	14-4/11*	R-14-2	16-1/11*	16-4/11
<b>Порода</b>	анатектит	анатектит	анатектит	анатектит	метадиорит	метадиорит
<b>SiO<sub>2</sub></b>	56.81	55.8	54.24	56.67	59.12	56.71
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0.08	0.12	0.36	0.12	1.34	1.36
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	24.23	24.07	21.05	24.11	16.4	16.54
<b>FeO*</b>	1.32	2.31	5.01	2.54	7.704	8.784
<b>MnO</b>	0.023	0.047	0.097	0.05	0.16	0.19
<b>MgO</b>	0.71	1.46	3.52	1.22	2.12	2.16
<b>CaO</b>	6.4	6.91	8.03	7.48	4.74	5.24
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	7.1	6.76	5.72	6.25	4.39	4.46
<b>K<sub>2</sub>O</b>	1.39	0.95	0.41	0.64	1.78	2.14
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.09	0.06	0.02	0.11	0.31	0.64
<b>V</b>	26.7	28.9	88.2	30.3	90.10	52.90
<b>Cr</b>	16	18	35.5	18.7	13.70	13.00
<b>Co</b>	3.1	5.62	10.9	5.92	12.70	12.00
<b>Ni</b>	11.7	15.1	22	20.2	9.60	8.27
<b>Cu</b>	9.62	14.3	11.2	12	12.00	15.60
<b>Zn</b>	13.5	25.3	44.1	26.1	103.00	113.00
<b>Ga</b>	19.9	21.3	19.2	18.5	22.70	22.30
<b>Rb</b>	20	12	6	5.05	42.70	51.60
<b>Sr</b>	990	944	923	1030	337.00	324.00
<b>Y</b>	1.23	1.14	6	1.68	44.60	50.20
<b>Zr</b>	24	26	30	9.88	321.00	239.00
<b>Nb</b>	0.5	0.62	1.29	0.6	8.30	8.37
<b>Ba</b>	402	328	185	234	444.00	552.00
<b>La</b>	6.26	6.47	5.72	6.67	21.50	25.00
<b>Ce</b>	8.82	8.88	8.69	9.67	50.90	60.70
<b>Pr</b>	0.92	0.83	1	0.96	7.30	8.04
<b>Nd</b>	3.15	2.68	3.87	2.99	30.80	35.50
<b>Sm</b>	0.29	0.28	0.79	0.49	7.31	8.70
<b>Eu</b>	0.58	0.7	0.75	0.61	2.26	2.32
<b>Gd</b>	0.33	0.27	0.89	0.42	7.53	8.73
<b>Tb</b>	0.037	0.04	0.14	0.059	1.20	1.36
<b>Dy</b>	0.18	0.21	0.85	0.34	7.29	8.53
<b>Ho</b>	0.033	0.026	0.21	0.055	1.49	1.84
<b>Er</b>	0.09	0.11	0.45	0.14	4.44	4.96
<b>Tm</b>	0.017	0.019	0.08	0.026	0.73	0.77
<b>Yb</b>	0.12	0.13	0.44	0.2	4.30	4.86
<b>Lu</b>	0.022	0.025	0.072	0.032	0.69	0.73
<b>Hf</b>	0.099	0.16	0.36	0.27	7.51	5.48
<b>Ta</b>	0.1	0.1	0.1	0.1	0.45	0.48
<b>Pb</b>	3.15	7.08	8.22	13.9	27.20	18.10
<b>Th</b>	0.19	0.21	0.1	0.36	2.48	3.04
<b>U</b>	0.16	0.1	0.1	0.1	0.79	0.63

## Приложение 4. Продолжение.

<b>Нюрундуканский комплекс Слюдинско-Курлинской и Гасан-Дякитской пластин</b>						
<b>Образец</b>	R-14-14-1	R-14-14-2	R-14-14-3	R-14-14-4	16-2/11*	16-3/11*
<b>Порода</b>	диоритогнейс	диоритогнейс	диоритогнейс	диоритогнейс	метадиорит	метадиорит
<b>SiO<sub>2</sub></b>	54.47	55.9	56.79	59.94	55.22	60.34
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0.94	0.97	0.98	0.85	2.37	1.77
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	17.43	17.31	16.86	15.85	15.68	15.58
<b>FeO*</b>	8.181	7.461	7.218	7.155	11.49	8.46
<b>MnO</b>	0.17	0.17	0.13	0.16	0.24	0.15
<b>MgO</b>	3.7	3.2	3.03	2.95	2.85	2.4
<b>CaO</b>	6.09	6.56	6.23	5.22	6.25	5.04
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	3.67	3.34	3.45	3.33	3.78	3.99
<b>K<sub>2</sub>O</b>	2.75	2.38	2.67	2.68	0.93	1.7
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.24	0.23	0.26	0.25	0.35	0.26
<b>V</b>	179.00	205.00	159.00	213.00	168.00	114.00
<b>Cr</b>	68.60	31.20	57.00	82.10	13.30	13.60
<b>Co</b>	20.50	20.30	18.70	24.70	17.70	15.00
<b>Ni</b>	33.90	31.90	32.20	44.40	8.42	9.15
<b>Cu</b>	21.00	24.70	30.30	46.10	16.00	13.80
<b>Zn</b>	81.50	84.40	85.10	81.80	117.00	98.20
<b>Ga</b>	17.40	18.60	19.30	17.70	23.10	20.10
<b>Rb</b>	54.20	51.90	73.60	64.80	16.00	41.50
<b>Sr</b>	441.00	643.00	543.00	531.00	331.00	283.00
<b>Y</b>	29.00	28.50	34.30	35.80	48.90	32.40
<b>Zr</b>	139.00	169.00	170.00	176.00	211.00	186.00
<b>Nb</b>	5.17	5.00	6.02	6.36	8.20	6.08
<b>Ba</b>	758.00	610.00	960.00	502.00	228.00	329.00
<b>La</b>	21.10	24.40	23.70	21.70	19.50	13.80
<b>Ce</b>	48.20	52.70	53.70	46.80	49.30	36.60
<b>Pr</b>	6.21	6.69	6.88	6.22	6.87	5.06
<b>Nd</b>	26.80	28.20	28.90	22.90	30.50	21.50
<b>Sm</b>	5.37	5.36	6.43	5.61	7.86	5.31
<b>Eu</b>	1.63	1.52	1.85	1.60	2.41	1.80
<b>Gd</b>	5.11	5.06	5.34	5.63	8.34	5.53
<b>Tb</b>	0.85	0.74	0.85	0.90	1.28	0.91
<b>Dy</b>	4.93	4.78	5.48	5.59	8.35	5.61
<b>Ho</b>	1.03	1.00	1.24	1.24	1.74	1.19
<b>Er</b>	2.76	2.87	3.41	3.66	5.12	3.49
<b>Tm</b>	0.38	0.41	0.48	0.49	0.81	0.50
<b>Yb</b>	3.04	3.19	3.44	3.66	4.56	3.26
<b>Lu</b>	0.46	0.47	0.56	0.56	0.81	0.53
<b>Hf</b>	3.75	4.71	4.47	4.95	5.07	4.56
<b>Ta</b>	0.27	0.27	0.34	0.45	0.54	0.39
<b>Pb</b>	18.40	14.60	13.50	14.90	5.19	7.11
<b>Th</b>	4.03	4.41	5.37	5.42	1.47	1.82
<b>U</b>	0.22	0.25	0.41	0.31	0.42	0.54

## Приложение 4. Продолжение.

Нюрундуканский комплекс Слюдинско-Курлинской и Гасан-Дякитской пластин						
Образец	R14-25-1	8A/98	R14-22-2	R-14-12-10	RVK-8/1	23-6-11
Порода	диоритогнейс	пл.мигматит	пл.мигматит	пл.мигматит	пл.мигматит	пл.мигматит
SiO <sub>2</sub>	60.74	58.6	63	67.73	68.64	
TiO <sub>2</sub>	1.00	0.72	1.04	0.95	0.28	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.39	14.64	13.8	14.31	14.09	
FeO*	7.38	7.371	8.982	5.499	5.319	
MnO	0.11	0.15	0.2	0.15	0.17	
MgO	2.34	5.38	2.36	1.46	1.71	
CaO	3.74	8.28	7.19	4.89	5.35	
Na <sub>2</sub> O	3.29	3.32	2.11	3.91	3.19	
K <sub>2</sub> O	2.09	0.28	0.13	0.26	0.2	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.17	0.06	0.2	0.18	0.05	
V	75.60	249.00	169.00	62.10	111.00	99.00
Cr	16.20	212.00	15.30	12.40	10.50	12.50
Co	10.20	41.30	17.40	7.97	12.40	11.10
Ni	7.93	54.70	28.00	14.00	14.30	10.50
Cu	22.80	12.30	21.90	10.30	23.30	12.90
Zn	48.80	67.50	62.90	56.60	40.60	95.70
Ga	12.10	16.20	15.70	14.30	10.80	15.60
Rb	5.41	2.05	2.00	2.00	2.00	2.00
Sr	260.00	184.00	148.00	165.00	138.00	109.00
Y	24.50	39.60	40.60	54.90	19.20	62.90
Zr	97.80	79.80	150.00	160.00	39.40	74.80
Nb	2.95	1.99	1.06	2.58	0.73	2.67
Ba	69.00	97.20	43.80	114.00	64.60	70.00
La	17.40	7.37	6.42	8.00	2.49	9.14
Ce	31.60	19.80	16.20	20.90	5.61	25.00
Pr	4.63	2.81	2.62	3.27	0.87	3.98
Nd	18.80	14.10	14.70	16.70	4.38	19.80
Sm	4.43	3.92	4.19	5.31	1.49	6.57
Eu	1.19	1.17	1.42	1.33	0.39	1.81
Gd	4.58	4.75	5.21	6.36	1.88	7.28
Tb	0.69	0.97	0.95	1.32	0.39	1.49
Dy	4.04	5.77	6.49	8.75	2.83	9.42
Ho	0.89	1.29	1.55	1.96	0.63	2.21
Er	2.64	4.42	4.62	6.04	2.09	6.66
Tm	0.35	0.76	0.59	0.93	0.31	1.08
Yb	2.20	4.72	4.30	6.16	2.58	7.04
Lu	0.36	0.47	0.56	0.88	0.37	0.94
Hf	2.98	2.91	4.05	4.84	1.48	2.66
Ta	0.20	0.11	0.11	0.15	0.10	0.17
Pb	3.89	2.04	4.72	3.18	11.70	2.31
Th	1.41	0.88	0.46	0.28	0.21	0.99
U	0.53	0.18	0.15	0.10	0.10	0.34

## Приложение 4. Продолжение.

<b>Нюрундуканский комплекс Слюдинско-Курлинской и Гасан-Дякитской пластин</b>						
<b>Образец</b>	9/10-01*	132-1/95	7Б/98	23-4/11*	23-3/11*	051-3/91
<b>Порода</b>	пл.мигматит	трондьемит	трондьемит	трондьемит	трондьемит	трондьемит
<b>SiO<sub>2</sub></b>	66.4	77.79	75.45	75.18	72.48	75.04
<b>TiO<sub>2</sub></b>	1.01	0.08	0.09	0.29	0.22	0.24
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	14	12.24	13.1	12.42	13.52	13.68
<b>FeO*</b>	6.73	1.89	2.682	3.078	3.213	2.222
<b>MnO</b>	0.17	0.016	0.06	0.03	0.097	0.1
<b>MgO</b>	1.49	0.13	0.49	0.52	0.77	1.51
<b>CaO</b>	4.92	3.99	2.98	2.63	3.47	0.85
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	4.26	3.65	4.19	4.38	4.74	6.22
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0.16	0.02	0.23	0.17	0.17	0.26
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.24	0.01	0.01	0.05	0.05	0.01
<b>V</b>	65.80	6.95	26.10	29.40	25.80	6.23
<b>Cr</b>	19.30	15.30	17.60	17.30	12.60	85.90
<b>Co</b>	6.23	2.21	5.59	4.36	3.18	2.39
<b>Ni</b>	8.54	8.77	8.89	11.70	9.19	18.70
<b>Cu</b>	15.30	5.80	11.30	14.40	19.10	4.79
<b>Zn</b>	65.70	9.59	40.40	25.50	35.80	48.10
<b>Ga</b>	16.80	14.60		10.90	11.20	16.70
<b>Rb</b>	2.00	2.00	3.98	2.04	2.00	4.47
<b>Sr</b>	200.00	114.00	130.00	99.90	136.00	48.90
<b>Y</b>	53.00	49.80	22.00	48.10	20.30	69.20
<b>Zr</b>	188.00	106.00	72.00	52.60	58.50	241.00
<b>Nb</b>	4.29	2.06	1.35	1.03	0.86	4.20
<b>Ba</b>	107.00	38.00	116.00	57.70	91.60	197.00
<b>La</b>	10.70	3.11	3.34	2.40	2.30	12.70
<b>Ce</b>	28.10	8.83	8.68	6.32	5.31	34.70
<b>Pr</b>	4.16	1.47	1.13	0.98	0.77	5.27
<b>Nd</b>	19.50	9.90	5.40	4.98	3.53	27.10
<b>Sm</b>	5.79	3.92	1.46	2.18	1.16	7.89
<b>Eu</b>	1.62	0.75	0.33	0.55	0.48	1.87
<b>Gd</b>	6.09	5.18	2.18	3.47	1.53	7.83
<b>Tb</b>	1.31	1.12	0.47	0.82	0.35	1.55
<b>Dy</b>	8.46	6.99	2.84	6.32	2.75	10.60
<b>Ho</b>	1.92	1.61	0.67	1.59	0.65	2.33
<b>Er</b>	6.04	5.81	2.21	5.15	2.26	7.29
<b>Tm</b>	0.84	1.05	0.51	0.84	0.41	1.02
<b>Yb</b>	5.90	6.60	2.92	5.38	2.80	8.79
<b>Lu</b>	0.89	0.71	0.40	0.78	0.44	1.15
<b>Hf</b>	5.52	3.84	1.97	1.44	1.58	6.63
<b>Ta</b>	0.23	0.11	0.10	0.10	0.10	0.37
<b>Pb</b>	2.28	1.04	3.01	1.48	1.00	2.28
<b>Th</b>	1.61	0.28	0.41	0.21	0.17	1.35
<b>U</b>	0.26	0.10	0.17	0.10	0.10	0.44

## Приложение 4. Продолжение.

<b>Нюрундуканский комплекс Слюдинско-Курлинской и Гасан-Дякитской пластин</b>						
<b>Образец</b>	9-10/02	23/1-1*	R-14-12-18	13-5/11*	15-2/11*	Б-2
<b>Порода</b>	трондьемит	трондьемит	трондьемит	трондьемит	трондьемит	трондьемит
<b>SiO<sub>2</sub></b>	75.5		70.46	75.01	78.13	73.2
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0.38		0.56	0.06	0.21	0.08
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	12.9		15.62	14.84	12.29	15.2
<b>FeO*</b>	1.593		2.448	0.693	1.91	1.381
<b>MnO</b>	0.028		0.05	0.013	0.02	0.1
<b>MgO</b>	0.17		0.9	0.16	0.22	0.48
<b>CaO</b>	3.95		3.69	1.29	2.37	2.8
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	4.03		4.8	6.4	4.8	5.5
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0.27		0.5	0.76	0.08	0.54
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.05		0.15	0.005	0.05	0.53
<b>V</b>	21.30	38.20	42.00	11.60	18.00	19.90
<b>Cr</b>	30.70	12.10	18.70	12.50	7.96	15.90
<b>Co</b>	1.91	3.21	4.80	1.16	3.24	2.22
<b>Ni</b>	10.30	10.10	14.40	8.65	10.00	15.30
<b>Cu</b>	24.10	5.90	9.60	4.34	12.90	5.84
<b>Zn</b>	52.90	20.80	25.40	15.80	18.50	22.30
<b>Ga</b>	9.45	13.10	12.40	14.50	10.50	14.30
<b>Rb</b>	3.23	4.76	8.17	15.00	2.00	11.60
<b>Sr</b>	186.00	261.00	203.00	175.00	330.00	425.00
<b>Y</b>	3.54	3.93	8.96	2.48	3.10	1.97
<b>Zr</b>	41.60	53.90	220.00	73.00	81.10	106.00
<b>Nb</b>	1.84	0.72	1.45	1.41	0.83	1.34
<b>Ba</b>	129.00	151.00	154.00	681.00	78.40	293.00
<b>La</b>	2.05	1.03	2.00	6.89	1.79	4.85
<b>Ce</b>	3.57	1.85	4.72	15.90	2.88	11.50
<b>Pr</b>	0.41	0.23	0.68	1.55	0.36	0.86
<b>Nd</b>	1.48	1.23	3.24	5.21	1.37	3.35
<b>Sm</b>	0.33	0.43	0.76	1.02	0.32	0.68
<b>Eu</b>	0.33	0.31	0.41	0.54	0.44	0.76
<b>Gd</b>	0.32	0.54	1.16	0.67	0.37	0.51
<b>Tb</b>	0.08	0.10	0.19	0.07	0.08	0.10
<b>Dy</b>	0.50	0.71	1.37	0.42	0.48	0.27
<b>Ho</b>	0.12	0.13	0.34	0.07	0.14	0.06
<b>Er</b>	0.36	0.38	0.87	0.21	0.42	0.12
<b>Tm</b>	0.06	0.06	0.13	0.05	0.07	0.04
<b>Yb</b>	0.39	0.35	0.95	0.33	0.59	0.38
<b>Lu</b>	0.07	0.06	0.14	0.07	0.12	0.06
<b>Hf</b>	0.98	1.31	5.22	2.34	2.01	2.67
<b>Ta</b>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.13
<b>Pb</b>	2.30	173.00	4.96	3.02	6.25	4.81
<b>Th</b>	0.15	0.12	0.15	1.19	0.10	1.80
<b>U</b>	0.10	0.10	0.10	0.26	0.10	0.14

## Приложение 4. Продолжение.

<b>Онколнокитский комплекс Богучанской пластины</b>					
<b>Образец</b>	<b>R-14-17-4</b>	<b>34-2/12</b>	<b>R-14-16-7</b>	<b>34-3/12</b>	<b>12/1-13*</b>
<b>Порода</b>	<b>гн.-гранит</b>	<b>гн.-гранит</b>	<b>гн.-гранит</b>	<b>гн.-гранит</b>	<b>гн.-гранит</b>
<b>SiO<sub>2</sub></b>	77.47	76.5	76.23	74.92	75.31
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0.22	0.2	0.21	0.31	0.15
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	11.86	12.43	12.65	13.28	13.35
<b>FeO*</b>	1.26	1.521	1.575	1.512	1.107
<b>MnO</b>	0.015	0.02	0.026	0.018	0.012
<b>MgO</b>	0.15	0.22	0.24	0.22	0.16
<b>CaO</b>	0.62	0.55	0.91	0.51	0.22
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	2.94	3.35	3.48	3.54	3.33
<b>K<sub>2</sub>O</b>	5.18	4.46	4.37	4.97	5.35
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.03	0.02	0.04	0.02	0.03
<b>V</b>	7.82	14.40	9.08	13.40	9.66
<b>Cr</b>	21.30	9.58	14.70	9.02	12.00
<b>Co</b>	1.95	2.04	1.80	2.61	1.01
<b>Ni</b>	8.39	6.22	6.08	6.76	4.58
<b>Cu</b>	8.65	7.68	4.48	13.50	5.62
<b>Zn</b>	13.70	30.50	16.20	21.90	12.10
<b>Ga</b>	12.70	19.10	15.10	19.10	14.80
<b>Rb</b>	82.70	51.90	101.00	96.40	81.90
<b>Sr</b>	102.00	47.70	44.80	45.30	70.90
<b>Y</b>	6.96	16.00	12.30	32.60	3.66
<b>Zr</b>	109.00	188.00	38.30	307.00	99.60
<b>Nb</b>	4.52	2.10	5.97	12.30	2.41
<b>Ba</b>	325.00	412.00	190.00	403.00	278.00
<b>La</b>	29.80	42.70	30.60	34.10	24.30
<b>Ce</b>	59.80	79.90	50.70	70.00	45.30
<b>Pr</b>	6.14	9.14	5.67	8.90	4.47
<b>Nd</b>	18.70	33.70	18.10	34.40	15.60
<b>Sm</b>	2.68	6.04	3.21	7.15	2.07
<b>Eu</b>	0.53	1.04	0.46	0.79	0.43
<b>Gd</b>	2.12	5.27	2.65	6.25	1.63
<b>Tb</b>	0.28	0.69	0.42	0.99	0.21
<b>Dy</b>	1.48	3.33	2.35	5.75	0.78
<b>Ho</b>	0.26	0.58	0.45	1.19	0.13
<b>Er</b>	0.77	1.64	1.17	3.44	0.32
<b>Tm</b>	0.10	0.23	0.16	0.55	0.04
<b>Yb</b>	0.59	1.45	1.02	3.26	0.45
<b>Lu</b>	0.10	0.22	0.15	0.41	0.07
<b>Hf</b>	3.65	6.13	1.28	8.44	3.57
<b>Ta</b>	0.19	0.12	0.30	1.09	0.12
<b>Pb</b>	27.10	9.72	16.60	14.00	21.40
<b>Th</b>	8.85	3.81	7.87	2.98	8.62
<b>U</b>	0.42	0.37	0.71	0.48	0.45

## Приложение 4. Продолжение.

<b>Онколнокитский комплекс Слюдинско-Курлинской и Гасан-Дякитской пластин</b>						
<b>Образец</b>	20-2/12	R14-19-2	ET-4-8	42-6/12	42-1/12	R-14-21-1
<b>Порода</b>	гн.-гранит	гн.-гранит	гн.-гранит	гн.-гранит	гн.-гранит	гн.-гранит
<b>SiO<sub>2</sub></b>	73.49	74.27	75.76	73.6	70.84	71.01
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0.17	0.01	0.03	0.21	0.36	0.44
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	14.22	15	14.38	14.12	14.5	14.72
<b>FeO*</b>	1.809	0.73	0.31	1.413	2.52	2.88
<b>MnO</b>	0.42	0.18	0.07	0.03	0.049	0.05
<b>MgO</b>	0.25	0.1	1.18	0.25	1.12	0.55
<b>CaO</b>	0.96	1.31	1.07	0.99	2.42	1.83
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	5.63	4.43	4.21	3.59	3.69	3.67
<b>K<sub>2</sub>O</b>	2.34	3.53	4.31	4.82	3.33	4.19
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.03	0.05	0.05	0.04	0.005	0.08
<b>V</b>	12.50	2.50	2.50	8.25	38.60	18.00
<b>Cr</b>	12.70	16.60	4.57	16.00	13.00	16.60
<b>Co</b>	1.28	0.50	0.50	1.80	5.45	3.29
<b>Ni</b>	11.30	10.50	1.31	12.40	8.00	12.50
<b>Cu</b>	5.40	4.37	5.78	10.10	7.77	5.84
<b>Zn</b>	39.70	10.40	8.23	34.60	38.50	38.50
<b>Ga</b>	19.00	20.50	16.10	14.00	16.80	15.80
<b>Rb</b>	61.40	114.00	75.00	82.70	85.20	75.30
<b>Sr</b>	65.20	96.70	137.00	87.00	217.00	158.00
<b>Y</b>	42.00	17.50	12.90	14.30	21.00	29.70
<b>Zr</b>	207.00	64.90	39.20	200.00	296.00	256.00
<b>Nb</b>	16.60	1.96	1.90	3.55	6.03	4.98
<b>Ba</b>	175.00	126.00	665.00	727.00	784.00	711.00
<b>La</b>	20.60	2.62	4.27	38.10	22.80	25.80
<b>Ce</b>	45.70	5.82	9.66	70.80	43.10	53.50
<b>Pr</b>	5.21	0.82	1.10	7.71	5.01	5.91
<b>Nd</b>	18.50	3.94	4.23	26.40	18.20	23.80
<b>Sm</b>	4.29	1.73	1.25	4.57	3.98	5.08
<b>Eu</b>	0.42	0.23	0.27	0.77	0.80	0.69
<b>Gd</b>	5.19	2.10	1.49	4.19	3.73	4.66
<b>Tb</b>	0.90	0.43	0.30	0.50	0.59	0.73
<b>Dy</b>	6.16	2.61	2.04	2.77	3.41	5.00
<b>Ho</b>	1.38	0.44	0.36	0.53	0.77	1.06
<b>Er</b>	4.40	1.23	1.04	1.30	2.12	2.91
<b>Tm</b>	0.70	0.16	0.16	0.20	0.34	0.44
<b>Yb</b>	4.20	1.47	1.05	1.18	2.36	3.35
<b>Lu</b>	0.67	0.16	0.15	0.18	0.32	0.39
<b>Hf</b>	6.29	5.62	2.30	5.60	7.33	6.73
<b>Ta</b>	1.35	0.25	0.30	0.21	0.69	0.51
<b>Pb</b>	14.10	52.60	22.50	15.00	12.50	29.00
<b>Th</b>	11.80	1.80	1.64	7.54	9.01	8.25
<b>U</b>	3.17	2.68	1.62	0.51	1.04	0.59

## Приложение 4. Продолжение.

Образец	Чая-нюрундуканский комплекс (массив Тонкий Мыс)						
	7-1/11 *	R15-26/1	7-2/11*	7-5/11*	R15-25/4	3/10-7*	10/1-11*
Порода	ультрабазит	ультрабазит	габброид	габброид	габброид	габброид	габброид
SiO <sub>2</sub>	42.21	36.95	49.14	48.74	47.38	48.9	46.9
TiO <sub>2</sub>	0.12	0.31	0.17	0.17	0.34	0.26	0.22
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.19	3.85	24.3	24.39	19.77	22.4	18.76
FeO*	17.388	24.57	4.824	4.428	7.434	4.86	8.469
MnO	0.27	0.37	0.07	0.06	0.11	0.07	0.1
MgO	21.36	28.42	6.03	6.76	10.17	6.42	12.74
CaO	4.78	2.03	8.54	7.53	9.05	10.01	8.53
Na <sub>2</sub> O	0.89	0.42	3.46	3.71	2.38	3.62	2.58
K <sub>2</sub> O	0.16	0.08	0.49	0.66	0.29	0.29	0.17
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.06	0.005
V	24.2	51	22.8	24.5	38.8	25.7	32.9
Cr	17.1	10.2	14.4	16.4	19.3	19.5	49.7
Co	120	160	31.9	34	49.4	26.5	64.1
Ni	321	493	84.3	82	153	69.3	197
Cu	7.25	10.4	12.7	5.65	4.29	6.36	7.74
Zn	92.9	129	31.7	33.6	45.1	25.9	54.5
Ga	7.5	3.26	16.2	15.8	11.2	14.1	13.6
Rb	2	2	5.31	4.14	2	2	6
Sr	324	129	982	1460	478	901	632
Y	1.46	1.38	0.88	1.08	2.87	1.89	2.6
Zr	4.42	3.17	4.39	4	5.23	7.96	26
Nb	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.56	0.58
Ba	59.9	22.4	145	205	68.8	104	78.6
La	1.46	0.6	2.15	2.69	2.18	3.17	2.13
Ce	2.29	1.29	3.58	4.32	3.97	5.36	4.36
Pr	0.29	0.18	0.5	0.54	0.54	0.64	0.59
Nd	1.19	0.83	1.95	1.73	2.34	2.41	2.41
Sm	0.23	0.2	0.36	0.27	0.5	0.42	0.44
Eu	0.22	0.16	0.6	0.38	0.4	0.55	0.53
Gd	0.23	0.22	0.23	0.3	0.53	0.45	0.45
Tb	0.033	0.041	0.028	0.04	0.089	0.06	0.071
Dy	0.23	0.25	0.18	0.23	0.54	0.38	0.42
Ho	0.054	0.054	0.032	0.04	0.11	0.07	0.082
Er	0.14	0.16	0.054	0.088	0.3	0.16	0.27
Tm	0.031	0.026	0.0079	0.02	0.04	0.024	0.029
Yb	0.16	0.19	0.05	0.088	0.27	0.14	0.26
Lu	0.035	0.036	0.0091	0.018	0.048	0.022	0.032
Hf	0.074	0.086	0.099	0.19	0.19	0.23	0.25
Ta	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Pb	6.02	1.46	13.2	2.7	1	1.14	8.01
Th	0.1	0.1	0.1	0.21	0.2	0.25	0.15
U	0.24	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

## Приложение 4. Продолжение.

Образец	Нижнеангарский комплекс					
	R14-19-3	4/10-03*	6/10-02*	4/10-01*	НА	5/10-01*
Порода	лейкогранит	лейкогранит	лейкогранит	лейкогранит	лейкогранит	лейкогранит
SiO <sub>2</sub>	72.94	72.8	72.3	71.9	71.5	71.4
TiO <sub>2</sub>	0.1	0.11	0.09	0.07	0.19	0.14
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.37	14.8	15.3	15.2	15.5	15.4
FeO*	1.116	1.161	0.927	0.963	1.404	1.188
MnO	0.03	0.015	0.02	0.016	0.027	0.018
MgO	0.22	0.22	0.26	0.32	0.5	0.22
CaO	1.79	0.99	2.35	1.78	2.43	2.22
Na <sub>2</sub> O	4.44	4.51	4.6	4	4.67	4.32
K <sub>2</sub> O	3.32	4.15	2.81	3.72	2.75	3.68
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.05	0.05	0.05	0.05	0.07	0.07
V	16.20	8.31	8.28	7.52	16.20	10.00
Cr	68.50	13.00	11.60	13.10	17.50	12.80
Co	2.31	1.52	1.46	1.19	2.49	1.67
Ni	23.00	12.20	10.70	9.99	10.80	10.50
Cu	9.60	11.00	8.44	8.93	8.04	11.60
Zn	14.90	22.30	21.40	39.90	33.80	22.40
Ga	18.60	16.90	18.90	18.10		17.60
Rb	67.90	62.30	58.40	55.80	29.00	50.60
Sr	371.00	483.00	517.00	327.00	664.00	687.00
Y	2.69	1.49	2.43	1.57	2.68	3.12
Zr	49.70	92.10	80.80	46.10	109.00	117.00
Nb	1.95	1.58	1.68	1.92	3.19	2.11
Ba	771.00	1510.00	1290.00	888.00	1260.00	1510.00
La	4.67	8.69	7.53	4.90	13.70	13.70
Ce	7.76	17.20	12.90	10.20	26.10	25.20
Pr	1.04	1.86	1.51	1.15	2.89	2.76
Nd	4.79	6.64	5.33	4.02	10.10	8.58
Sm	1.02	0.96	0.93	0.87	1.86	1.68
Eu	0.52	0.62	0.39	0.35	0.63	0.52
Gd	0.80	0.69	0.71	0.55	1.00	0.84
Tb	0.11	0.07	0.09	0.06	0.13	0.11
Dy	0.58	0.27	0.42	0.31	0.55	0.58
Ho	0.10	0.05	0.09	0.05	0.11	0.10
Er	0.24	0.16	0.16	0.12	0.22	0.26
Tm	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.05
Yb	0.24	0.13	0.19	0.15	0.11	0.24
Lu	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05
Hf	1.83	3.10	2.50	1.59	2.35	3.43
Ta	0.17	0.10	0.10	0.10	0.16	0.10
Pb	30.30	38.20	16.90	14.20	12.70	15.50
Th	1.84	2.09	1.93	1.47	1.40	2.59
U	1.11	0.68	0.63	0.21	0.36	0.52

## Приложение 4. Продолжение.

Образец	Нижнеангарский комплекс					
	SN-8-4	RA-5//12	ЕТ-4-1	ЕТ-4-4	ЕТ-4-7	32-1/11*
Порода	лейкогранит	лейкогранит	лейкогранит	лейкогранит	лейкогранит	лейкогранит
SiO <sub>2</sub>	72.51	73.93	74.27	73.93	73.08	73.01
TiO <sub>2</sub>	0.15	0.04	0.01	0.04	0.08	0.06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.39	14.94	15	14.94	14.67	15.77
FeO*	0.819	0.53	0.73	0.53	0.98	0.531
MnO	0.024	0.021	0.02	0.05	0.04	0.009
MgO	0.31	0.14	1.18	1.15	1.17	0.18
CaO	1.3	1.23	1.27	1.11	1.1	2.13
Na <sub>2</sub> O	4.47	4.44	4.45	4.37	4.65	6.04
K <sub>2</sub> O	4.01	3.99	3.86	3.83	2.94	1.73
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.04	0.03	0.06	0.05	0.05	0.005
V	10.40	3.98	5.36			10.40
Cr	7.23	86.60	7.55			16.00
Co	1.03	1.12	1.00			1.04
Ni	4.51	42.30	2.40			10.70
Cu	6.73	13.80	1.33			9.14
Zn	27.90	15.60	18.80			12.90
Ga	19.50	15.70	16.20			21.70
Rb	82.00	59.90	63.40			34.40
Sr	391.00	398.00	360.00			235.00
Y	2.57	5.94	1.77			1.25
Zr	75.50	71.40	57.70			45.20
Nb	1.77	0.65	1.25			2.23
Ba	1190.00	805.00	979.00			604.00
La	6.03	8.70	6.64			4.47
Ce	14.70	17.10	12.50			7.40
Pr	1.58	2.11	1.47			0.97
Nd	5.75	7.93	5.52			3.21
Sm	1.47	2.08	0.95			0.85
Eu	0.52	0.53	0.40			0.27
Gd	0.90	1.44	0.60			0.57
Tb	0.11	0.17	0.07			0.07
Dy	0.38	1.06	0.36			0.34
Ho	0.08	0.20	0.05			0.05
Er	0.21	0.46	0.14			0.11
Tm	0.03	0.07	0.02			0.03
Yb	0.19	0.39	0.16			0.12
Lu	0.03	0.07	0.03			0.02
Hf	2.74	3.17	1.96			2.36
Ta	0.16	0.10	0.10			0.22
Pb	33.90	58.00	26.80			15.20
Th	2.28	1.96	2.03			2.39
U	0.75	1.38	0.84			0.99

## Приложение 4. Продолжение.

Образец	Нижнеангарский комплекс					
	RA-1/12	13-10/11*	13-9/11*	13-16/11*	SN-1-3	SN-3-3
Порода	лейкогранит	лейкогранит	лейкогранит	лейкогранит	лейкогранит	лейкогранит
SiO <sub>2</sub>	72.37	72.18	71.27	69.87	71.1	70.37
TiO <sub>2</sub>	0.16	0.12	0.08	0.16	0.1	0.13
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.61	15.68	17.27	16.5	17.02	16.83
FeO*	1.143	1.422	0.612	1.305	0.621	1.044
MnO	0.024	0.037	0.01	0.019	0.014	0.027
MgO	0.64	0.55	0.36	0.61	0.49	0.33
CaO	1.74	1.83	1.82	1.9	2.37	2.89
Na <sub>2</sub> O	5.68	4.9	6.21	6.84	5.71	5.66
K <sub>2</sub> O	1.12	1.87	1.34	1.01	1.19	1.41
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.05	0.05	0.02	0.05	0.02	0.03
V	14.60	13.80	15.00	14.70	13.70	13.50
Cr	9.30	15.50	41.80	17.40	8.42	7.92
Co	1.68	1.63	2.04	1.70	0.97	1.82
Ni	9.70	9.05	23.10	11.40	5.58	5.48
Cu	16.70	7.57	11.50	10.40	5.22	7.90
Zn	21.10	38.60	15.90	33.30	13.50	24.20
Ga	18.20	18.20	17.10	17.60	15.40	19.00
Rb	28.80	27.70	14.70	12.80	15.80	23.50
Sr	263.00	302.00	884.00	507.00	583.00	494.00
Y	3.04	5.88	2.26	3.38	2.46	2.51
Zr	75.20	65.30	81.50	96.00	106.00	54.00
Nb	2.43	2.95	1.90	1.12	0.62	1.26
Ba	554.00	1560.00	1070.00	675.00	711.00	794.00
La	6.44	9.87	4.56	7.54	7.77	8.31
Ce	12.60	20.10	15.90	15.90	13.50	14.00
Pr	1.48	2.33	1.37	1.77	1.71	1.71
Nd	5.21	7.79	5.24	6.00	6.04	6.56
Sm	1.18	1.54	1.16	0.95	1.19	1.34
Eu	0.42	0.71	0.50	0.58	0.51	0.61
Gd	0.96	1.18	0.86	0.81	0.68	0.76
Tb	0.10	0.17	0.13	0.11	0.10	0.12
Dy	0.61	0.96	0.50	0.52	0.52	0.52
Ho	0.10	0.20	0.11	0.11	0.10	0.09
Er	0.27	0.56	0.21	0.30	0.25	0.24
Tm	0.05	0.09	0.03	0.05	0.04	0.03
Yb	0.18	0.62	0.25	0.33	0.31	0.17
Lu	0.04	0.10	0.04	0.06	0.05	0.04
Hf	2.72	2.30	2.37	2.45	2.65	1.70
Ta	0.14	0.14	0.10	0.10	0.10	0.10
Pb	11.70	12.50	49.40	5.51	12.10	16.50
Th	1.67	1.53	5.72	1.27	1.06	0.98
U	0.75	0.53	1.81	0.36	0.31	0.22

## Приложение 4. Продолжение.

Образец	Нижнеангарский комплекс					
	РА-4/12	08-1/16*	09-2/16*	ЕТ-4-2	Р-14-7а	Р-14-7б
Порода	лейкогранит	лейкогранит	лейкогранит	лейкогранит	лейкогранит	лейкогранит
SiO <sub>2</sub>	70.83	72.62	71.05	71.81	72.98	72.74
TiO <sub>2</sub>	0.22	0.06	0.08	0.16	0.07	0.1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.82	15.37	16.34	15.35	15.20	15.40
FeO*	1.458	0.909	1.062	1.323	0.918	0.972
MnO	0.04	0.02	0.01	0.03	0.02	0.02
MgO	0.78	1.28	1.63	1.49	1.39	1.33
CaO	3.07	1.94	1.4	2.57	2.29	2.38
Na <sub>2</sub> O	5.05	4.83	5.72	5.21	4.92	4.89
K <sub>2</sub> O	1.63	2.31	1.69	1.55	1.33	1.32
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.1	0.07	0.05	0.1	0.06	0.08
V	14.40		14.70		6.86	5.50
Cr	11.30		6.30		15.40	4.85
Co	2.26		1.19		1.51	1.10
Ni	11.10		3.06		6.73	2.09
Cu	8.65		1.23		2.25	1.50
Zn	39.30		7.61		13.70	12.70
Ga	19.10		13.80		12.40	11.40
Rb	47.30		20.30		15.20	13.60
Sr	468.00		464.00		496.00	532.00
Y	4.89		2.11		1.78	1.61
Zr	72.30		63.90		72.80	69.30
Nb	2.55		0.90		0.50	0.50
Ba	777.00		953.00		1070.00	1140.00
La	7.37		5.91		5.97	6.27
Ce	15.50		11.30		9.74	12.20
Pr	1.74		1.38		1.26	1.32
Nd	6.35		5.42		4.57	4.89
Sm	1.64		0.93		0.80	0.77
Eu	0.56		0.39		0.32	0.33
Gd	1.08		0.72		0.51	0.50
Tb	0.16		0.08		0.07	0.05
Dy	0.92		0.38		0.34	0.24
Ho	0.17		0.06		0.05	0.05
Er	0.41		0.21		0.17	0.14
Tm	0.06		0.03		0.03	0.02
Yb	0.41		0.22		0.15	0.13
Lu	0.08		0.03		0.03	0.02
Hf	2.30		2.06		2.23	2.00
Ta	0.16		0.10		0.10	0.10
Pb	10.60		21.60		10.30	9.14
Th	1.13		2.08		1.43	1.32
U	0.70		0.74		0.36	0.32

## Приложение 4. Продолжение.

Образец	Нижнеангарский комплекс						
	SN-8-2	8/10-02*	SN-4-6	08-7/16*	08-3/16*	8-4/16*	16-5/16*
Порода	лейкогранит	лейкогранит	лейкогранит	лейкогранит	лейкогранит	лейкогранит	лейкогранит
SiO <sub>2</sub>	71.32	71.3	70.48	70.81	71.19	75.07	75.56
TiO <sub>2</sub>	0.19	0.23	0.23	0.27	0.27	0.06	0.02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.2	13.9	15.66	15.11	15.03	14.26	14.35
FeO*	1.332	2.691	1.8	2.133	2.061	1.044	0.864
MnO	0.034	0.047	0.048	0.05	0.04	0.01	0.02
MgO	0.46	0.98	0.74	1.61	1.87	0.41	0.22
CaO	2.69	3.46	3.32	2.94	3.04	2.89	1.91
Na <sub>2</sub> O	5.31	4.18	4.68	4.58	4.41	5.37	5.05
K <sub>2</sub> O	1.57	1.41	1.85	1.49	1.06	0.35	1.19
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.05	0.05	0.1	0.13	0.12	0.05	0.05
V	17.30	14.90	20.10	16.80	17.20	8.98	8.11
Cr	7.01	15.50	6.66	16.00	15.10	4.99	11.80
Co	2.43	2.55	3.42	4.17	3.41	1.33	0.89
Ni	5.37	12.10	5.63	9.18	12.70	3.25	5.66
Cu	5.19	13.80	10.80	8.09	2.86	7.48	1.93
Zn	33.50	33.10	39.00	33.80	39.80	25.60	11.20
Ga	21.00	17.20	18.40	13.50	13.80	11.30	14.10
Rb	51.70	27.60	33.20	19.60	13.90	5.89	16.40
Sr	424.00	479.00	440.00	528.00	497.00	414.00	329.00
Y	5.08	5.04	5.36	3.73	4.14	2.11	4.85
Zr	85.30	134.00	109.00	112.00	112.00	55.60	42.40
Nb	2.59	4.97	3.87	2.42	2.46	0.50	3.75
Ba	798.00	1250.00	921.00	666.00	724.00	252.00	491.00
La	7.30	13.50	13.40	10.10	10.80	2.97	6.18
Ce	15.80	28.70	26.10	20.20	24.40	5.83	9.94
Pr	1.69	2.87	2.88	1.92	2.25	0.75	1.10
Nd	6.55	9.70	10.50	7.07	7.72	2.74	3.94
Sm	1.81	1.63	2.20	1.10	1.27	0.48	0.68
Eu	0.51	0.79	0.77	0.50	0.58	0.30	0.32
Gd	1.28	1.27	1.82	0.81	0.91	0.41	0.75
Tb	0.18	0.17	0.21	0.11	0.13	0.07	0.14
Dy	0.88	0.83	0.89	0.57	0.66	0.39	0.73
Ho	0.16	0.16	0.17	0.12	0.12	0.07	0.15
Er	0.48	0.49	0.52	0.37	0.42	0.23	0.47
Tm	0.05	0.08	0.07	0.06	0.05	0.03	0.08
Yb	0.54	0.36	0.41	0.37	0.37	0.20	0.53
Lu	0.07	0.08	0.08	0.07	0.06	0.04	0.11
Hf	2.64	3.61	2.96	3.12	2.88	1.71	1.84
Ta	0.21	0.20	0.28	0.10	0.13	0.10	0.19
Pb	15.50	10.70	10.00	7.05	8.38	12.90	11.30
Th	1.29	2.12	1.80	1.52	2.17	1.46	0.60
U	0.69	0.43	0.43	0.33	0.38	0.32	0.48

## Приложение 4. Продолжение.

Образец	Нижнеангарский комплекс						
	8-5/16*	8-9/16*	2-4/16*	14-5/11*	14-6/11*	SN-8-3	SN-8-5
Порода	лейкогранит	лейкогранит	лейкогранит	лейкогранит	лейкогранит	лейкогранит	лейкогранит
SiO <sub>2</sub>	74.09	72.52	72.18	71.68	69.07	72.07	
TiO <sub>2</sub>	0.02	0.05	0.11	0.09	0.25	0.16	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15	14.89	14.84	16.3	16.9	15.42	
FeO*	0.792	1.395	1.143	0.675	1.656	1.22	
MnO	0.01	0.04	0.02	0.01	0.028	0.021	
MgO	1.53	1.57	1.63	0.46	1.08	0.27	
CaO	2.29	2.33	1.64	3.07	2.94	1.35	
Na <sub>2</sub> O	4.75	5.94	4.27	6.16	5.98	4.67	
K <sub>2</sub> O	0.86	0.54	2.67	0.65	0.92	3.92	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.05	0.06	0.09	0.005	0.07	0.05	
V	6.15	16.10	9.37	14.90	22.40	10.30	11.10
Cr	6.97	8.74	6.09	14.40	16.60	20.90	16.40
Co	0.82	5.52	2.02	2.01	3.96	1.46	1.61
Ni	3.75	6.38	2.54	11.70	13.40	13.10	13.70
Cu	3.75	2.70	5.68	15.00	8.64	10.80	13.20
Zn	9.33	14.90	16.10	12.20	27.40	34.80	36.40
Ga	12.10	9.67	10.70	14.70	17.60	16.00	17.10
Rb	8.62	6.72	29.00	10.10	16.40	54.30	55.40
Sr	420.00	203.00	981.00	580.00	528.00	710.00	759.00
Y	1.73	4.24	3.79	2.17	3.72	2.74	2.66
Zr	43.50	31.70	84.70	111.00	132.00	98.50	110.00
Nb	0.50	0.50	1.44	1.06	1.83	2.62	2.08
Ba	957.00	258.00	1360.00	405.00	404.00	1500.00	1610.00
La	3.64	2.95	3.79	6.73	10.40	12.90	14.30
Ce	7.86	7.24	10.50	11.70	19.70	23.90	25.80
Pr	0.83	0.68	1.05	1.49	2.33	2.77	3.03
Nd	2.90	3.07	3.89	4.88	8.43	10.20	11.40
Sm	0.49	0.69	0.84	0.80	1.37	2.02	2.32
Eu	0.33	0.26	0.36	0.40	0.52	0.67	0.63
Gd	0.36	0.61	0.74	0.64	1.08	1.15	1.13
Tb	0.05	0.11	0.13	0.10	0.11	0.14	0.11
Dy	0.28	0.63	0.75	0.37	0.66	0.56	0.60
Ho	0.05	0.13	0.13	0.09	0.12	0.10	0.10
Er	0.19	0.41	0.41	0.22	0.34	0.24	0.23
Tm	0.03	0.06	0.06	0.03	0.07	0.03	0.03
Yb	0.18	0.45	0.44	0.25	0.42	0.19	0.27
Lu	0.03	0.07	0.06	0.04	0.07	0.03	0.05
Hf	1.49	1.02	2.79	3.24	2.79	3.03	3.42
Ta	0.10	0.10	0.11	0.10	0.10	0.11	0.12
Pb	10.80	3.33	35.40	8.59	9.05	21.30	16.70
Th	1.28	0.53	2.24	0.91	1.23	3.55	3.83
U	0.25	0.14	0.87	0.27	0.24	0.67	0.68

## Приложение 4. Продолжение.

Образец	Богучанский комплекс					
	ПК-2	2-1/11*	л72-9	Л71-7	л72-1	АН-31-1
<b>Порода</b>	метагаббро	метагаббро	метагаббро	метагаббро	метагаббро	метагаббро
<b>SiO<sub>2</sub></b>	50.7	48.72	52.69	50.66	49.89	48.44
<b>TiO<sub>2</sub></b>	2.16	2.51	2.76	3.58	2.81	2.66
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	16.87	16.36	16.64	14.36	14.61	15.06
<b>FeO*</b>	11.079	11.574	8.865	12.357	12.96	11.601
<b>MnO</b>	0.215	0.24	0.18	0.23	0.26	0.203
<b>MgO</b>	3.61	3.48	4.16	4.56	4.96	5.57
<b>CaO</b>	7.35	8.82	7.16	7.6	7.63	9.19
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	4.47	4.36	4.3	3.84	3.64	3.36
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0.89	0.78	0.96	1.15	0.89	0.48
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.89	1.45	0.93		1.19	0.52
<b>V</b>	208	206	127	281	210	306
<b>Cr</b>	30.3	29.9	28.6	1.75	28.6	61.3
<b>Co</b>	27.9	31.9	24.3	27.3	29.6	36.4
<b>Ni</b>	21.9	24.2	16.6	1.73	20.1	32.9
<b>Cu</b>	32.9	24	15.7	14.8	20.4	20.5
<b>Zn</b>	149	158	93.6	128	149	124
<b>Ga</b>	25.8	23.5	20.2	23.5	22.1	24.7
<b>Rb</b>	4.58	6	2.98	12.4	2.84	7.84
<b>Sr</b>	541	512	545	418	525	452
<b>Y</b>	68	66	62	60.7	76	48.2
<b>Zr</b>	517	450	542	360	547	374
<b>Nb</b>	29.8	31	32	28.6	28.9	24.3
<b>Ba</b>	603	445	479	375	452	176
<b>La</b>	50.4	55.2	42.4	40.6	49.2	35.3
<b>Ce</b>	110	131	94.7	93.4	112	78.6
<b>Pr</b>	14.9	17.4	12.1	12	14.8	10.7
<b>Nd</b>	63.3	74.6	50.7	50	63.9	45.7
<b>Sm</b>	12.9	15	11	11.4	14.3	10.2
<b>Eu</b>	3.83	3.74	3.08	3.25	3.66	2.82
<b>Gd</b>	13.4	15.3	11	11.6	14.4	9.95
<b>Tb</b>	1.84	2.13	1.63	1.85	2.15	1.68
<b>Dy</b>	10.3	13.1	9.5	11.2	12.4	8.52
<b>Ho</b>	2	2.49	1.85	2.21	2.42	1.76
<b>Er</b>	5.37	6.68	4.67	5.91	6.21	5.11
<b>Tm</b>	0.72	0.86	0.64	0.84	0.86	0.7
<b>Yb</b>	4.43	5.46	4.08	5.53	5.5	4.43
<b>Lu</b>	0.69	0.78	0.6	0.82	0.81	0.71
<b>Hf</b>	11.6	10	11	8.1	11.2	8.66
<b>Ta</b>	1.41	1.63	1.74	1.81	1.54	1.6
<b>Pb</b>	6.45	8.37	6.22	5.91	5.61	8.68
<b>Th</b>	0.53	0.6	0.57	0.61	0.58	1.39
<b>U</b>	0.21	0.26	0.2	0.21	0.19	0.56

## Приложение 4. Продолжение.

Образец	Богучанский комплекс					
	11-1/13*	л72-5	10-5/16*	SB072P16	10-2/16*	10-7/16*
Порода	метагаббро	метагаббро	адакит	адакит	адакит	адакит
SiO <sub>2</sub>	50.35	50.83	72.52	73.91	74.57	75.8
TiO <sub>2</sub>	3.27	3.06	0.11	0.15	0.01	0.01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.5	16.49	15.05	13.5	14.35	13.83
FeO*	12.375	11.295	1.575	0.78	0.666	0.693
MnO	0.218	0.18	0.03	0.03	0.02	0.02
MgO	3.85	4.11	1.03	0.8	0.18	0.23
CaO	7.21	7.34	4.01	1.93	2.29	1.38
Na <sub>2</sub> O	3.83	4.13	4.89	4.03	4.27	4.1
K <sub>2</sub> O	1.04	1.13	0.22	3.53	3.03	3.55
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.7	0.61	0.05	0.07	0.05	0.05
V	310	285	10.2	5.79	2.88	2.5
Cr	6.06	8.09	10.8	41.4	7.48	7.64
Co	28	28.1	4.18	1.22	1.76	0.61
Ni	10.7	6.49	13.8		3.77	3.57
Cu	13.8	13.9	8.43		1.17	1.72
Zn	125	112	11.2	12.2	7.31	8.36
Ga	23.1	23.3	12.6	15.1	12.8	13.3
Rb	13	15	7.56	23.9	17.7	28.2
Sr	447	508	426	265	236	98.9
Y	56.1	44	6.09	6.83	6.67	7.3
Zr	315	424	37.8	26.3	34.4	35.8
Nb	26.3	27.7	5.97	2.55	5.16	7.29
Ba	603	542	319	1116	834	350
La	40	34.2	5.61	4.16	6	2.58
Ce	91.7	72.4	11	8.65	11.6	5.01
Pr	11.7	9.03	1.29	0.93	1.29	0.58
Nd	49.6	37.7	5.31	3.56	5	2.38
Sm	10.7	8.4	1.09	0.86	0.89	0.61
Eu	3.08	2.68	0.42	0.43	0.46	0.39
Gd	11.1	8.38	1.09	0.88	0.87	0.74
Tb	1.79	1.29	0.17	0.17	0.16	0.15
Dy	10.7	7.65	0.94	1.08	0.9	0.97
Ho	2.14	1.51	0.2	0.24	0.2	0.22
Er	5.64	3.93	0.66	0.71	0.67	0.73
Tm	0.8	0.55	0.1	0.13	0.1	0.14
Yb	5.2	3.6	0.74	0.88	0.74	0.98
Lu	0.79	0.55	0.12	0.15	0.14	0.19
Hf	7.2	9	1.26	0.9	1.36	1.65
Ta	1.54	1.6	0.76	0.81	0.69	0.75
Pb	9	5.67	4.99		8.9	12.8
Th	0.34	0.48	0.95	0.84	1.03	0.74
U	0.14	0.26	0.41	0.3	0.26	0.44

## Приложение 4. Продолжение.

Образец	Богучанский комплекс					
	ТМ-1/13	R15-40/1	10-3/16*	ТМ-8/13	ТМ-3/13	ТМ-5/13
<b>Порода</b>	адакит	адакит	диорит	гранодиорит	диорит	диорит
<b>SiO<sub>2</sub></b>	66.45	74.58	62.62	68.12	59.23	62.07
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0.32	0.08	0.95	0.43	1.1	0.95
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	17.72	13.6	15.99	16.12	16.33	16.05
<b>FeO*</b>	2.079	1.413	4.248	2.646	5.157	4.356
<b>MnO</b>	0.04	0.04	0.06	0.04	0.09	0.07
<b>MgO</b>	2.23	0.35	2.52	1.40	3.22	2.56
<b>CaO</b>	5.18	2.09	7	4.27	6.09	6.33
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	3.93	4.35	4.07	4.81	5.22	4.39
<b>K<sub>2</sub>O</b>	1.31	2.64	1.09	1.08	1.29	1.27
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>		0.05	0.33	0.18	0.37	0.33
<b>V</b>	39	2.5	76.3	33.6	91.5	75.5
<b>Cr</b>	34.2	10.3	46.9	23.6	48.6	43.3
<b>Co</b>	11	2.75	12.2	6.3	12.5	11.1
<b>Ni</b>	19.9	13.4	16.8	12.8	16.8	14.1
<b>Cu</b>	14.7	1.76	11.5	4.78	1.42	9
<b>Zn</b>	32.7	12.9	40	29.5	40.5	36.6
<b>Ga</b>	18.8	16.2	16.4	16.6	15.4	16.1
<b>Rb</b>	14.7	18	12.1	15.1	10.3	8.73
<b>Sr</b>	578	348	638	463	472	565
<b>Y</b>	8.31	9.55	7.41	6.18	6.88	7.15
<b>Zr</b>	39.4	29.1	102	148	105	102
<b>Nb</b>	20.2	11.5	5.39	9.44	7.27	5.57
<b>Ba</b>	579	214	240	418	286	345
<b>La</b>	3.69	3.29	11.2	20.9	14.6	11.4
<b>Ce</b>	8.87	7.22	25.7	40	31.6	26
<b>Pr</b>	1.3	0.9	3.26	4.29	3.92	3.38
<b>Nd</b>	5.89	3.77	14.1	15.5	16	13.8
<b>Sm</b>	1.92	1.27	2.69	2.35	2.94	2.63
<b>Eu</b>	0.58	0.4	0.88	0.77	0.9	0.85
<b>Gd</b>	1.44	1.31	2.14	1.94	2.3	2.15
<b>Tb</b>	0.29	0.24	0.28	0.25	0.31	0.28
<b>Dy</b>	1.34	1.39	1.4	1.18	1.41	1.41
<b>Ho</b>	0.27	0.26	0.25	0.2	0.24	0.24
<b>Er</b>	0.75	0.81	0.66	0.57	0.6	0.64
<b>Tm</b>	0.14	0.13	0.096	0.089	0.082	0.088
<b>Yb</b>	0.63	0.99	0.59	0.53	0.51	0.61
<b>Lu</b>	0.13	0.15	0.082	0.074	0.079	0.086
<b>Hf</b>	1.15	1.52	2.42	3.61	2.59	2.57
<b>Ta</b>	1.8	1.3	0.43	0.53	0.33	0.42
<b>Pb</b>	5.5	9.12	4.51	6.76	3.48	4.03
<b>Th</b>	0.52	0.89	0.96	2.08	0.94	1.03
<b>U</b>	0.7	0.51	0.51	0.6	0.34	0.47

## Приложение 4. Продолжение.

Образец	Горячинский массив		
		R-15-9/1	
Порода		адакит	
SiO <sub>2</sub>		70.24	
TiO <sub>2</sub>		0.17	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		15.8	
FeO*		1.377	
MnO		0.03	
MgO		0.44	
CaO		1.4	
Na <sub>2</sub> O		4.66	
K <sub>2</sub> O		3.42	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0.21	
V		22.1	
Cr		10.3	
Co		1.83	
Ni		4	
Cu		21.6	
Zn		42.9	
Ga		19.3	
Rb		58.5	
Sr		1440	
Y		7.89	
Zr		100	
Nb		7.79	
Ba		2650	
La		28	
Ce		53.9	
Pr		6.23	
Nd		22.3	
Sm		3.97	
Eu		1.2	
Gd		2.94	
Tb		0.34	
Dy		1.34	
Ho		0.27	
Er		0.69	
Tm		0.11	
Yb		0.66	
Lu		0.11	
Hf		2.97	
Ta		0.55	
Pb		1.4	
Th		17.7	
U		7.25	

Приложение 5. Nd-изотопные данные для пород Кичерской зоны БМП.

	Образец	Порода	Age	Sm	Nd	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	Err	$\epsilon_{\text{Nd}}(0)$	$\epsilon_{\text{Nd}}(t)$	$t_{\text{Nd}}(\text{DM})$	$t_{\text{Nd}}(\text{DM}-2\text{st})$	Прим.*
		<b>Комплексы криогения-раннего эдиакария</b>	<b>ЦЕНТРАЛЬНАЯ ПОДЗОНА</b>										
		<i>Нюрндуканский комплекс</i>											
		<b>Метабазиты высокотитанистые</b>											
1	15/1-11	амфиболит	665	4.809	13.24	<b>0.2197</b>	0.513211	3	11.2	<b>9.2</b>			к
2	13-1/11	Grt ортогнейс	665	1.93	5.25	<b>0.2220</b>	0.513148	5	9.9	<b>7.8</b>			к
3	R-14-12	Grt ортогнейс	665	4.99	13.75	<b>0.2195</b>	0.513107	6	9.2	<b>7.2</b>			ГД
4	R-14-12-1	метагаббро	665	3.53	10.12	<b>0.2113</b>	0.513098	7	9.0	<b>7.7</b>			ГД
5	8Б/98	амфиболит	665	3.39	8.43	<b>0.2012</b>	0.513003	16	7.1	<b>6.8</b>			ГД
6	10/10-3*	Grt амфиболит	665	18.21	60.35	<b>0.1825</b>	0.512941	7	5.9	<b>7.1</b>			к
7	32/3-11	амфиболит	665	5.01	15.58	<b>0.1944</b>	0.512989	5	6.8	<b>7.1</b>			к
8	R-14-23-4	Amp-Grt плагиогнейс	665	14.99	58.39	<b>0.1552</b>	0.512778	3	2.7	<b>6.3</b>	973		ГД
9	R-14-13-3	Bt-Amp-Grt плагиогнейс	665	10.29	40.89	<b>0.1522</b>	0.512772	5	2.6	<b>6.4</b>	941		ГД
		<b>Амфиболиты низкотитанистые</b>											
10	91/052-4	амфиболит	665	1.61	4.40	<b>0.2207</b>	0.513098	14	9.0	<b>7.0</b>			к
11	91/052-6	амфиболит	665	2.72	7.94	<b>0.2076</b>	0.513033	13	7.7	<b>6.8</b>			к
12	91/052-2	амфиболит	665	1.72	4.34	<b>0.2402</b>	0.513209	16	11.4	<b>7.5</b>			к
13	13/6-11*	амфиболит	665	1.78	4.63	<b>0.2324</b>	0.513223	6	11.4	<b>8.4</b>			к
14	13/7-11*	амфиболит	665	1.62	4.30	<b>0.2274</b>	0.513268	5	12.3	<b>9.7</b>			к
15	13/12-11*	амфиболит	665	0.84	1.97	<b>0.2575</b>	0.513372	5	14.3	<b>9.2</b>			к
16	H-18	амфиболит	670	2.40	6.79	<b>0.2136</b>	0.513091	6	8.8	<b>7.4</b>			к
17	H-30	амфиболит	670	3.08	10.45	<b>0.1783</b>	0.512901	4	5.1	<b>6.7</b>			к
18	91/055-4	амфиболит	665	3.09	9.96	<b>0.1878</b>	0.512984	15	6.8	<b>7.5</b>			к
19	91/055-3	амфиболит	665	1.59	5.23	<b>0.1840</b>	0.512957	12	6.2	<b>7.3</b>			к
20	91/055-5	амфиболит	665	3.90	19.01	<b>0.1242</b>	0.512529	11	-2.1	<b>4.1</b>	1060		к

## Приложение 5. Продолжение.

Образец	Порода	Age	Sm	Nd	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	Err	$e_{\text{Nd}}(0)$	$e_{\text{Nd}}(t)$	$t_{\text{Nd}}(\text{DM})$	$t_{\text{Nd}}(\text{DM}-2\text{st})$	Прим.*	
	<b>Комплексы криогения-раннего эдиакария</b>	<b>ЦЕНТРАЛЬНАЯ ПОДЗОНА</b>											
	<i>Нюрндуканский комплекс</i>												
	Метадиориты и диорито-гнейсы												
21	<b>16-4/11<sup>1</sup></b>	метадиорит	640	9.30	38.50	<b>0.1461</b>	0.512727	3	1.7	<b>5.9</b>	955	868	к
22	<b>R14-25-1<sup>1</sup></b>	диоритогнейс	640	3.06	12.07	<b>0.1531</b>	0.512796	5	3.1	<b>6.7</b>	894	805	ГД
23	<b>R-14-14-5</b>	диоритогнейс	640	6.21	29.25	<b>0.1283</b>	0.512648	3	0.2	<b>5.8</b>	899	876	ГД
24	<b>R-14-14-4</b>	диоритогнейс	640	4.06	17.97	<b>0.1364</b>	0.512623	3	-0.3	<b>4.6</b>	1042	972	ГД
25	<b>R-14-14-2</b>	диоритогнейс	640	4.09	19.70	<b>0.1254</b>	0.512631	8	-0.1	<b>5.7</b>	899	884	ГД
26	<b>R-14-14-1</b>	диоритогнейс	640	6.66	27.23	<b>0.1478</b>	0.512679	4	0.8	<b>4.8</b>	1093	959	ГД
	<b>Плагиомигматиты - тоналиты - трондьемиты</b>												
27	<b>23-4/11*</b>	трондьемит	630	2.19	5.67	<b>0.2338</b>	0.513145	6	9.9	<b>6.9</b>			ГД
28	<b>27-1/19*</b>	трондьемит	630	1.954	5.854	<b>0.2019</b>	0.513089	4	8.8	<b>8.4</b>			ГД
29	<b>RVK-8/1</b>	плагиомигматит	630	2.18	6.23	<b>0.2115</b>	0.513026	6	7.6	<b>6.4</b>			ГД
30	<b>8A/98*</b>	плагиомигматит	630	4.34	11.83	<b>0.1899</b>	0.512944	17	6.0	<b>6.5</b>			ГД
31	<b>R14-22-2<sup>1</sup></b>	плагиомигматит	630	4.58	14.17	<b>0.1955</b>	0.513050	4	8.0	<b>8.2</b>			ГД
32	<b>23-6-11<sup>1</sup></b>	плагиомигматит	630	6.64	20.83	<b>0.1927</b>	0.513024	3	7.5	<b>7.9</b>			ГД
33	<b>9/10-01*</b>	плагиомигматит	630	5.68	19.52	<b>0.1759</b>	0.512979	5	6.6	<b>8.3</b>			ГД
34	<b>R-14-12-10</b>	плагиомигматит	630	5.66	18.96	<b>0.1805</b>	0.512978	5	6.5	<b>8.0</b>			ГД
35	<b>132-1/95*</b>	трондьемит	630	3.74	12.03	<b>0.1978</b>	0.512988		6.8	<b>6.8</b>			к
36	<b>071-1/91*</b>	трондьемит	630	1.92	5.95	<b>0.1988</b>	0.513014		7.0	<b>7.2</b>			к
37	<b>R-14-12-18</b>	трондьемит	630	1.08	3.65	<b>0.1796</b>	0.512982	6	6.7	<b>8.1</b>			ГД
38	<b>7Б/98*</b>	трондьемит	630	3.09	9.96	<b>0.1878</b>	0.512924	19	5.6	<b>6.3</b>			ГД
39	<b>6a/1/98*</b>	трондьемит	630	3.79	15.23	<b>0.1865</b>	0.512944	21	6.0	<b>6.8</b>			ГД
40	<b>23-3/11*</b>	трондьемит	630	1.25	4.02	<b>0.1885</b>	0.512966	6	6.4	<b>7.1</b>			ГД
41	<b>9-10/02<sup>1</sup></b>	трондьемит	630	0.31	1.36	<b>0.1378</b>	0.512767	6	2.5	<b>7.3</b>	773	746	ГД

## Приложение 5. Продолжение.

Образец	Порода	Age	Sm	Nd	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	Err	$\epsilon_{\text{Nd}}(0)$	$\epsilon_{\text{Nd}}(t)$	$t_{\text{Nd}}(\text{DM})$	$t_{\text{Nd}}(\text{DM}-2\text{st})$	Прим.*
	<b>Комплексы криогения-раннего эдиакария</b>	<b>ЮГО-ЗАПАДНАЯ ПОДЗОНА</b>										
	<i>Нюрндуканский комплекс</i>											
	<b>hTi метабазиты с <math>\text{K}_2\text{O} \leq 1\%</math></b>											
43	27-1/13	габбро-норит	665	4.13	14.28	<b>0.1747</b>	0.512893	5	5.0	<b>6.9</b>		бгч
44	52-3/17	амфиболит из агматита	665	3.39	11.99	<b>0.1706</b>	0.512842	4	4.0	<b>6.2</b>		бгч
45	26-2/13	метагаббро	665	5.76	23.94	<b>0.1455</b>	0.512669	6	0.6	<b>5.0</b>	1080	бгч
46	36-1/12	метагаббро-норит	665	6.68	29.04	<b>0.1390</b>	0.512592	6	-0.9	<b>4.0</b>	1140	бгч
47	2-7/12	Срх-Орх кристаллический сланец	665	6.50	30.07	<b>0.1307</b>	0.512508	5	-2.5	<b>3.1</b>	1181	бгч
48	2-10/12a	Срх-Орх кристаллический сланец	665	6.45	28.89	<b>0.1349</b>	0.512494	4	-2.8	<b>2.5</b>	1271	бгч
49	2-6/12	Срх-Орх кристаллический сланец	665	6.47	27.42	<b>0.1427</b>	0.512551	6	-1.7	<b>2.9</b>	1291	бгч
		<b>hTi метабазиты с <math>\text{K}_2\text{O} \geq 1\%</math></b>										
50	R-15-28/2	амфиболит	665	4.74	20.33	<b>0.1409</b>	0.512561	3	-1.5	<b>3.3</b>	1236	бгч
51	R-15-28/5	Срх-Орх кристаллический сланец	665	5.62	25.03	<b>0.1358</b>	0.512535	3	-2.0	<b>3.2</b>	1206	бгч
52	БЛ-1	амфиболит	665	6.08	26.60	<b>0.1382</b>	0.512617		-0.4	<b>4.6</b>	1079	бгч
53	БЛ-2	амфиболит	665	7.91	35.70	<b>0.1340</b>	0.512503		-2.6	<b>2.7</b>	1240	бгч
54	БЛ-3	амфиболит	665	8.03	36.16	<b>0.1342</b>	0.512528		-2.1	<b>3.2</b>	1195	бгч
55	БЛ-4	амфиболит	665	8.20	36.66	<b>0.1352</b>	0.512510		-2.5	<b>2.7</b>	1245	бгч
56	БЛ-11	амфиболит	665	2.82	12.72	<b>0.1342</b>	0.512507		-2.6	<b>2.8</b>	1235	бгч
57	9-5/13	амфиболит	665	6.87	30.01	<b>0.1384</b>	0.512548	3	-1.8	<b>3.2</b>	1220	бгч
58	2-1/12	Pl-Bt-Hbl-Срх гнейс	665	7.01	30.89	<b>0.1372</b>	0.512637	5	0.0	<b>5.1</b>	1025	бгч
59	2-11/12	Срх-Орх гнейс	665	4.61	20.32	<b>0.1373</b>	0.512576	6	-1.2	<b>3.9</b>	1148	бгч

## Приложение 5. Продолжение.

	Образец	Порода	Age	Sm	Nd	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	Err	$\epsilon_{\text{Nd}}(0)$	$\epsilon_{\text{Nd}}(t)$	$t_{\text{Nd}}(\text{DM})$	$t_{\text{Nd}}(\text{DM}-2\text{st})$	Прим.*
		<b>Комплексы криогения-раннего эдиакария</b>											
		<i>Нюрндуканский комплекс</i>	<b>ЮГО-ЗАПАДНАЯ ПОДЗОНА</b>										
		<b>Вт-Амр гнейсы</b>											
60	11-1/11	Вт-Амр гнейс	640	8.06	38.27	<b>0.1272</b>	0.512453	2	-3.6	<b>2.1</b>	1229	1187	бГч
61	5-1/11	Вт-Амр гнейс	640	6.13	29.52	<b>0.1255</b>	0.512542	4	-1.9	<b>4.0</b>	1052	1031	бГч
62	11-4/16*	Вт плагиогнейс	640	1.29	9.13	<b>0.0854</b>	0.512276	7	-7.1	<b>2.1</b>	1040	1178	бГч
		<b>Метаморфозы мыса Лударь</b>											
63	4-1/11 <sup>1</sup>	метагаббро	620	4.57	19.80	<b>0.1399</b>	0.512659	6	0.4	<b>4.9</b>	1017		бГч
64	52-1/17 <sup>1</sup>	метадиорит агматита	620	2.91	15.31	<b>0.1147</b>	0.512370	4	-5.2	<b>1.3</b>	1203	1236	бГч
65	9-2/13	метагаббро	620	6.53	29.93	<b>0.1319</b>	0.512566	3	-1.4	<b>3.7</b>	1090		бГч
		<b>эндербиты-чарнокиты жильные</b>											
66	12-2/11	эндербит	617	2.23	12.63	<b>0.1065</b>	0.512421		-4.2	<b>2.9</b>	1039	1099	бГч
67	Л72-17	эндербито-гнейс	617	8.96	42.98	<b>0.1260</b>	0.512499	3	-2.7	<b>2.9</b>	1134	1101	бГч
68	Л73-3	эндербито-гнейс	617	7.58	35.01	<b>0.1309</b>	0.512506	4	-2.6	<b>2.6</b>	1188	1122	бГч
69	Л70-3	чарнокит	617	5.99	28.43	<b>0.1273</b>	0.512484	4	-3.0	<b>2.5</b>	1177	1134	бГч
70	Л70-4	чарнокит	617	5.60	26.69	<b>0.1268</b>	0.512455	4	-3.6	<b>2.0</b>	1221	1177	бГч

## Приложение 5. Продолжение.

	Образец	Порода	Age	Sm	Nd	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	Err	$\epsilon_{\text{Nd}}(0)$	$\epsilon_{\text{Nd}}(t)$	$t_{\text{Nd}}(\text{DM})$	$t_{\text{Nd}}(\text{DM}-2\text{st})$	Прим.*
		<b>Комплексы криогения-раннего эдиакария</b>	<b>ЦЕНТРАЛЬНАЯ ПОДЗОНА</b>										
		<i>Кичерский комплекс</i>											
		<b>Метабазальты - метариолиты</b>											
71	<b>84548-10</b>	метабазальт	650	3.22	11.48	<b>0.1695</b>	0.512795	4	3.1	<b>5.4</b>			ГН
72	<b>84548-23</b>	метабазальт	650	4.01	13.29	<b>0.1819</b>	0.512894	8	5.0	<b>6.3</b>			ГН
73	<b>84084-4</b>	метариолит	650	6.66	21.69	<b>0.1734</b>	0.512827		3.7	<b>5.7</b>			ГН
74	<b>91/062-2</b>	метариолит рассланцованный	650	10.97	48.75	<b>0.1361</b>	0.512645	2	0	<b>5.2</b>	995	936	ГН
		<b>Метаосадочные породы</b>	<b>СЕВЕРО-ВОСТОЧНАЯ ПОДЗОНА</b>										
		<b>Верхнечайский и Сольский прогибы</b>											
75	<b>124в</b>	Hbl-Bt-Pl-Qz сланец	650	4.66	15.39	<b>0.1830</b>	0.512933		6	<b>6.9</b>	1085		ГН
76	<b>82338-2a</b>	Bt кристаллический сланец	650	4.68	15.74	<b>0.1798</b>	0.512910	8	5	<b>6.7</b>	1086		ГД
77	<b>82339-3</b>	Bt кристаллический сланец	650	3.54	12.67	<b>0.1688</b>	0.512733	4	2	<b>4.2</b>	1420		ГД
78	<b>50-1/17</b>	Bt кристаллический сланец	650	3.17	12.26	<b>0.1561</b>	0.512651	3	0	<b>3.6</b>	1324		К
79	<b>R-14-1</b>	Bt-Amp-Pl полосчатый сланец	650	2.977	12.02	<b>0.1498</b>	0.512583	3	-1.1	<b>2.8</b>	1355		К
80	<b>7/10-02</b>	Bt кристаллический сланец	650	3.57	14.41	<b>0.1499</b>	0.512603	8	-1	<b>3.2</b>	1310		К
81	<b>114в</b>	Bt углеродистый сланец	650	4.53	21.10	<b>0.1297</b>	0.512604		-1	<b>4.9</b>	994		ГН
82	<b>116в</b>	Bt кристаллический сланец	650	4.76	22.34	<b>0.1286</b>	0.512545		-2	<b>3.9</b>	1086		ГН
		<b>Метаосадочные породы</b>	<b>СЕВЕРО-ВОСТОЧНАЯ ПОДЗОНА</b>										
		<b>Верхнечайский и Сольский прогибы</b>											
82	<b>315-50</b>	углеродистый сланец	650	4.71	18.78	<b>0.1520</b>	0.512635		-0.1	<b>3.7</b>	1275		опубл
83	<b>377-5</b>	углеродистый сланец	650	5.13	21.10	<b>0.1471</b>	0.512655		0.3	<b>4.5</b>	1136		опубл
84	<b>80128-1</b>	углеродистый сланец	650	8.29	34.10	<b>0.1469</b>	0.512719	5	2	<b>5.7</b>	987		
85	<b>80097-1</b>	алевросланец	650	4.88	22.10	<b>0.1335</b>	0.512541	6	-2	<b>3.4</b>	1160		

## Приложение 5. Продолжение.

	Образец	Порода	Age	Sm	Nd	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	Err	$\epsilon_{\text{Nd}}(0)$	$\epsilon_{\text{Nd}}(t)$	$t_{\text{Nd}}(\text{DM})$	$t_{\text{Nd}}(\text{DM}-2\text{st})$	Прим.*
		<b>Комплексы криогения-раннего эдиакария</b>											
		<i>Онклонокитский комплекс</i>	<b>ЦЕНТРАЛЬНАЯ ПОДЗОНА</b>										
86	20-2/12 <sup>1</sup>	гнейсо-гранит	615	4.83	20.14	<b>0.1451</b>	0.512642	6	0.1	<b>4.1</b>	1132	994	ГД
87	91/068-2	гнейсо-гранит	615	17.55	80.35	<b>0.1311</b>	0.512617	3	-0.4	<b>4.7</b>	987	943	ГД
88	R-14-19-1	гнейсо-гранит	615	3.18	14.70	<b>0.1309</b>	0.512657	3	0.4	<b>5.5</b>	911	876	к
89	27/07*	гнейсо-гранит	615	2.88	13.60	<b>0.1279</b>	0.512694	7	1.1	<b>6.5</b>	813	796	к
90	42-6/12	гнейсо-гранит	615	3.77	21.78	<b>0.1048</b>	0.512548	3	-1.8	<b>5.5</b>	845	882	к
91	13-15/11	гнейсо-гранит	615	1.19	7.67	<b>0.0939</b>	0.512446	8	-3.7	<b>4.4</b>	896	975	к
			<b>ЮГО-ЗАПАДНАЯ ПОДЗОНА</b>										
92	12-1/13*	гнейсо-гранит	615	1.99	14.36	<b>0.0836</b>	0.512292	9	-6.7	<b>2.2</b>	1007	1159	бГч
93	R-15-32-1	гнейсо-гранит	615	1.88	12.73	<b>0.0895</b>	0.512283	5	-6.9	<b>1.5</b>	1066	1212	бГч
94	R-14-16-7	гнейсо-гранит	615	3.21	19.39	<b>0.09998</b>	0.512362	6	-5.4	<b>2.2</b>	1060	1153	бГч
		<b>Комплексы позднего эдиакария</b>											
		<i>Нижнеангарский комплекс</i>	<b>ЦЕНТРАЛЬНАЯ ПОДЗОНА</b>										
95	HA <sup>1</sup>	лейкогранит	580	1.54	9.51	<b>0.09801</b>	0.512505	25	-2.6	<b>4.7</b>	850	916	к
96	SN 1-3	лейкогранит	580	0.91	6.13	<b>0.0901</b>	0.51248	5	-3.1	<b>4.8</b>	830	908	к
97	SN 3-3	лейкогранит	580	0.96	5.72	<b>0.10101</b>	0.51241	5	-4.4	<b>2.7</b>	1003	1089	к
98	RA4/12	лейкогранит	606	1.34	6.66	<b>0.1218</b>	0.512499	5	-2.7	<b>3.1</b>	1082	1073	к
99	RA5/12	лейкогранит	580	1.94	8.90	<b>0.1318</b>	0.512500	11	-2.7	<b>2.1</b>	1212	1133	к
100	8-5/16*	лейкогранит	580	0.54	3.23	<b>0.1017</b>	0.512424	11	-4.2	<b>2.9</b>	990	1070	к

## Приложение 5. Продолжение.

	Образец	Порода	Age	Sm	Nd	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	Err	$\epsilon_{\text{Nd}}(0)$	$\epsilon_{\text{Nd}}(t)$	$t_{\text{Nd}}(\text{DM})$	$t_{\text{Nd}}(\text{DM}-2\text{st})$	Прим.*
		<b>Комплексы позднего эдиакария</b>											
		<i>Богучанский дайковый комплекс</i>	<b>ЮГО-ЗАПАДНАЯ ПОДЗОНА</b>										
101	R-15-26/3	плагиогранит дайка	606	2.48	16.66	<b>0.0899</b>	0.512315	8	-6.3	<b>2</b>	1030	1166	бгч
102	TM-5/13Б	диорит	610	3.73	20.85	<b>0.1083</b>	0.512574	4	-1.3	<b>5.7</b>	836	864	бгч
103	8-1/11*	диорит	610	0.28	1.49	<b>0.1140</b>	0.512457	14	-3.5	<b>2.9</b>	1062	1091	бгч
104	10-4/16*	лейкогранит	606	0.91	3.87	<b>0.1422</b>	0.512549	7	-1.7	<b>2.5</b>	1284	1123	бгч
		<b>Раннебайкальский комплекс Горемыкского блока</b>	<b>ЮГО-ЗАПАДНАЯ ПОДЗОНА</b>										
		Гнейсо-граниты Байкальского массива											
105	8-9/12*	гнейсо-гранит	755	7.51	32.89	<b>0.13801</b>	0.511993	6	-12.6	<b>-6.9</b>	2320	2024	гр
106	БК-1/04	гнейсо-гранит	755	1.95	12.94	<b>0.0912</b>	0.511757	22	-17.2	<b>-7</b>	1732	2031	гр
107	БК-2/04 <sup>1</sup>	гнейсо-гранит	755	3.57	20.19	<b>0.1068</b>	0.511873	16	-14.9	<b>-6.25</b>	1820	1968	гр
108	30-1/11*	гнейсо-гранит	755	1.64	13.26	<b>0.0749</b>	0.511815	2	-16.1	<b>-4.3</b>	1465	1807	гр
109	5-3/13*	гнейсо-гранит	755	5.15	29.65	<b>0.10500</b>	0.511606	7	-20.1	<b>-11.3</b>	2160	2384	гр
110	45-1/12*	гнейсо-гранит	755	8.86	48.08	<b>0.1113</b>	0.511715	8	-18	<b>-9.8</b>	2131	2259	гр
111	29-1/13*	гнейсо-гранит	755	3.02	28.69	<b>0.0635</b>	0.511352	8	-25.1	<b>-12.3</b>	1820	2462	гр
112	30-4/13*	гнейсо-гранит	755	4.97	23.44	<b>0.1281</b>	0.511695	6	-18.4	<b>-11.8</b>	2580	2425	гр
		<b>Эндербито-гнейсы Байкальского участка</b>											
113	3-2/13*	эндербито-гнейс	790	4.52	21.42	<b>0.1275</b>	0.511919	8	-14	<b>-7.1</b>	2170	2062	гр
114	12-5/16*	эндербито-гнейс	826	2.76	15.21	<b>0.1095</b>	0.511836	3	-15.6	<b>-6.4</b>	1919	2042	гр
115	12-8/16 <sup>1</sup>	эндербито-гнейс	826	4.09	26.89	<b>0.09201</b>	0.511804	4	-16.3	<b>-5.2</b>	1685	1940	гр

## Приложение 5. Продолжение.

Образец	Порода	Age	Sm	Nd	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	Err	$\epsilon_{\text{Nd}}(0)$	$\epsilon_{\text{Nd}}(t)$	$t_{\text{Nd}}(\text{DM})$	$t_{\text{Nd}}(\text{DM-2st})$	Прим.*	
<b>Раннебайкальский комплекс Горемыкского блока</b>		<b>ЮГО-ЗАПАДНАЯ ПОДЗОНА</b>											
<b>Парасланцы Байкальского участка</b>													
116	AN-6	Grt-Crd-Sil сланец	850	7.76	39.15	<b>0.1198</b>	0.512087	3	-10.7	<b>-2.4</b>	1725	1727	гр
117	AN-6-4/12	Grt-Crd-Sil сланец	850	4.759	23.95	<b>0.1201</b>	0.512065	4	-11.2	<b>-2.8</b>	1766	1765	гр
118	AN-28-2	Grt-Crd-Sil сланец	850	7.834	42.25	<b>0.1121</b>	0.511966	3	-13.1	<b>-3.9</b>	1775	1853	гр
119	AN-19-1	Grt-Crd-Sil сланец	850	6.614	32.96	<b>0.1213</b>	0.511981	3	-12.8	<b>-4.6</b>	1926	1911	гр
120	9-3/12*	Grt-Crd-Sil сланец	850	7.115	37.02	<b>0.1162</b>	0.511949	4	-13.4	<b>-4.7</b>	1875	1917	гр
<b>Амфиболиты Горемыкского блока</b>													
121	47-3/12*	амфиболит	850	4.046	18.98	<b>0.1289</b>	0.511856	6	-15.3	<b>-7.9</b>			гр
122	47-4/12*	амфиболит	850	3.449	14.44	<b>0.1444</b>	0.511866	5	-15.6	<b>-9.4</b>			гр
123	47-5/12*	амфиболит	850	2.646	11.1	<b>0.1441</b>	0.511867	4	-15	<b>-9.3</b>			гр
124	AN-4	амфиболит	850	3.326	14.58	<b>0.1379</b>	0.511874	5	-14.9	<b>-8.5</b>			гр
		<b>*Примечание</b>											
		1 выделены номера проб для которых получены U-Pb изотопные данные											
		Вмещающие тектонич.											
		2 Пластины и блоки											
		к- Слюдинско-Курлинская											
		гд - Гасан-Дякитская пластина											
		гн - Гаяндская											
		бгч - Богучанская											
		гр - Горемыкский											
		опубл - табличные данные опубликованы в (Рыцк и др., 2007)											